



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
Ingeniería Mecánica – Termofluidos

Síntesis de ciclos de manejo vehicular para el análisis de emisiones
contaminantes.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
Ing. Edgar Eduardo Cedillo Cornejo.

TUTOR
Dr. Rogelio González Oropeza, Facultad de Ingeniería.

Ciudad de México, octubre 2019



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.

ESTA PÁGINA SE AGREGÓ INTENCIONALMENTE PARA
SER SUSTITUIDA POR LA DECLARACIÓN DE
DERECHOS DE LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, YA
QUE SE CUENTA EN LA NUMERACIÓN DE LAS
PÁGINAS DE ESTE DOCUMENTO

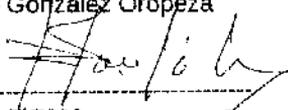
JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Dr. William Vicente y Rodríguez
SECRETARIO: Dr. Benito Sánchez Lara
VOCAL: Dr. Rogelio González Oropeza
1^{er} SUPLENTE: Dr. Rodolfo Sosa Echeverría
2^{do} SUPLENTE: M. en I. Francisco González Pineda

LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA TESIS: Ciudad de México.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Rogelio González Oropeza



FIRMA

Esta tesis contiene el desarrollo de **un método general y un procedimiento numérico para sintetizar ciclos de manejo vehicular** destinados al análisis de las emisiones contaminantes de vehículos, usando como referencia los datos de rutinas de manejo vehicular registrados en tránsito real.

Derivado del deterioro de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), provocado por la emisión de contaminantes de varias fuentes como los vehículos terrestres, se aplican programas gubernamentales de **evaluación y control de emisiones** de motores y vehículos, entre los que se incluye la técnica nombrada “ensayo en dinamómetro”. El ciclo de manejo vehicular (CMV), que es la rutina referencial usada para este ensayo, ha sido creado en varios lugares del mundo mediante el estudio de los **hábitos de conducción vehicular local**. En este trabajo se ordenaron criterios y se revisaron las técnicas usadas hasta la actualidad para construir los CMV siguiendo el enfoque de mejorar aquellos destinados a la ZMVM, lo que resultó en la creación de un método y un procedimiento para su síntesis, junto con 1 CMV y 4 variantes que ejemplifican las capacidades del procedimiento.

En el principio de este documento se describe el **contexto** que generó el interés para iniciar esta investigación (capítulo 1). Después se presentan los **fundamentos** teóricos (capítulo 2) que permiten el **desarrollo** de los modelos matemáticos que componen al método general y al procedimiento numérico (capítulo 3). Ya con esto descrito se muestran los **resultados** significativos (capítulo 4) y la **discusión** final (capítulo 5). Los apartados finales contienen las referencias usadas y apéndices con información más detallada, como es la programación del procedimiento sintetizador.

Temas relacionados:

contaminación-vehicular · análisis-de-emisiones · ensayo-en-dinamómetro · ciclo-de-manejo · microviaje · scilab · ZMVM ·

RECONOCIMIENTOS

Esta tesis fue desarrollada:

1. En la Unidad de Investigación y Control de Emisiones (UNICE) del Departamento de Termofluidos, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
2. Con la supervisión del doctor **González Oropeza Rogelio**.
3. En el contexto del proyecto “Modelado de la combustión y las emisiones contaminantes de los motores de combustión interna, así como su dispersión en la atmósfera” registrado en el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT).
4. Con el apoyo económico del Programa de Becas para Estudios de Posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) del gobierno federal mexicano.

Entre mis **profesores** puedo nombrar al maestro González Pineda Francisco, al maestro Rincón Gómez Pedro Ignacio, al doctor García Puertos José Fernando, al doctor Ramírez Chavarría Roberto Giovanni y al doctor Santiago Ruiz Juventino.

Entre mis **colegas** puedo nombrar al ingeniero García Chávez Francisco, al ingeniero González Lugo César Luis, a Flores Camacho Edgar Abraham, a Castañeda Belman Marcos, al ingeniero Cervantes Romo José Luis, a García Zamudio Erick Fernando, a Hernández Rito Luis Ángel, a Barbosa Elizalde Rafael Enrique, al ingeniero Gayosso Cruz Aldo Ramón, al ingeniero Esquivel Hernández Rubén Carlos, a Calderón Suaste Guillermo Omar y a la ingeniera Álvarez Olvera Claudia Ivette.

Entre mis **familiares** están presentes mi madre Cornejo Navarrete Noemí, mi padre Cedillo Martínez Eduardo, mi hermana Cedillo Cornejo Desirée Naomi y mi pareja Balderas Medina Erika Patricia.

Dejo con esto nota del aprecio y la deuda insustituibles que por su apoyo guardo desde ahora ante todos ellos.

ÍNDICE

| | |
|-----------------------------------|------------|
| RESUMEN | V |
| RECONOCIMIENTOS | VI |
| LISTA DE TABLAS Y FIGURAS | IX |
| NOMENCLATURA | XII |
| 1 CONTEXTO | 15 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 16 |
| 1.2 PROBLEMÁTICA | 21 |
| 1.3 ESTADO DEL “ARTE” | 22 |
| 1.4 OBJETIVO | 27 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN | 28 |
| 1.6 HIPÓTESIS | 29 |
| 1.7 PLANEACIÓN | 29 |
| 2 FUNDAMENTOS | 31 |
| 2.1 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA | 33 |
| 2.2 CONTAMINACIÓN VEHICULAR | 40 |
| 2.3 INFORMÁTICA | 44 |
| 2.4 PROBABILÍSTICA | 47 |
| 3 DESARROLLO | 51 |
| 3.1 ESQUEMA CONCEPTUAL | 52 |
| 3.2 CONSIDERACIONES DEL MUESTREO | 60 |
| 3.3 PARTICULARIDADES DE LA ZMVM | 64 |
| 3.4 TÉCNICAS EXISTENTES | 72 |
| 3.5 MÉTODO DE SÍNTESIS | 77 |
| 4 RESULTADOS | 89 |
| 4.1 MUESTREO | 90 |
| 4.2 CLASIFICACIÓN DE MICROVIAJES | 93 |
| 4.3 PROCEDIMIENTO SINTETIZADOR | 95 |
| 4.4 5 CICLOS CREADOS | 95 |
| 5 DISCUSIÓN | 101 |
| 5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS | 102 |
| 5.2 CONCLUSIONES | 104 |

| | | |
|-----|--------------------------------|------------|
| 5.3 | TRABAJOS FUTUROS | 105 |
| | REFERENCIAS | 107 |
| | LIBROS | 108 |
| | TESIS | 109 |
| | ARTÍCULOS | 110 |
| | FIGURAS | 114 |
| | APÉNDICES | 117 |
| | A. RECURSOS INFORMÁTICOS | CXVIII |
| | B. RUTINAS DE MANEJO VEHICULAR | CXXIII |
| | C. PROCEDIMIENTO SINTETIZADOR | CXLIII |

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 3.1: Clasificación de vehículos terrestres establecida en la norma ISO 3833 y su correspondencia con la propuesta actual.

Tabla 3.2: Clasificación de las autovías en la ZMVM.

Tabla 3.3: Parámetros probabilísticos calculados de las variables implicadas en un CMV.

Tabla 4.1: Conteo de microviajes en las 4 rutinas del muestreo.

Tabla 4.2: Intervalos de la velocidad media (medible con metros en segundo) de los microviajes asignados a cada regimen.

Tabla 5.1: Comparación de parámetros de los 5 CMV creados y la RMV original.

Tabla 1: Detalles técnicos de la computadora portátil usada.

Tabla 2: Herramientas informáticas usadas.

FIGURAS

Figura 1.1: Evolución del parque vehicular en México.

Figura 1.2: Evolución de los límites de emisión marcados por normas de Europa y de US.

Figura 1.3: Esquema del procedimiento de un ensayo en dinamómetro para vehículo.

Figura 1.4: Curva de velocidad del ciclo NEDC.

Figura 1.5: Curva de velocidad del ciclo FTP-75

Figura 1.6: Curva de velocidad del ciclo HWFET.

Figura 1.7: Curva de velocidad del ciclo CADC para autopista.

Figura 1.8: Curva de velocidad del ciclo de manejo "Centro" creado por el LCE en el año 1998.

Figura 2.1: Etapas del "ciclo en 4 trayectos".

Figura 2.2: Fases del "ciclo en 2 trayectos".

Figura 2.3: 3 sistemas de alimentación de los MCIP.

Figura 2.4: Sistemas de refrigeración eólica.

Figura 2.5: Sistema de refrigeración hidráulica.

Figura 2.6: Análisis de emisiones contaminantes de un automóvil en dinamómetro.

Figura 2.7: Interfaz gráfica de *Calc*, programa editor de planillas de *LibreOffice*.

Figura 2.8: Interfaz gráfica de *Scilab*.

Figura 2.9: Curva de probabilidad en una distribución normal.

Figura 3.1: Ciclo de manejo para vehículos ligeros del LCE.

Figura 3.2: Sección semiurbana del "Ciclo de manejo para motocicletas (grupo 3)".

Figura 3.3: Sección urbana del "Ciclo de manejo para motocicletas (grupo 3)".

Figura 3.4: Sección autopista del "Ciclo de manejo para motocicletas (grupo 3)".

Figura 3.5: Interfaz del simulador ADVISOR que muestra el CMV (con color rojo) usado en un AEC.

Figura 3.6: Esquema de la Zona Metropolitana del Valle de México y su área conurbada en los años 1910 y 2010.

Figura 3.7: Extensión de la Zona Metropolitana del Valle de México y su área conurbada en los territorios estatales y municipales.

Figura 3.8: Vista principal del servicio *OpenStreetMap* que muestra los colores que asigna a las autovías en su capa "*Cycle map*".

Figura 3.9: Componentes del SEMAV.

Figura 3.10: Microviaje urbano que ilustra la proporción del periodo AP respecto al total.

Figura 3.11: Esquema ejemplo de directorios con RMV.

Figura 3.12: Diagrama de flujo del procedimiento sintetizador de CMV.

Figura 3.13: Espacio de trabajo de *Scilab* durante la síntesis de un CMV.

Figura 3.14: Gráficas que presenta el sintetizador numérico al usuario.

Figura 4.1: Muestra de los casos límite de microviajes en los 3 regímenes de la RMV total.

Figura 4.2: Muestra de microviajes extraurbanos ordenados según su "factor de irregularidad de tránsito".

Figura 4.3: Curva de velocidad (roja) y de cabeceo (verde) de la RMV total.

Figura 4.4: Primer CMV creado.

Figura 4.5: CMV creado con 2 microviajes EU.

Figura 4.6: CMV creado con 3 microviajes EU.

Figura 4.7: CMV creado con los segundos microviajes en catálogo.

Figura 4.8: CMV creado con los terceros microviajes en catálogo.

NOMENCLATURA

| siglas | descripción | página |
|---------|--|--------|
| ADVISOR | <i>Advanced Vehicle Simulator</i> | 56 |
| AEC | Análisis de Emisiones Contaminantes | 56 |
| AP | Aceleración Positiva | 78 |
| ARTEMIS | <i>Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems</i> | 24 |
| CADC | <i>Common ARTEMIS Driving Cycle</i> | 24 |
| CLD | <i>Chemiluminescence Detector</i> | 41 |
| CMV | Ciclo de Manejo Vehicular | 20 |
| CONACYT | Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología | 6 |
| CSV | <i>Comma-Separated Values</i> | 42 |
| CVS | <i>Constant Volume Sampling</i> | 41 |
| CU | Ciudad Universitaria | 80 |
| ENPC | <i>École Nationale des Ponts et Chaussées</i> | 44 |
| EU | Extra-urbano | 66 |
| EUDC | <i>Extra-urban Driving Cycle</i> | 22 |
| FES | Facultad de Estudios Superiores | 80 |
| FID | <i>Flame Ionization Detector</i> | 41 |
| FIT | Factor de Irregularidad de Tránsito | 78 |
| FTP | <i>Federal Test Procedure</i> | 24 |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> | 69 |
| GPX | <i>GPX Exchange</i> | 80 |
| HAP | Hidrocarburo aromático policíclico | 39 |
| HWFET | <i>Highway Fuel Economy Test</i> | 24 |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía | 17 |
| INRIA | <i>Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique</i> | 44 |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> | 61 |
| IU | Intra-urbano | 66 |
| LCE | Laboratorio de Control de Emisiones | 24 |
| MCI | Motor de combustión interna | 31 |
| MCIE | Motor de combustión interna espontánea | 31 |
| MCIP | Motor de combustión interna provocada | 31 |
| MV | Microviaje | 51 |
| N | Norte | 80 |
| NEDC | <i>New European Driving Cycle</i> | 22 |
| NDIR | <i>Non-Dispersive Infrared Detector</i> | 41 |

| | | |
|----------|---|----|
| NOM | Norma Oficial Mexicana | 19 |
| O | Oriente | 80 |
| ODS | <i>Open Document Spreadsheet</i> | 80 |
| P | Poniente | 80 |
| PAPIIT | Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica | 6 |
| PM | <i>Particulate matter</i> | 39 |
| RMV | Rutina de Manejo Vehicular | 51 |
| S | Sur | 80 |
| SCE | <i>Scilab Executable</i> | 44 |
| SEDEMA | Secretaría del Medio Ambiente | 64 |
| SEMARNAT | Secretaría del Medio Ambiente | 19 |
| SEMAV | Seguidor del Manejo Vehicular | 69 |
| TPM | <i>Transition Probability Matrix</i> | 73 |
| U | Urbano | 66 |
| UAM | Universidad Autónoma Metropolitana | 80 |
| UCM | Unidad de Control del Motor | 33 |
| UDC | <i>Urban Driving Cycle</i> | 22 |
| UDDS | <i>Urban Dynamometer Driving Schedule</i> | 22 |
| UN-ECE | <i>United Nations Economic Commission for Europe</i> | 18 |
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México | 24 |
| UNICE | Unidad de Investigación y Control de Emisiones | 24 |
| US | <i>United States</i> | 18 |
| US-EPA | <i>United States Environmental Protection Agency</i> | 18 |
| ZMVM | Zona Metropolitana del Valle de México | 17 |

álgebra descripción

| | |
|------------|-------------------------------------|
| η | error |
| π | periodo |
| χ | fracción, proporción, cociente |
| c | variable con valor constante |
| f | frecuencia |
| s | posición |
| \dot{s} | velocidad |
| \ddot{s} | aceleración |
| N | cantidad de elementos poblacionales |
| n | cantidad de elementos muestrales |
| x | distancia |
| Z | variable genérica |
| \bar{Z} | valor medio de una variable |

1 CONTEXTO

Este capítulo inicia con la descripción del desarrollo del vehículo térmico y del parque vehicular en México, para fundamentar con la normativa de emisiones, internacional y local, la problemática que atiende como su objetivo este trabajo.

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1.1 ANTECEDENTES | 16 |
| VEHÍCULO TÉRMICO | |
| PARQUE VEHICULAR EN MÉXICO | |
| NORMATIVA DE EMISIONES CONTAMINANTES | |
| ENSAYO EN DINAMÓMETRO | |
| 1.2 PROBLEMÁTICA | 21 |
| 1.3 ESTADO DEL “ARTE” | 22 |
| 1.4 OBJETIVO | 27 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN | 28 |
| 1.6 HIPÓTESIS | 29 |
| 1.7 PLANEACIÓN | 29 |

1.1 ANTECEDENTES

VEHÍCULO TÉRMICO

El desarrollo tecnológico que propició los cambios económicos de la Primera Revolución Industrial fue la **máquina de vapor**^I que, después de los diseños del holandés *Huygens*, del francés *Papin* y del inglés *Savery*, fue perfeccionada por el ingeniero mecánico *Watt James* en el año cristiano 1781^{II}. Los avances termodinámicos continuaron con los trabajos del francés *Carnot*^{III}, del belga *Lenoir*^{IV}, del francés Beau de *Rochas*^V y culminaron con el motor del ingeniero alemán *Otto Nicolaus*, que funciona actualmente con la combustión interna de gasolina^{VI}, y con el motor del ingeniero alemán *Diesel Rudolf*, que funciona actualmente con la combustión interna de gasóleo^{VII}.

Entre tantas aplicaciones que se encontraron para estas 2 máquinas, el **transporte de pasajeros y de carga** es de las más evidentes en nuestro entorno^{VIII} y que más intentos insatisfactorios de renovación tecnológica ha presenciado^{IX}. Se han creado vehículos terrestres, marítimos y aéreos, y en el caso particular de los primeros, se ha diversificado su forma y capacidad a **vehículos** como el camión, el autobús, el automóvil y el ciclomotor^X.

Un elemento común en todas estas variantes es el sistema que transmite la potencia rotacional del motor hacia las ruedas para impulsar al vehículo, nombrado "**tren motriz**". Sus componentes son el motor, el engranaje y una flecha motriz (que en el automóvil comúnmente es el delantero)^{XI}. Además, por funcionar mediante la combustión de hidrocarburos fósiles, todos estos vehículos emiten a la atmósfera **gases contaminantes** que han dado, en la época reciente, una afectación creciente a los equilibrios de los biomas cercanos a las zonas urbanas donde se concentra su población^{XII}.

I (2018 Wikipedia, "Revolución Industrial")

II (2018 *INNOVATOBASE*)

III (2011 Payri-Desantes): Capítulo 1, página 6.

IV (2011 Payri-Desantes): Capítulo 1, página 8.

V (2011 Payri-Desantes): Capítulo 1, página 9.

VI (1988 *Heywood*): Capítulo 1, página 3.

VII (1988 *Heywood*): Capítulo 1, página 4.

VIII (2015 Forbes México)

IX (2015 *Urban*)

X (2018 Wikipedia, "Vehículo")

XI (2014 *Reif*): Capítulo 8, página 78.

XII (2004 *Majewski-Jââskelâinen*)

PARQUE VEHICULAR EN MÉXICO

Ocurrió en el año 1898 la llegada del primer automóvil a México, y desde entonces su **población** no hizo más que crecer, hasta alcanzar 39 945 510 unidades, según el registro que tiene el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del año 2016 (y que puede verse en la figura 1.1^I).

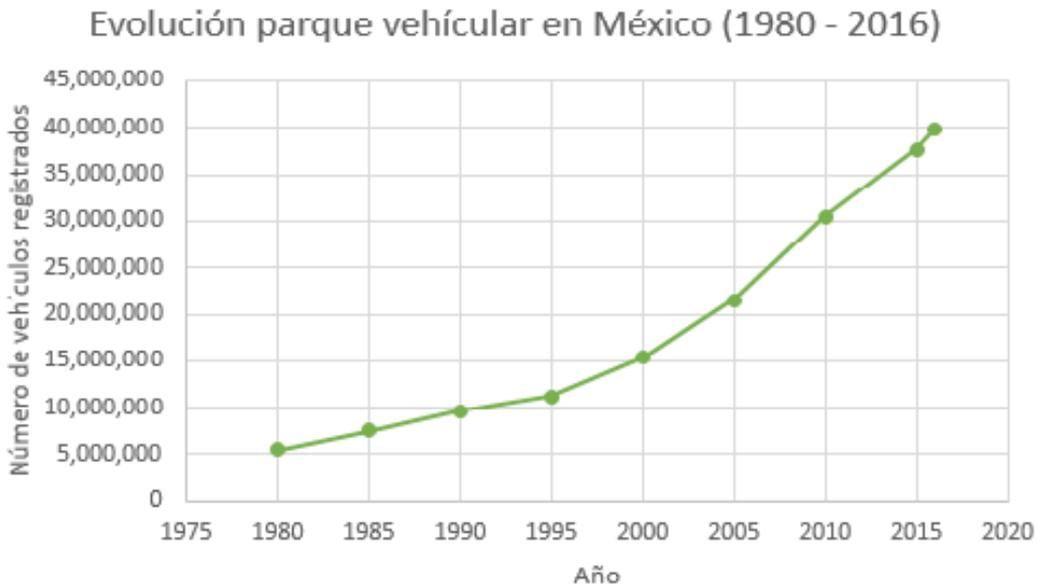


Figura 1.1: Evolución del parque vehicular en México.

Otro estudio de este instituto^{II} mostró que la mayor **concentración de vehículos** en el país se presenta en los centros urbanos que forman a la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), donde el parque vehicular consta de 8 520 518 vehículos (que representa casi el 21% del parque nacional). De éstos, 88% son automóviles (7 550 355), 7% son camiones y furgonetas (672 231), 2% son motocicletas (252 299) y el resto son autobuses (45 633). Esto puede ser la causa de que todos los problemas asociados al uso de vehículos térmicos (congestión vial, contaminación ambiental, morbilidad y mortalidad por eventos de tránsito) tengan más presencia en entornos urbanos.

I (2016 INEGI)

II (2014 INEGI)

NORMATIVA DE EMISIONES CONTAMINANTES

El caso de la contaminación ambiental se atiende desde el siglo anterior con el trabajo de **agencias gubernamentales**: en Europa, la “comisión económica de las naciones unidas para Europa” (*United Nations Economic Commission for Europe*, UN-ECE) inició los trabajos para crear normas que regulan la emisión de contaminantes de los vehículos en evaluaciones periódicas y cuyos límites se agrupan en esquemas nombrados “**Euro**” que son más restrictivos en cada iteración; en US, la “agencia de protección ambiental” (*United States Environmental Protection Agency*, US-EPA) ha publicado normas que definen límites similares a los Euro y que se agrupan en esquemas nombrados “**Tier**”. La figura 1.2¹ muestra una comparación de los límites de emisión establecidos en ambos para los óxidos de nitrógeno (NOx) y para partículas con diámetro menor que 10 μm , y puede notarse en ellos que la tendencia avanza hacia la mayor reducción posible de estas emisiones para los vehículos nuevos, pero el uso de estos esquemas también permite establecer un tratamiento especial para las poblaciones de vehículos que ya están en el mercado y que por su antigüedad no pueden cumplir los límites más recientes y exigentes.

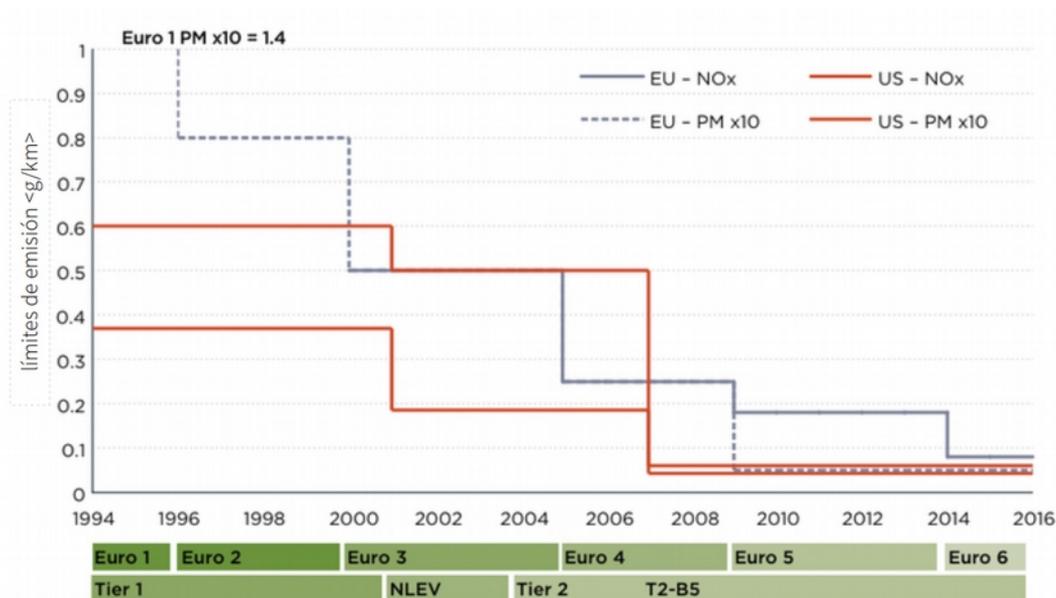


Figura 1.2: Evolución de los límites de emisión marcados por normas de Europa y de US.

¹ (2016 Hruska): Imagen “Diesel emission standards, US vs EU”, traducción propia.

En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la institución del gobierno federal que ha publicado en el Diario Oficial de la Federación las Normas Oficiales Mexicanas (**NOM**) que establecen los límites de emisión de contaminantes de los vehículos de transporte terrestre, entre ellas:

- **NOM-041-SEMARNAT-2015:** Establece los límites máximos permitidos de emisión de O₂, CO, HC y NO_x en tránsito para vehículos que funcionan con gasolina^I.
- **NOM-042-SEMARNAT-2003:** Establece los límites máximos permitidos de emisión de CO, HC, NO_x y partículas en fábrica para vehículos “de uso ligero”^{II}.
- **NOM-045-SEMARNAT-2017:** Establece el límite máximo de opacidad del humo en tránsito de vehículos que funcionan con gasóleo^{III}.
- **NOM-047-SEMARNAT-2014:** Describe el aparato y el procedimiento para medir en tránsito los gases contaminantes de vehículos que funcionan con gasolina, GLP, GNC u otro combustible similar^{IV}.

Además de estas 4 normas aplicables a automóviles (“vehículos de uso ligero”), también existen aquellas que regulan la emisión de contaminantes de **autobuses** (“vehículos de uso pesado”), como NOM-044-SEMARNAT-2006 o NOM-076-SEMARNAT-2012, y de **ciclomotores**, como NOM-048-SEMARNAT-1993 o NOM-049-SEMARNAT-1993.

I (2015 SEMARNAT)

II (2003 SEMARNAT)

III (2017 SEMARNAT)

IV (2014 SEMARNAT)

ENSAYO EN DINAMÓMETRO

Un elemento presente en todas las evaluaciones del rendimiento vehicular o de su emisión de contaminantes es el ensayo en dinamómetro, que es una **evaluación** en la que pueden medirse los parámetros de rendimiento del motor (como su par motor, potencia o consumo de combustible) o sus emisiones contaminantes.

El procedimiento se inicia montando las ruedas motrices del vehículo sobre los rodillos de un **dinamómetro "de chasis"** (para vehículo), que están acoplados a un freno (compuesto usualmente por un mecanismo hidráulico o eléctrico) que induce una fuerza de frenado al tren motriz del vehículo para simular el arrastre del camino (como puede verse en la figura 1.3¹).

El técnico evaluador controla la aceleración y la rutina de selección de engrane (cuando el vehículo tiene engranaje con control manual) intentando igualar la velocidad del tren motriz con la referencia marcada justamente por el ciclo de manejo vehicular (CMV) asignado al procedimiento. Usar un mismo ciclo en todos los vehículos de un análisis permite obtener, en la medición, **datos comparables** para emitir un dictamen de evaluación válido.

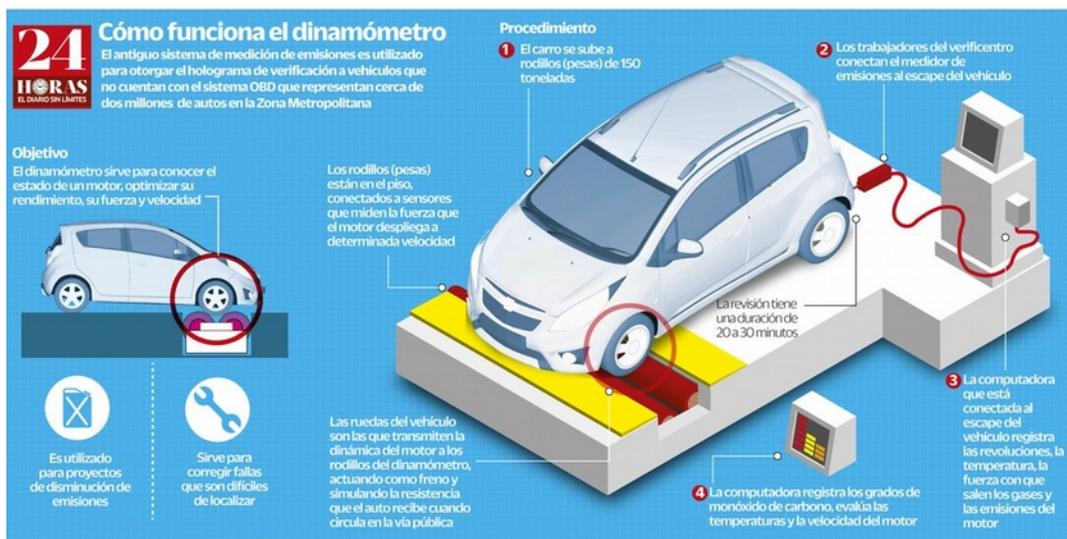


Figura 1.3: Esquema del procedimiento de un ensayo en dinamómetro para vehículo.

¹ (2016 Diario 24 Horas): Infografía del artículo publicado en Internet.

1.2 PROBLEMÁTICA

Pueden enlistarse los **usos deseables** en que podrían aplicarse el rendimiento o la emisión de contaminantes que se obtienen de un ensayo en dinamómetro, seguidos por las **restricciones** que con más frecuencia dificultan lograrlos (con letra roja) y algunas **soluciones posibles** (con letra verde):

1. Considerarlos un descriptor representativo del tránsito habitual de los conductores de vehículo en cualquier lugar.

Hay grandes variaciones en la comparación de relieve, autovías, trenes motrices de los vehículos, modos de transporte, flujo vehicular y control de tránsito correspondientes a distintos lugares del mundo.

Es posible crear, con datos del tránsito en una región geográfica definida, CMV específicos para los vehículos de esa región.

2. Caracterizar segmentos de tránsito según su “agresividad” o su “regularidad”.

Las diferentes autovías de una región generan diferentes ritmos de tránsito en que se presentan segmentos con mayor o menor regularidad que sólo se distinguen entre ritmos por su nivel de velocidad.

Es posible clasificar los segmentos que forman a un CMV según su velocidad media.

3. Asociarlos con un tipo particular de vehículo, conductor, hora del día u otro parámetro poblacional.

La cantidad de condiciones de uso de los vehículos es muy grande y variada.

La creación de un inventario con datos del tránsito real permite hacer análisis probabilísticos cuando se recolecta una muestra representativa.

¿Alguno de los métodos actuales para crear CMV considera estos casos?

1.3 ESTADO DEL “ARTE”

El diseño más simple de un CMV fue creado en el año 1970 por la UN-ECE con condiciones de tránsito urbano (en París) como una herramienta de referencia para el análisis de emisiones vehiculares en dinamómetro para vehículo. Es una curva, en un diagrama que relaciona velocidad respecto al tiempo, que representa los cambios de la velocidad de un vehículo durante un viaje habitual. El “ciclo de manejo urbano” (*Urban Driving Cycle*, **UDC**) es un CMV compuesto por 4 segmentos de velocidad constante (nombrados “escalones de velocidad”) que se conectan entre sí por sus respectivos segmentos de aceleración y frenado.

El segundo CMV de este grupo, creado en el año 1990 con condiciones de tránsito extra-urbano, es el “ciclo de manejo extra-urbano” (*Extra-Urban Driving Cycle*, **EUDC**), compuesto por 5 escalones de velocidad, con la diferencia de que todos ellos forman lo que ahora se nombra “microviaje”, que es un segmento entre 2 paradas en el ciclo. Además, la velocidad alcanza 120 <km/h>, mientras que la velocidad máxima del UDC es 60 <km/h>. La repetición y concatenación de ambos se nombra “nuevo ciclo de manejo europeo” (*New European Driving Cycle*, **NEDC**) y se muestra en la figura 1.4^I.

Los CMV de este grupo se nombran “**ciclos modales**” porque fueron creados en un paradigma de “evaluación con modos de velocidad”.

En el año 1972, la EPA presentó el “programa urbano de manejo en dinamómetro” (*Urban Dynamometer Driving Schedule*, **UDDS**), que mejoró los anteriores al ser creado con datos recolectados de tránsito vehicular real y que lo muestra en la transitoriedad de sus segmentos de velocidad. Fue actualizado en el año 1975 con la duplicación de la primera fase justo en el final de la segunda para simular un tránsito con “arranque caliente” (y que puede verse en la figura 1.5^{II}).

I (2013 *Romain*): Traducción propia.

II (2013 *Romain*): Traducción propia.

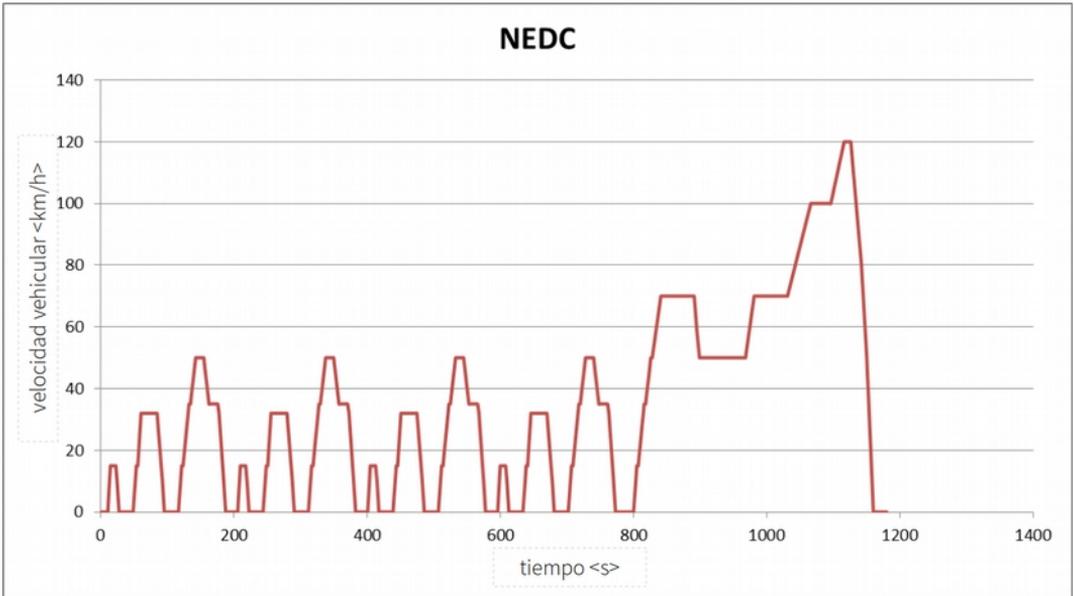


Figura 1.4: Curva de velocidad del ciclo NEDC.

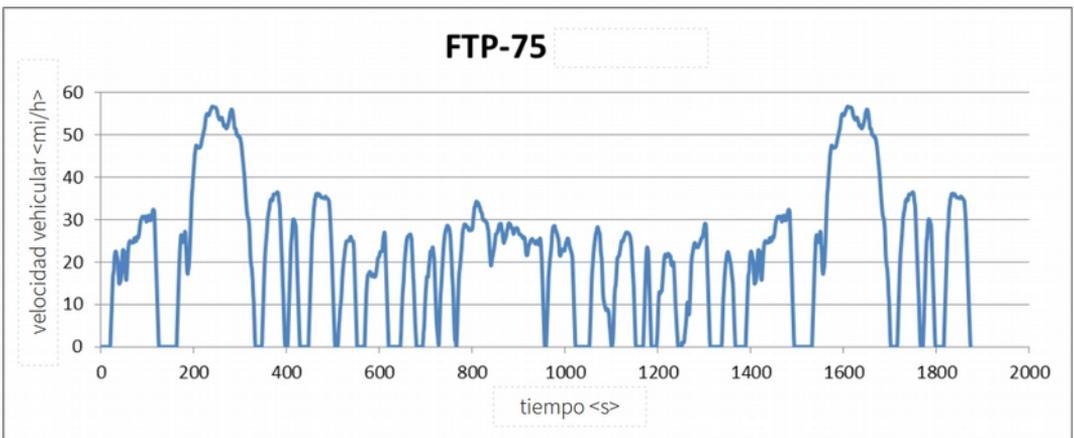


Figura 1.5: Curva de velocidad del ciclo FTP-75

El complemento extra-urbano del “procedimiento federal de evaluación” (*Federal Test Procedure*, **FTP-75**) es la “evaluación de economía de combustible en autopista” (*Highway Fuel Economy Test*, **HWFET**), que inicia con el motor “caliente” y sin paradas alcanza la velocidad máxima de 97 <km/h> con la velocidad media de 77 <km/h>, que puede verse en la figura 1.6^I.

La última mejora europea que se ha hecho a los CMV^{II} es el “ciclo de manejo común ARTEMIS” (*Common ARTEMIS Driving Cycle*, **CADC**), que fue desarrollado por el proyecto “evaluación y confiabilidad de los modelos de emisión del transporte y sistemas de inventario” (*Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems*, ARTEMIS) con el análisis probabilístico de un gran inventario de rutinas reales de manejo vehicular europeo. Por ello está agrupado entre los “**ciclos transitorios**” y está dividido en 3 ciclos que distinguen el tránsito urbano, el tránsito rural y el tránsito de autopista (éste último mostrado en la figura 1.7^{III}).

Mención especial merece el grupo de ciclos de manejo que han sido desarrollados por investigadores mexicanos. Dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la Facultad de Ingeniería, un grupo de estudiantes, profesores e investigadores formaron el antiguo Laboratorio de Control de Emisiones (LCE), nombrado ahora **Unidad de Investigación y Control de Emisiones** (UNICE), con el objetivo de "generar soluciones para controlar la contaminación ambiental generada por los vehículos automotores"^{IV}. Desde la década del año 1990, sus integrantes han publicado ciclos de manejo (como el mostrado en la figura 1.8^V) para la ZMVM de automóviles, autobuses y ciclomotores que transitan en sus caminos extraurbanos, urbanos e intraurbanos, sintetizados usando datos de un muestreo selectivo (no masivo), esto por la limitada disponibilidad del recurso humano y monetario.

Aunque este último grupo de ciclos transitorios ya presenta en sus CMV la información de los cambios de velocidad en tránsito real, aún es discutible su efectividad para lograr los usos deseables enlistados en la problemática de la síntesis de CMV.

I (2013 Romain): Traducción propia.

II (2010 Tong-Hung)

III (2013 Romain): Traducción propia.

IV (2018 García-Hernández)

V (2009 García): Capítulo 2, página 24, “Ciclo de manejo”; aunque la escala de velocidad erróneamente se declara medible con kilómetros en segundo, la experiencia del tránsito vehicular y la comparación con los otros CMV evidencian que la curva de velocidad en la escala actual debe ser medible con kilómetros en hora.

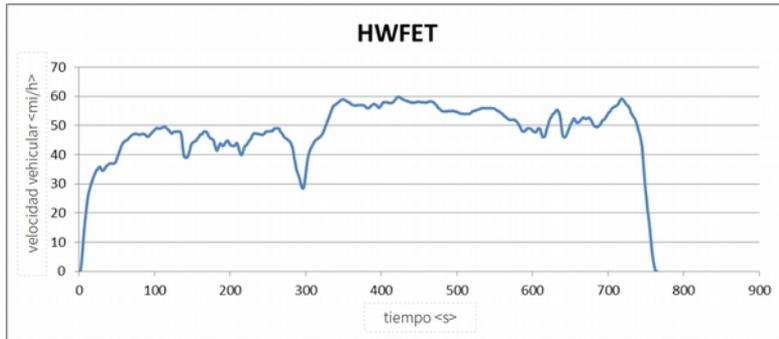


Figura 1.6: Curva de velocidad del ciclo HWFET.

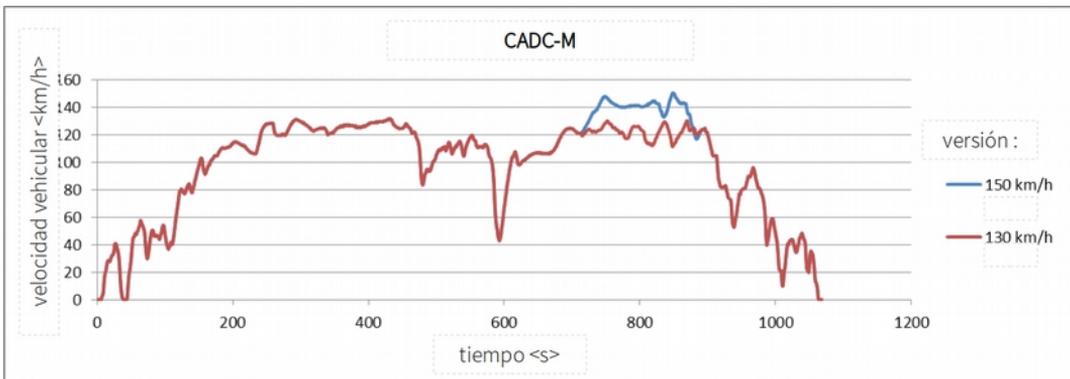


Figura 1.7: Curva de velocidad del ciclo CADC para autopista.

Ciudad de México (Centro)

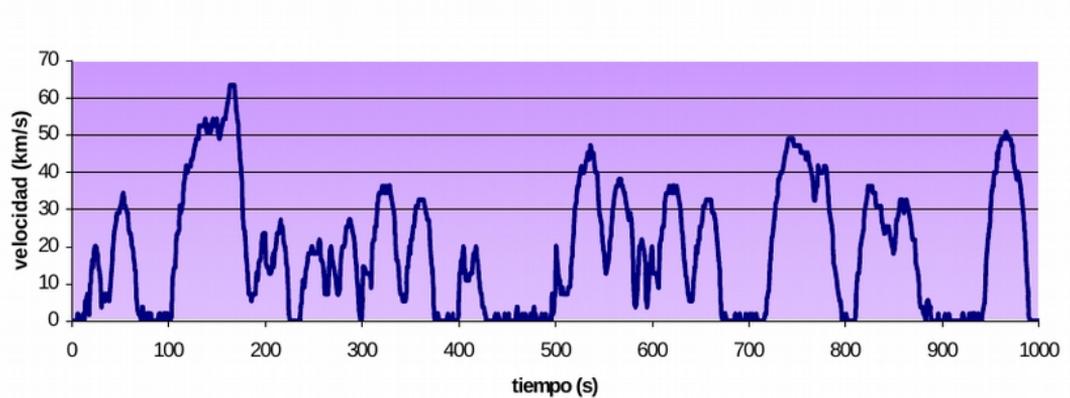


Figura 1.8: Curva de velocidad del ciclo de manejo "Centro" creado por el LCE en el año 1998.

El primer problema se presenta cuando un CMV sintetizado con datos recolectados en una región geográfica definida se considera un descriptor representativo del tránsito habitual en **un lugar fuera de esta región**. Esto ya ocurre en México cuando la norma mexicana NMX-AA-11-1993-SCFI establece como CMV válido para la “evaluación de emisiones de gases del escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina como combustible” al ciclo FTP-75 (nombrado en el documento “CVS-75”)¹. Las 6 condiciones de tránsito enunciadas en la primer restricción de la problemática y correspondientes a ciudad *Los Angeles* en US, donde se recolectaron los datos para el ciclo FTP-75, tienen grandes diferencias respecto a las correspondientes a la Ciudad de México, que es uno de los lugares principales de uso de estos vehículos. Mejorar la representatividad de un CMV aplicable a esta ciudad implicaría una de 2 alternativas: (1) limitar el uso del ciclo FTP-75 a las subdivisiones geográficas cuyas condiciones de tránsito sean semejantes (en un intervalo de error aceptable) a las de ciudad *Los Angeles*, o (2) replicar el proceso de síntesis que se usó para el ciclo FTP-75 pero con un muestreo del tránsito en la Ciudad de México. El segundo uso deseable para un CMV, propuesto en la problemática, permitiría identificar la frecuencia con que aparecen en el tránsito **segmentos con muchos cambios de velocidad** (mayor “irregularidad”) y como consecuencia una mayor emisión de contaminantes, o el caso contrario. La comparación de varios CMV actuales relacionados a una misma categoría ya permite lograr esto, pero una mejora ocurre al crear variantes del ciclo original que representen tránsito más irregular o menos irregular que el más representativo de la población estudiada porque permite generar condiciones de ensayo propias de situaciones particulares de uso del vehículo. Esto serviría, en conexión con el tercer uso, para asociar dicha emisión a un tipo particular de vehículo, como ejemplo, pero hacerlo sólo es posible en el caso en que los datos recolectados de tránsitos reales se hayan catalogado adecuadamente para este propósito. De los CMV presentados en esta sección, se sabe que existe **inventario de los datos** del CADC y de los ciclos creados por la UNICE, pero no se tiene certeza de la disponibilidad y usabilidad de estos inventarios.

Finalmente, los **métodos de muestreo y síntesis** de los ciclos presentados aquí coinciden en el registro del tránsito de una muestra de vehículos y en el uso de herramientas informáticas de cálculo numérico por la gran cantidad de datos que éstas pueden procesar.

¹ (1993 SCFI): Sección 10.22.2.

1.4 OBJETIVO

Por todo esto, se estableció como objetivo de la investigación:

"Desarrollar un método general y un procedimiento numérico ajustable que permitan catalogar datos de tránsito real y con ellos sintetizar ciclos de manejo vehicular, destinados en principio a ser útiles para un análisis de emisiones contaminantes".

1.5 JUSTIFICACIÓN

El primer beneficio de lograr implementar un algoritmo para sintetizar CMV es que otros integrantes de la UNICE podrán **usar el inventario de datos y el procedimiento numérico en sus investigaciones**, como son: (1) “Síntesis de ciclos de manejo vehicular para automóviles en la ZMVM”, (2) “Estimación de factores emisión de HC, CO, NOx y partículas de automóviles híbridos mediante el simulador ADVISOR”, o (3) “Modelado de un vehículo con celda de combustible hidrógeno para la Ciudad de México”, todas éstas orientadas al desarrollo de técnicas para mejorar el control de las emisiones contaminantes y con ello la calidad del aire en la ZMVM.

Conseguir la creación de ciclos de manejo vehicular con un método que considere los casos descritos en la problemática facilitaría usarlos en diversos análisis de rendimiento y de emisiones contaminantes con una **mayor comprensión de los factores fenomenológicos** que, en el muestreo, en la síntesis o en el análisis mismo, influyen y alteran nuestra interpretación de los resultados.

Al lograr la representatividad de los datos muestrales inventariados, un manejo probabilístico adecuado de ellos permitiría **hacer generalizaciones** útiles para entidades como: (1) grupos de investigación del transporte, (2) fabricantes de la industria automotriz o (3) agencias de control de emisiones contaminantes, como es la asociación de un perfil de conductor con una regularidad de tránsito, un nivel de demanda de potencia o un perfil de emisiones contaminantes particular.

1.6 HIPÓTESIS

Así es como se definió la **suposición de trabajo** en el enunciado siguiente:

“El uso de un método general y un procedimiento numérico ajustable en la síntesis de ciclos de manejo vehicular posibilita **evaluar la representatividad de sus resultados** en la comparación con los datos de tránsito originales”.

1.7 PLANEACIÓN

Las actividades que se realizaron en el desarrollo de esta investigación están ordenadas en las etapas siguientes:

1. Generar un **esquema conceptual** del fenómeno estudiado y de las técnicas relacionadas que ya se han implementado.
2. Evaluar la **aplicabilidad** de las técnicas de síntesis disponibles para fundamentar la selección de las más adecuadas para nuestro objetivo.
3. Crear la **programación** del procedimiento numérico seleccionado, en una herramienta informática para análisis numérico.
4. Evaluar los **resultados** del procedimiento creado, con los datos de una rutina de manejo vehicular obtenida en un muestreo de tránsito real.

2 FUNDAMENTOS

Este capítulo contiene los principios teóricos de ámbitos ingenieriles que son necesarios para proponer las ideas que se estudian en esta investigación.

| | | |
|------------|--------------------------------------|-----------|
| 2.1 | MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA | 33 |
| | FUNCIONAMIENTO | |
| | COMPONENTES | |
| | SISTEMA DE ALIMENTACIÓN | |
| | SISTEMA DE REFRIGERACIÓN | |
| 2.2 | CONTAMINACIÓN VEHICULAR | 40 |
| | VEHÍCULO TÉRMICO | |
| | GASES DE EMISIÓN | |
| | ANÁLISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES | |
| | MEDICIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE | |
| 2.3 | INFORMÁTICA | 44 |
| | REGISTRO (<i>FILE</i>) | |
| | HERRAMIENTA (<i>APPLICATION</i>) | |
| | PROGRAMACIÓN <i>SCILAB</i> | |
| 2.4 | PROBABILÍSTICA | 47 |
| | CONCEPTOS FUNDAMENTALES | |
| | INDICADORES PROBABILÍSTICOS | |
| | DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD | |

La formación de Ingeniería Mecánica del autor de este trabajo se logró con la participación en 51 cursos de licenciatura y 10 de maestría, organizados en 9 grandes ámbitos: (1) Álgebra, (2) Cálculo, (3) Materiales, (4) Mecánica, (5) Termodinámica, (6) Electromagnetismo, (7) Modelismo, (8) Economía y (9) Cultura.

Según este esquema de conocimiento, los **cursos** cuya información se consideró más adecuada para fundamentar las actividades de esta tesis son: "Motores de combustión interna", "Contaminación vehicular", "Informática" y "Probabilística". Se presentan aquí los fundamentos provenientes de estos cursos.

2.1 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

FUNCIONAMIENTO

El motor de combustión interna (MCI) es una **máquina térmica** que aspira aire y combustible, los mezcla y los comprime para generar su combustión, convierte la energía liberada en potencia mecánica útil, y emite gases residuales de la combustión^I.

Puede clasificarse como:

- **Motor de C.I. provocada** o MCIP (“encendido por chispa”), cuando la chispa de una “bujía” inicia la combustión de la mezcla (comúnmente aire-gasolina).
- **Motor de C.I. espontánea** o MCIE (“encendido por compresión”), cuando la presión y temperatura del aire comprimido inician la combustión del combustible al ser inyectado (comúnmente gasóleo)^{II}.

Es común lograr este ciclo de trabajo con un **mecanismo alternante** formado por un émbolo (“pistón”) que, en un extremo, desplaza a los fluidos dentro de un cilindro, y en el otro, su conexión con una biela y una manivela (“cigüeñal”) le permite transformar su potencia mecánica traslacional a una rotacional. Sólo en la primera clasificación existe una variante que usa un **mecanismo rotacional** formado por un émbolo triangular que, mientras gira excéntrico de un piñón conectado en su centro, cada una de sus caras desplaza a los fluidos dentro de la cámara de combustión en las diferentes fases del proceso^{III}.

Un motor diseñado para hacer cada una de las 4 fases del proceso en un trayecto del pistón (**cíclico en 4 trayectos**) controla la entrada, permanencia y salida de fluidos con válvulas en la tapa del cilindro (cabeza) impulsadas por un eje con levas que gira impulsado por el cigüeñal^{IV} (como puede verse en la figura 2.1^V). Ésta es la configuración comúnmente usada en autobuses y automóviles.

I (2011 Payri-Desantes): Capítulo 1, página 9.

II (2011 Payri-Desantes): Capítulo 2, página 27.

III (2011 Payri-Desantes): Capítulo 2, página 24.

IV (2011 Payri-Desantes): Capítulo 2, página 28.

V (2007 *Encyclopaedia Britannica*): "Two-stroke engine", traducción propia.

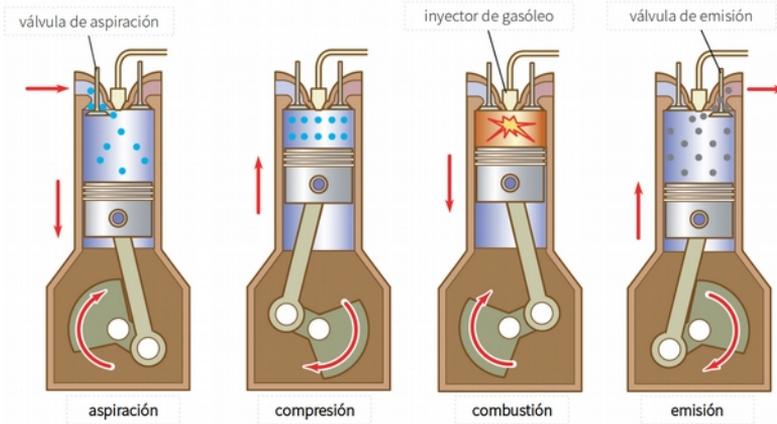


Figura 2.1: Etapas del "ciclo en 4 trayectos".

Un motor diseñado para hacer 2 etapas en cada trayecto del pistón (**cíclico en 2 trayectos**) controla la entrada, permanencia y salida de fluidos con puertos en la pared del cilindro (lumbreras) que son descubiertos o cubiertos por el pistón en el instante necesario^I (como puede verse en la figura 2.2^{II}). Ésta es una configuración usada en MCIE grandes o en ciclomotores pequeños.

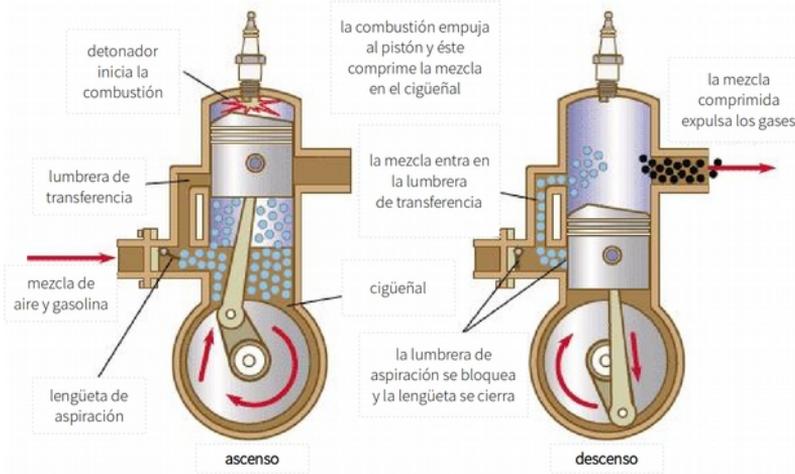


Figura 2.2: Fases del "ciclo en 2 trayectos".

I (2011 Payri-Desantes): Capítulo 2, página 30.

II (2007 *Encyclopaedia Britannica*): "Four-stroke diesel engine", traducción propia.

COMPONENTES

Los sistemas de un motor de combustión interna son¹:

- **Admisión.** Controla la entrada de gases al cilindro (y está formado por filtro, válvula mariposa, compresor y colector).
- **Alimentación.** Controla el suministro de combustible (y está formado por tanque, bomba, filtro y carburador o inyector).
- **Ignición.** Controla el instante de ignición del combustible (y está formado por generador, acumulador, bobina, distribuidor y “bujía”).
- **Lubricación.** Reduce las pérdidas irreversibles de energía causadas por la fricción mecánica (y está formado por tanque, bomba, filtro y capilares).
- **Refrigeración.** Mantiene al motor con la temperatura de operación óptima (y está formado por tanque, radiador, bomba, termostato y conductos).
- **Control eléctrico.** Regula todos los sensores y actuadores del motor (y está formado por arrancador, sensores, Unidad de Control del Motor y actuadores).
- **Emisión.** Conduce los gases de combustión al ambiente (y está formado por colector, turbina, recirculador, catalizador y silenciador).

En el MCI montado en un vehículo, tiene gran influencia en los parámetros de diseño del método de síntesis el funcionamiento del sistema de **alimentación** y del sistema de **refrigeración**.

¹ (1988 Heywood): Capítulo 1, página 12.

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La alimentación del MCI se consigue al **transportar el combustible** desde su tanque de almacenamiento hasta el compartimento del motor, para después atomizarlo y agregarlo a la corriente de aire aspirado (en el caso del MCIP) o inyectarlo directo a la cámara de combustión sobre el cilindro (en el caso del MCIE).

Los MCIP más simples emplean una bomba mecánica (impulsada por uno de los ejes que giran con el cigüeñal) para llevar la gasolina desde el tanque hacia un filtro y después al **carburador**. Este componente es una porción del conducto de admisión (que inicia con un filtro de aire) donde una válvula tipo mariposa, accionada por el pedal acelerador que opera el conductor del vehículo, regula la disponibilidad de aire del motor para controlar su rotación ("régimen de giro"), como se ve en la figura 2.3^I. La gasolina acumulada en un pequeño tanque dentro del carburador es succionada por el vacío generado por la corriente de aire y gasificada por la geometría del conducto, lo que favorece su mezclado con el aire. Finalmente, esta mezcla aire-combustible viaja hacia el colector de admisión para distribuirse entre todos los cilindros del motor.

La primera mejora que se aplicó a este sistema fue conservar del carburador sólo su válvula mariposa y mezclar la gasolina en el colector de aspiración mediante inyectores controlados por pulsos eléctricos de la UCM, como se ve en la figura 2.3. Este sistema de **inyección indirecta** reduce notablemente el desperdicio de gasolina producido por los cambios repentinos de la demanda de potencia porque la respuesta del control electrónico es más rápida y precisa que la de un carburador mecánico.

La segunda mejora que se implementó fue colocar los inyectores directamente en la cámara de combustión. Este sistema de **inyección directa** permite un control aún más preciso de la combustión y, aunque tiene un uso generalizado en los MCIE, su aplicación al MCIP es aún objeto de investigación^{II}.

I (2018 UPV): "*Transition of fuel supply system*", traducción propia.

II (2011 Payri-Desantes): Capítulo 2, página 38.

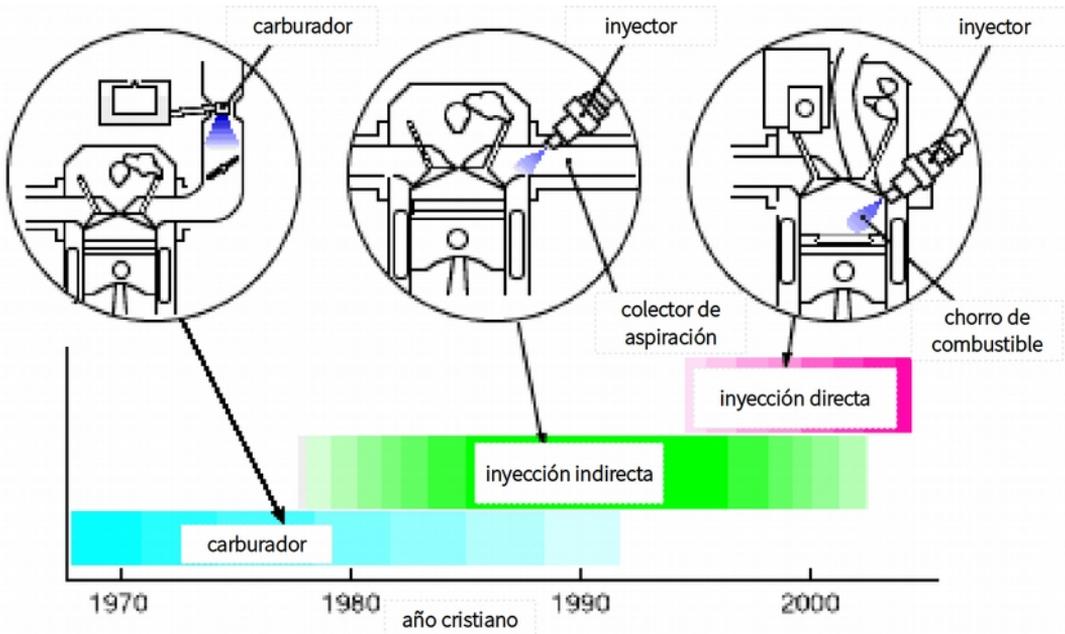


Figura 2.3: 3 sistemas de alimentación de los MCIP.

El propósito principal de este sistema es formar una mezcla de aire y combustible con una proporción de ellos que esté en el intervalo que permite su combustión completa, porque así se convierte mejor su energía en potencia mecánica y no se emiten hidrocarburos inquemados ni se aumenta innecesariamente la temperatura del proceso. Esta **proporción estequiométrica** es propia de cada combustible y se obtiene con el balance estequiométrico de los reactivos y productos de la combustión en cada caso^I.

Y es aquí donde se entiende una diferencia importante en la operación de ambos tipos de motor: mientras en un MCIP el sistema de alimentación mantiene siempre una mezcla con una proporción aire-combustible muy cercana a la estequiométrica y la variación de potencia entregada se logra controlando el flujo de aire aspirado (en el nombrado "**control de potencia cuantitativo**"), en el MCIE la variación se logra controlando la proporción de combustible inyectado con plena disponibilidad de aire (en lo que se nombra "**control de potencia cualitativo**")^{II}.

I (2011 Payri-Desantes): Capítulo 13, página 356.

II (2011 Payri-Desantes): Capítulo 2, página 37.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La refrigeración del MCI se consigue con la **transferencia de calor** desde el cilindro y la cabeza de válvulas hacia un flujo externo.

Un motor con "**refrigeración eólica**" (Figura 2.4^I) emite calor hacia la corriente de aire generada por el traslado del vehículo (convección natural) o por el giro de un abanico impulsado por el cigüeñal o mediante un motor eléctrico (convección forzada). Este sistema es muy común en ciclomotores con motor pequeño.

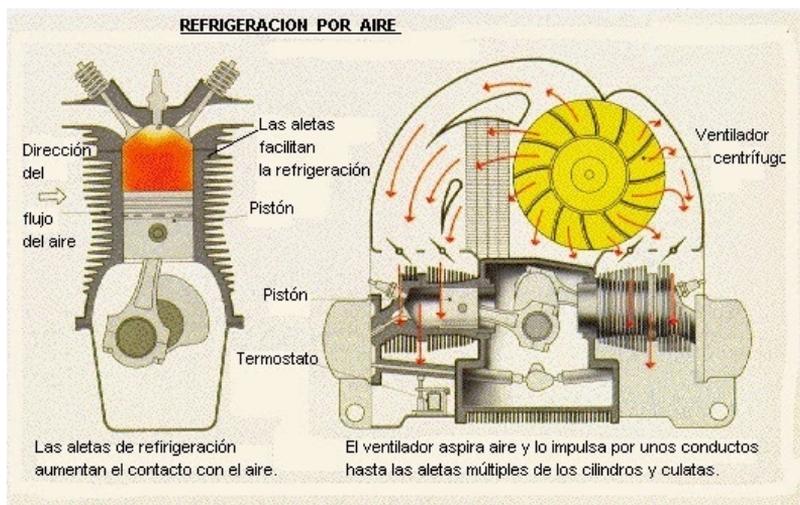


Figura 2.4: Sistemas de refrigeración eólica.

Un motor con "**refrigeración hidráulica**" (Figura 2.5^{II}) emite calor hacia el flujo de un líquido refrigerante dentro de un circuito de conductos que rodean al cilindro y a la cabeza de válvulas, y que es impulsado por una bomba hacia un radiador, que disipa el calor del fluido hacia la atmósfera mediante convección natural o forzada.

I (2014 Decálogos mecánicos de motocicletas)

II (2014 Jiménez)

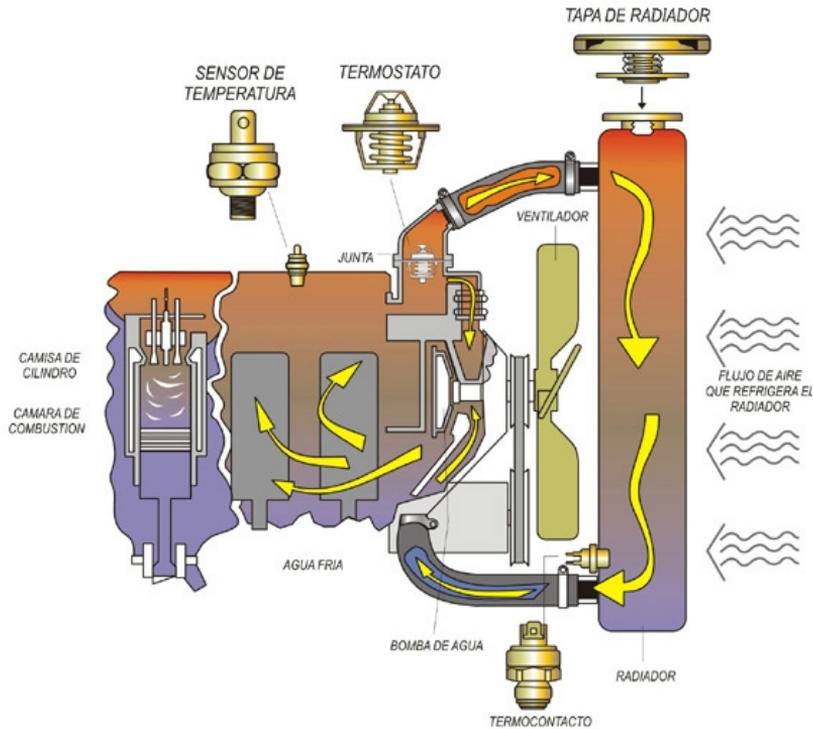


Figura 2.5: Sistema de refrigeración hidráulica.

Desde que el motor se pone en funcionamiento, su **calentamiento inicial** aumenta la temperatura de sus componentes hasta su temperatura operativa en un lapso no inmediato que dura algunos minutos. Por esto se entiende que el sistema de refrigeración retira el calor excedente del motor hacia el ambiente pero también debe facilitar su calentamiento inicial lo más rápido posible, mediante un arreglo de ventilas (en el caso de la refrigeración eólica) o con el conjunto de termostato y rutina de arranque de la UCM (en el caso de la refrigeración hidráulica)¹.

La comprensión de estos mecanismos permitió considerar insignificante la influencia de la **secuencia de microviajes de distinto régimen** en cambios del funcionamiento del motor y su consecuente variación de las emisiones contaminantes.

¹ (2011 Payri-Desantes): Capítulo 5, página 119.

2.2 CONTAMINACIÓN VEHICULAR

VEHÍCULO TÉRMICO

Es una **máquina** que transporta carga o pasajeros, impulsada por un motor térmico. Puede ser terrestre, marítimo o aéreo.

Un vehículo terrestre puede clasificarse^I, por su tamaño, como:

- **Camión** (tractor, especial).
- **Autobús** (extraurbano, urbano).
- **Automóvil** (camioneta, furgoneta, vagoneta, sedán, deportivo).
- **Ciclomotor** (cuatrimoto, motocarro, motocicleta, motoneta).

GASES DE EMISIÓN

Son los productos de la combustión que el motor térmico emite al ambiente durante el trayecto "emisión". Los gases regulados en la normativa nacional e internacional son^{II}:

1. **Oxígeno** (O₂). Su excedente se presenta en la emisión por una carencia de gasolina en la mezcla de admisión del MCIP.
2. **Dióxido de carbono** (CO₂). Es un gas inerte y producto natural de la combustión, cuyo efecto en la atmósfera es la amplificación del "efecto invernadero".
3. **Monóxido de carbono** (CO). Es un gas tóxico que aparece como producto intermedio en la reacción que, al completarse, produce CO₂.

I (1999 BOE)

II (2009 García) Capítulo 1, página 12.

4. **Óxidos de nitrógeno** (NO_x). Son gases que se producen cuando una combustión "caliente" provoca la reacción del nitrógeno atmosférico con los hidrocarburos del combustible; en la atmósfera reaccionan con el agua y forman, junto con los óxidos de azufre, al ácido nítrico y al ácido sulfúrico que causan la "lluvia ácida".
5. **Hidrocarburos inquemados** (HCs). Son cadenas fragmentadas de combustible inquemado que se emiten por un exceso de combustible en la mezcla de admisión.
6. **Partículas** (PST, PM₁₀, PM_{2.5}). Son la fase líquida o sólida de los contaminantes emitidos y se componen principalmente de cúmulos de carbono con diámetros micrométricos muy variados, que en la población generan enfermedades respiratorias porque obstruyen los conductos pulmonares.

Los procesos de combustión también originan otros productos que no siempre son considerados en la normativa de emisiones por su menor proporción en la emisión total, como son los **contaminantes tóxicos**: (1) hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), (2) aldehídos, (3) fenoles, (4) compuestos de arsénico o (5) compuestos de plomo¹.

ANÁLISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES

Es un procedimiento que permite conocer la **concentración o cantidad de gases contaminantes** emitidos por un vehículo o un motor, y que consiste en someterlos a una rutina de operación homologada para medir sus parámetros de emisión y después compararlos con los datos referenciales que marca la normativa vigente.

Según su modo de operación se nombra:

1. **Estático**, cuando se hace un análisis del motor funcionando sin carga con niveles de rotación permanentes.
2. **Dinámico**, cuando se induce al motor un ciclo de operación que simula las variaciones habituales de la "potencia demandada" y de la "carga de camino".

¹ (2019 US-EPA)

Para aplicar un análisis dinámico a un motor, éste se monta en un “**banco dinamométrico**”, formado por una base que le da soporte, un grupo de componentes auxiliares que le proveen alimentación eléctrica, refrigeración y medios de control, y un freno (hidráulico o eléctrico) que le induce carga a la flecha del cigüeñal para simular los niveles de potencia requeridos en el ensayo. Para aplicar un análisis dinámico a un vehículo, deben montarse sus ruedas motrices en un arreglo de rodillos que están conectados a discos inerciales (que simulan la inercia del vehículo evaluado) y posiblemente a un freno como el del banco dinamométrico (y que en conjunto forman al **dinamómetro vehicular**). Se requiere además una pantalla para que el técnico evaluador pueda comparar su manejo con el del CMV usado como referencia (como puede verse en la figura 2.6¹).



Figura 2.6: Análisis de emisiones contaminantes de un automóvil en dinamómetro.

En ambos casos se conecta al tubo de escape la sonda de un **analizador de gases** que permite determinar la concentración de los contaminantes que éste pueda medir.

¹ (2009 García): Capítulo 2, página 20.

MEDICIÓN DE LOS GASES DE EMISIÓN

Los analizadores de gases de emisión implementan varios **métodos** que permiten determinar la concentración de determinados gases presentes en una fracción del flujo de emisión, como son:

1. “Detector infrarrojo no dispersivo” (*Non-Dispersive Infrared Detector*, **NDIR**), que permite medir CO y CO₂, principalmente, cuando estos gases se hacen fluir en un conducto atravesado por un haz de luz infrarroja y su absorción de la radiación con longitud de onda 4.6 $\times 10^{-6}$ m atenúa la señal que en un conducto paralelo con gas referencial llega completa al detector^I.
2. “Detector de ionización de flama” (*Flame Ionization Detector*, **FID**), que permite medir HC cuando se agregan a una llama de hidrógeno porque su flujo a través de un colector de iones sobre la llama conduce una corriente eléctrica medible desde el quemador hasta este colector^{II}.
3. “Detector de quimioluminiscencia” (*Chemiluminescence Detector*, **CLD**), que permite medir NO cuando una inyección de O₃ lo transforma en NO₂ y la reacción libera luz detectable con un fotomultiplicador^{III}.

Estos principios de medición se pueden aplicar en 2 técnicas diferentes: la primera es un **muestreo con sonda**, en que un tubo flexible se introduce al ducto de escape del motor o del vehículo y lleva una muestra del flujo de emisión a los detectores internos de un analizador de gases; la segunda es un **“muestreo en volumen constante”** (*Constant Volume Sampling*, CVS) que consiste en generar un bombeo con flujo másico constante que conserve la dilución real de los gases de emisión en aire para acumularlos en bolsas de fluorocarbono tipo “Tedlar”, para su análisis posterior^{IV}.

Para garantizar la exactitud y confiabilidad de la medición de los analizadores, el **aseguramiento de calidad** se logra cuando laboratorios acreditados realizan periódicamente su calibración con el suministro de gases referenciales, nombrados “gas patrón”, a los detectores de cada contaminante^V.

I (2013 González): Capítulo 2, página 40.

II (2013 González): Capítulo 2, página 41.

III (2013 González): Capítulo 2, página 42.

IV (2013 González): Capítulo 2, página 48.

V (2013 González): Capítulo 2, página 18.

2.3 INFORMÁTICA

REGISTRO (*FILE*)

Una computadora puede manejar en memoria 2 tipos de **elemento para almacenar información**: (1) directorio y (2) registro.

El **registro "texto"** (textual) es un tipo de registro que está formado por "cadenas de caracteres" (*character strings*) que contienen información. Muchos tipos de registro manejados por el sistema operativo son registros "texto" con una extensión (que es el descriptor añadido al nombre del registro después de un punto) propia, que indica al usuario la herramienta adecuada para manejarlos¹. Un simple editor de texto es capaz de interpretarlos y mostrar su contenido para edición, lo que le da mucha versatilidad en el procesamiento de datos.

Una variante de registro de texto es aquella que contiene "valores separados por coma" (*Comma Separated Values, CSV*). Su principal cualidad es que almacena datos de texto o numéricos en renglones pero también puede separarlos en columnas con una coma (u otro símbolo definido durante su creación). Aunque es posible revisarlos con un programa editor de texto, se facilita el manejo de sus datos cuando un editor de planilla (*spreadsheet editor*) los organiza en celdas matriciales porque este tipo de editores puede también hacer cálculos con los datos así ordenados.

Esta versatilidad del manejo de datos para los cálculos numéricos realizados en este trabajo se consideró la principal razón para recomendar su uso como contenedor para los datos que emiten los instrumentos digitales y los resultados que entrega el procedimiento sintetizador.

HERRAMIENTA (*APPLICATION*)

Los **elementos lógicos** de una computadora se categorizan en los 6 esquemas de ordenamiento de su estructura lógica desde el menor nivel de abstracción hasta el mayor: (1) instrucción, (2) procedimiento, (3) biblioteca, (4) programa, (5) herramienta y (6) sistema operativo.

¹ (2005 *Nisan-Schocken*): Capítulo 4, sección 2.1.

En este trabajo se usaron **herramientas informáticas** para tareas como: (1) editar la programación del procedimiento sintetizador, (2) crear el flujo de trabajo para el manejo de datos, (3) editar los elementos de este documento y (4) consultar los hipertextos que contienen información de referencia.

Un ejemplo es **LibreOffice**, una herramienta informática con programación "libre" (cuya interfaz puede verse en la figura 2.7), creada en el año 1985 por la empresa *StarDivision*, compuesta por varios programas que permiten editar planillas (*Calc*), libros (*Writer*), figuras (*Draw*) y presentaciones (*Impress*)^I.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|--------------------------|-------|----------|---------|---------|---|---|---|---|---|
| 1 | Business planning | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | Year 1 | Year 2 | Year 3 | | | | | |
| 4 | Price per unit | | 1000,00 | 1020,00 | 1050,00 | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | Quantity sold | | 13,77 | 25 | 200 | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | Fixed Costs | | | | | | | | | |
| 9 | Rent | | 826,00 | 827,00 | 828,00 | | | | | |
| 10 | Utilities | | 151,00 | 152,00 | 153,00 | | | | | |
| 11 | Insurance | | 101,00 | 102,00 | 103,00 | | | | | |
| 12 | Salaries | | 5000,00 | 5000,00 | 5000,00 | | | | | |
| 13 | Machinery | | 1501,00 | 1502,00 | 1503,00 | | | | | |
| 14 | | Total | 7579 | 7583 | 7587 | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 16 | Variable Costs | | | | | | | | | |
| 17 | Labor | | 255,00 | 262,50 | 262,50 | | | | | |
| 18 | Material | | 102,00 | 105,00 | 105,00 | | | | | |
| 19 | Commissions | | 102,00 | 105,00 | 105,00 | | | | | |
| 20 | | Total | 459 | 472,5 | 472,5 | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | |
| 22 | Profit | | -3735,27 | 7590 | 191730 | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | |

Figura 2.7: Interfaz gráfica de *Calc*, programa editor de planillas de *LibreOffice*.

Se prefirió el uso de herramientas con **programación "libre"** (*free software*) porque esta cualidad (1) frecuentemente implica la presencia de una exhaustiva documentación y (2) posibilita la reproducibilidad de los cálculos.

I (2018 LibreOffice)

PROGRAMACIÓN SCILAB

El otro elemento fundamental para la síntesis de ciclos de manejo en este trabajo fue una **herramienta para análisis numérico** nombrada "*Scilab*". Es una herramienta informática con programación "libre" (cuya interfaz puede verse en la figura 2.8) creada en el año 1990 por investigadores franceses del "instituto nacional para la investigación en informática y automatización" (*Institut national de recherche en informatique et en automatique*, INRIA) y de la "escuela nacional de puentes y caminos" (*École nationale des ponts et chaussées*, ENPC), que permite programar procedimientos numéricos^I.

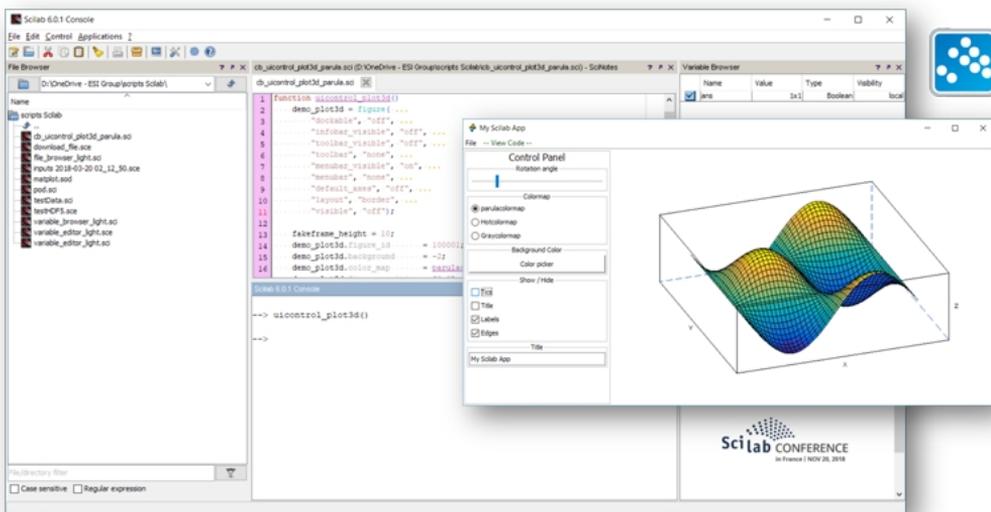


Figura 2.8: Interfaz gráfica de *Scilab*.

Para indicar al editor la secuencia de cálculos que debe realizar, se crea el **procedimiento numérico** como registro de texto tipo "SCE" (*Scilab executable*) con el algoritmo de cálculo implementado mediante instrucciones de la programación *Scilab*. En el apéndice A se muestran las **principales instrucciones** de la programación *Scilab* que fueron útiles para la programación del procedimiento sintetizador, con algunas indicaciones de uso en forma de comentario^{II}.

I (2018 *Scilab*)

II (2000 *Scilab Group*)

2.4 PROBABILÍSTICA

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

5 conceptos útiles para comprender cualquier modelo probabilístico son¹:

1. **Variable** (Expresión 2.1) es un símbolo algebraico que puede tener cualquier valor proveniente de un dominio complejo (variable continua) o de un dominio entero (variable discreta).
2. **Parámetro** (Expresión 2.2) es un tipo de variable que puede ser modulado en un experimento.
3. **Función** (Expresión 2.3) es una regla que convierte el valor proveniente de un conjunto nombrado “dominio” a un valor presente en un conjunto nombrado “rango”.
4. **Población** (Expresión 2.4) es un conjunto de todos los elementos que tienen una característica interesante para su estudio. Puede ser finita numerable, finita innumerable o infinita.
5. **Muestra** (Expresión 2.5) es un subconjunto de la población, cuyos elementos se usan en los análisis probabilísticos para generalizar los resultados a la población original.
6. **Probabilidad** (Expresión 2.6) es el cociente de las ocurrencias de un evento particular en la cantidad total de repeticiones de un fenómeno.

Z : variable genérica (E. 2.1)

R : parámetro genérico (E. 2.2)

$f[R]$: función paramétrica (E. 2.3)

$R_N = (R_1, R_2, \dots, R_N)$: conjunto poblacional (E. 2.4)

$R_n = (R_1, R_2, \dots, R_n)$: conjunto muestral (E. 2.5)

$P_{EV} = \frac{N_{EV}}{N}$: probabilidad de un evento (E. 2.6)

¹ (2009 *Spiegel-Stephens*): Capítulo 1, página 1.

INDICADORES PROBABILÍSTICOS

Los modelos probabilísticos que se usaron en la descripción de conjuntos de este trabajo son¹:

1. **Libertad** (Expresión 2.7) es la diferencia entre la cantidad de variables independientes y la cantidad de variables dependientes en un estudio. Es útil considerarla al aplicar modelos probabilísticos a conjuntos muestrales.
2. **Valor medio** (Expresión 2.8) es el valor más representativo de una variable entre un rango de valores que ésta presenta en un fenómeno.
3. **Error relativo** (Expresión 2.9) es la proporción del valor real que representa un valor evaluado.
4. **Desviación normal** (Expresión 2.11) es un intervalo de dispersión de los valores de una variable que se usa habitualmente como criterio para discriminar datos muy alejados de su valor medio y que por ello alteran el resultado de los análisis probabilísticos que los incluyen.
5. **Confiability** es la proporción de la cantidad de repeticiones que representa la cantidad de valores correctos que presentó la variable estudiada.

$$L[\mathbf{R}_n] = N_i - N_d \quad : \text{libertad} \quad (\text{E. 2.7})$$

$$\bar{\mathbf{R}}_N = \frac{\sum_i^N [R_i]}{N} \quad : \text{valor medio} \quad (\text{E. 2.8})$$

$$\eta[R'] = 1 - \frac{R'}{R} \quad : \text{error relativo} \quad (\text{E. 2.9})$$

$$\rightarrow Z^2[\mathbf{R}_n] = \frac{\sum_i^N [(\bar{\mathbf{R}}_n - R_i)^2]}{L[\mathbf{R}_n]} \quad : \text{varianza} \quad (\text{E. 2.10})$$

$$Z[\mathbf{R}_n] = \sqrt{\left[\frac{\sum_i^N [(\bar{\mathbf{R}}_n - R_i)^2]}{L[\mathbf{R}_n]} \right]} \quad : \text{desviación normal} \quad (\text{E. 2.11})$$

¹ (2009 *Spiegel-Stephens*): Capítulo 3, páginas 62, 96, 207 y 228.

DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Existen además **funciones de distribución** de probabilidad que describen una curva de la probabilidad de ocurrencia asociada a los distintos valores en un intervalo del que puede obtener su valor la variable.

Un ejemplo es la **distribución de probabilidad normal** que se muestra en la figura 2.9^I, donde la suma de probabilidades de todos los valores posibles en el intervalo de la variable es igual que 1 y su valor medio está en el punto medio del eje independiente, que corresponde a la máxima probabilidad de ocurrencia.

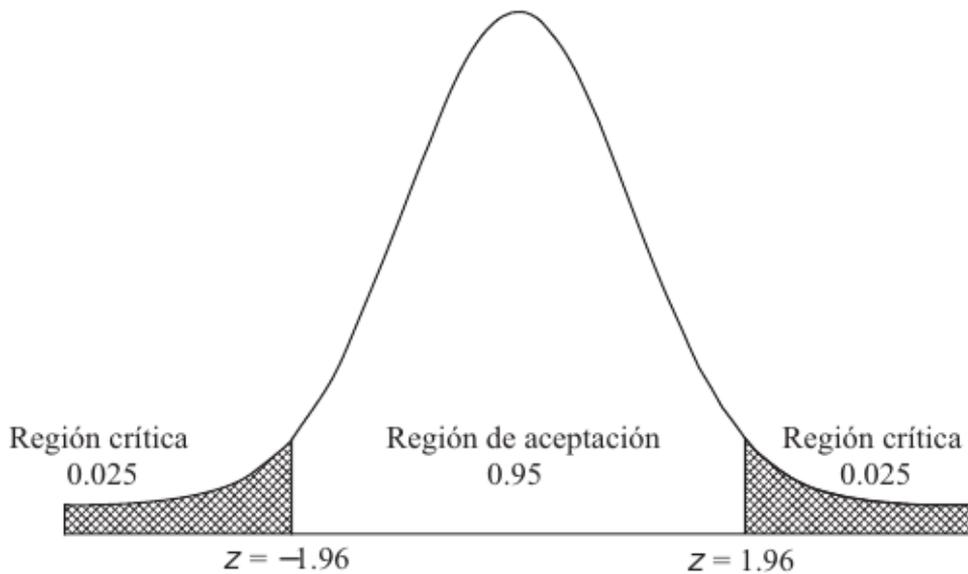


Figura 2.9: Curva de probabilidad en una distribución normal.

I (2009 *Spiegel-Stephens*): Capítulo 10, página 247.

3 DESARROLLO

En este capítulo se describen los criterios y los modelos matemáticos que componen al método de síntesis de CMV y al procedimiento sintetizador.

| | |
|---|-----------|
| 3.1 ESQUEMA CONCEPTUAL | 52 |
| RUTINA Y CICLO DE MANEJO | |
| INDICADORES | |
| APLICACIÓN DEL CICLO DE MANEJO | |
| 3.2 CONSIDERACIONES DEL MUESTREO | 60 |
| DEFINICIÓN DE LA ZONA REPRESENTADA | |
| SELECCIÓN DE RUTAS | |
| SELECCIÓN DE VEHÍCULOS | |
| 3.3 PARTICULARIDADES DE LA ZMVM | 64 |
| CRECIMIENTO URBANO | |
| GEOMETRÍA DE LAS AUTOVÍAS | |
| CONJUNTO MUESTRAL | |
| SEGUIDOR DEL MANEJO VEHICULAR | |
| 3.4 TÉCNICAS EXISTENTES | 72 |
| MUESTREO | |
| ACONDICIONAMIENTO | |
| SÍNTESIS | |
| VALIDACIÓN | |
| 3.5 MÉTODO DE SÍNTESIS | 77 |
| SECUENCIA DE ACTIVIDADES | |
| FACTOR DE IRREGULARIDAD DE TRÁNSITO | |
| MUESTREO | |
| ACONDICIONAMIENTO | |
| SÍNTESIS | |
| VALIDACIÓN | |

3.1 ESQUEMA CONCEPTUAL

Como inicio del diseño de un método general para sintetizar ciclos de manejo vehicular **es necesario distinguir algunos conceptos** entre todas las cualidades que se han usado para describirlos y clasificarlos. En esta sección se describen los análisis que permiten encontrar estas definiciones.

RUTINA Y CICLO DE MANEJO

El primer concepto que debe clarificarse es el de "ciclo de manejo vehicular" (CMV). Una definición, presente en el "código federal de regulaciones" de US (*US Code of Federal Regulations*), es:

"Programa de manejo significa una **serie de velocidades** que un vehículo debe seguir durante un examen"^I.

Otra definición, que puede encontrarse en la literatura, es:

"Un ciclo de manejo es un **perfil de velocidades** trazado en un plano velocidad-tiempo, que representa el desplazamiento habitual de un vehículo en un área determinada, tomando en cuenta la tecnología del vehículo, las características del tráfico, de las vialidades, las condiciones climáticas y geográficas (altitud, latitud y longitud) y las características de manejo propias del conductor, entre otras"^{II}.

I (2015 OFR): Subparte K, sección 1066-1001 (traducción propia).

II (2005 González): Volumen VI, número 3 "Julio-Septiembre", página 148.

Después de analizar estas definiciones, y otros detalles de la creación y el uso de los CMV, **se redactó una propuesta breve** y que describe adecuadamente el concepto en el contexto de este trabajo:

"Ciclo de manejo vehicular" es un arreglo de curvas que contiene toda la variedad de condiciones de manejo vehicular significativas que pueden encontrarse en una población de rutinas de manejo, y que sirve como una referencia en estudios de tránsito, emisiones y rendimiento por su brevedad y representatividad".

Esta definición ya sintetiza la naturaleza y el propósito del CMV, pero por ello requiere la definición de **conceptos derivados**. Primero, entre las mencionadas "condiciones de manejo", usualmente se considera imprescindible el elemento "curva de velocidad vehicular", que se define como:

"Curva de velocidad vehicular" es la curva, en un diagrama que relaciona la 'velocidad' respecto al 'tiempo', que contiene los segmentos aceleración-deceleración que experimenta un vehículo durante un traslado".

El concepto "segmento aceleración-deceleración" es lo que usualmente se nombra "**microviaje**" (*microtrip*, MV). Además, como elementos auxiliares de esta curva, se han incluido otros fenómenos implicados en el manejo de un vehículo durante el traslado, como la "curva de selección de engrane" o la "curva de inclinación del camino", que también describen la evolución temporal de su variable física en el periodo de traslado. El otro concepto derivado que requiere definición es el de "rutina de manejo vehicular" (RMV), que en este trabajo se describe con el enunciado:

"Rutina de manejo vehicular" es un arreglo de curvas que contiene toda la variedad de condiciones de manejo vehicular significativas registradas durante un muestreo del tránsito de un conductor."

Ya con esto puede distinguirse entre el esquema con los **datos del manejo** de un conductor, obtenidos en un muestreo ("rutina de manejo"), y el esquema con los **resultados sintetizados** de varias rutinas ("ciclo de manejo").

INDICADORES

En los documentos que muestran o clasifican los CMV conocidos^I es común encontrar una tabla que enlista **parámetros probabilísticos**, como son:

1. Duración (total del ciclo, total en que el vehículo está detenido, total de los periodos de aceleración, total de los periodos de deceleración).
2. Velocidad (media, máxima, desviación normal).
3. Distancia (total del recorrido, media entre paradas).

Hasta la fecha de esta investigación no se ha empleado una **clasificación de los CMV** respecto a la región, al tipo de autovía o al tipo de vehículo que representan, por lo que se presenta aquí una propuesta.

Un primer indicador del CMV puede ser la "**región**" en que se ubican los vehículos que representa. Para justificar esta definición es útil analizar el ejemplo siguiente: los CMV desarrollados por el proyecto ARTEMIS se construyeron con datos del tránsito en Francia, Inglaterra, Alemania, Grecia, Italia y Suiza, por lo que su mayor representatividad se encuentra en las poblaciones dentro de esas zonas geográficas; no puede garantizarse la representatividad de estos CMV si se aplican a poblaciones en otras ubicaciones porque, entre regiones distintas, no necesariamente son equivalentes:

1. La geometría del **relieve**.
2. La geometría y la construcción de las **autovías**.
3. Las especificaciones técnicas del **tren motriz** de los vehículos.
4. El **flujo de vehículos** en las distintas autovías.
5. El control y la colocación de las **señales de tránsito** (puede intuirse con anticipación la influencia de este factor en las diferencias del estilo de manejo de los conductores de diferentes regiones).

I (2009 Barlow)

Entonces se comprende que "región":

"Es la **zona geográfica** en que transita la población de cuya muestra se obtienen los datos para un ciclo de manejo, y donde éste tiene su mayor representatividad".

Un segundo indicador del CMV puede ser el "**régimen**", o ritmo de conducción observable en los distintos segmentos del recorrido. La evidencia para este análisis puede apreciarse en el "ciclo de manejo para vehículos ligeros" desarrollado en el año 2014 por el LCE (mostrado en la figura 3.1¹):

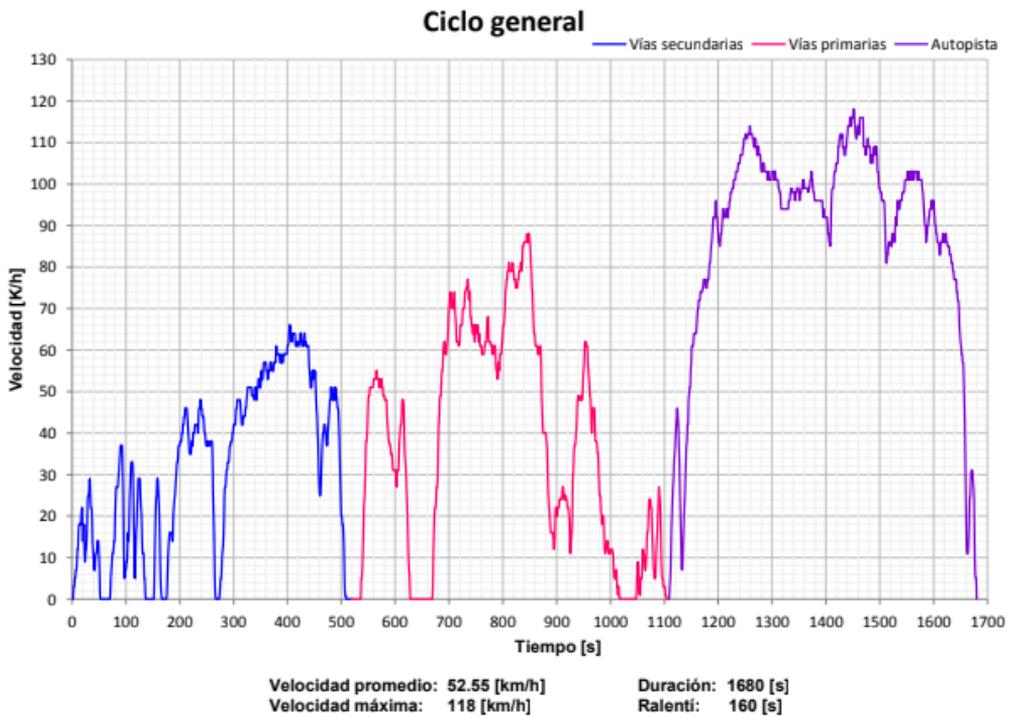


Figura 3.1: Ciclo de manejo para vehículos ligeros del LCE.

I (2014 Hernández-Sánchez-Sandoval): Capítulo 4, página 85.

En este CMV, es clara la diferencia entre el segmento de tránsito en "vías secundarias", en "vías primarias" y en "autopista"; el primero presenta como velocidad máxima la de 60 <km/h> y 5 microviajes con una gran oscilación de la velocidad en los primeros; el segundo presenta como velocidad máxima la de 90 <km/h> y 3 microviajes; el tercero presenta como velocidad máxima la de 120 <km/h> y sólo 1 microviaje. Estas **diferencias** pueden atribuirse a la geometría y construcción de las autovías, así como al flujo de vehículos que se produce en ellas, y justifica que "régimen":

"Es el ritmo de tránsito en un segmento de un ciclo de manejo vehicular, que tiene un perfil con cualidades particulares, como la velocidad máxima o la cantidad de microviajes, que son determinadas por características de la autovía y el flujo vehicular en que se originó".

El tercer indicador del CMV que se encontró necesario en este esquema es el "**alcance**", o tipo de vehículo cuya representatividad es el propósito del ciclo. Repitiendo el análisis con desarrollos del LCE, la creación del CMV de motocicletas (y posteriormente de autobuses) permitió demostrar que el tipo de vehículo también influye en el CMV sintetizado porque el tránsito en uno u otro está determinado por:

1. La capacidad de desplazamiento del tren motriz.
2. La aplicación práctica que se asigna al vehículo por esta capacidad.

En el caso particular del CMV para motocicletas (que puede verse en las figuras 3.2, 3.3 y 3.4)¹, el tránsito urbano se presenta con velocidad máxima 80 <km/h> y 3 microviajes, y el tránsito extraurbano ocurre con velocidad máxima 100 <km/h> y sólo 1 microviaje; éstas diferencias de la velocidad máxima son fácilmente atribuibles a la diferencia de **capacidad motriz** y **uso** entre los vehículos. Entonces se entiende que "alcance":

"Es el tipo de vehículo de cuya población se obtienen los datos para el ciclo de manejo y en la que éste tiene su máxima representatividad".

¹ (2014 Cárcamo-García-Medina): Capítulo 4, página 82.

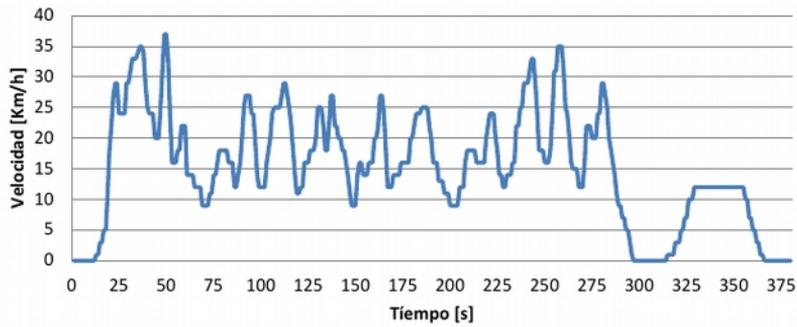


Figura 3.2: Sección **semiurbana** del "Ciclo de manejo para motocicletas (grupo 3)".

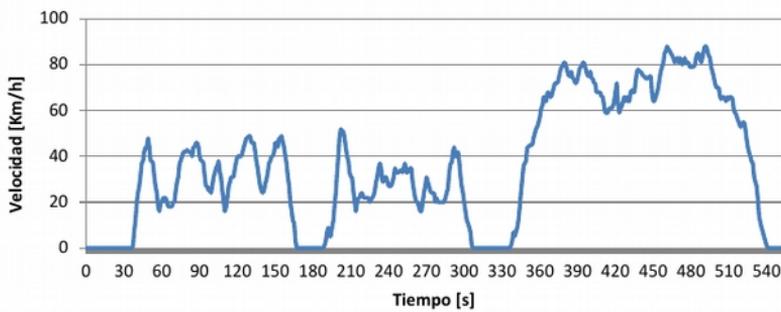


Figura 3.3: Sección **urbana** del "Ciclo de manejo para motocicletas (grupo 3)".

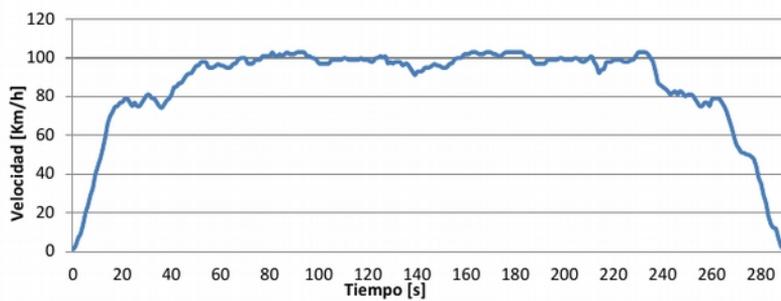


Figura 3.4: Sección **autopista** del "Ciclo de manejo para motocicletas (grupo 3)".

Finalmente, se consideró en el cuarto indicador el lugar adecuado para los "**parámetros probabilísticos**" que ya se han documentado como descripción de los CMV reportados, porque existe una utilidad práctica de ellos en la comparación entre distintos CMV (y que está descrita con más detalle en la sección siguiente, relacionada con el algoritmo para evaluar el ciclo de manejo sintetizado con alguna RMV referencial).

APLICACIÓN DEL CICLO DE MANEJO

En las investigaciones que estudian el uso que se ha dado a los CMV desarrollados hasta la actualidad está reportado que ya es posible asociar las distintas técnicas para sintetizar CMV con la **efectividad** que presentan en su aplicación, como ha sido el caso del análisis de tránsito local, del análisis de emisiones contaminantes (AEC)^I o del análisis de rendimiento vehicular.

Un beneficio de esta investigación consiste en poder usar el método general y el procedimiento numérico para generar CMV de los vehículos terrestres que transitan en la ZMVM clasificados en 4 grupos propuestos (camiones, autobuses, automóviles y ciclomotores). Pero la utilidad de ambas herramientas se extiende cuando estos CMV se emplean como uno de los datos de entrada para el **simulador de vehículos ADVISOR** (cuya interfaz puede verse en la figura 3.5), que permite conocer los factores de emisión de HC, CO, NOx y partículas que provienen de estos vehículos, y posibilita con sus resultados la generación de un inventario de factores de emisión.

I (2015 Galgamuwua-Perera-Bandara)

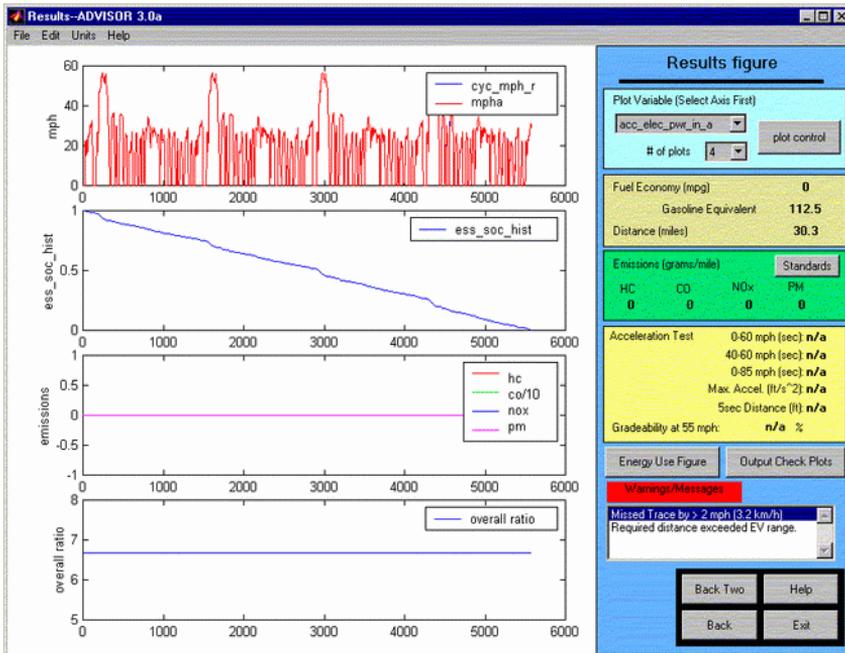


Figura 3.5: Interfaz del simulador ADVISOR que muestra el CMV (con color rojo) usado en un AEC.

La comprensión de los detalles propios de la aplicación de los resultados del proyecto facilitó, durante su planeación, escoger de la experiencia previa reportada **los procedimientos más convenientes** y eficientes para desarrollarlo.

3.2 CONSIDERACIONES DEL MUESTREO

Ya con el conocimiento de la naturaleza y usos de un CMV, la primera etapa en su construcción es la **obtención de los datos** vehiculares y de conductor que recibirá el procedimiento sintetizador. Después de este razonamiento genérico se presentan las particularidades de la región estudiada que influyen en la síntesis desarrollada.

DEFINICIÓN DE LA ZONA REPRESENTADA

La aplicación de un AEC a vehículos de una población particular es una actividad que, junto con otras, tiene como propósito final reducir las emisiones contaminantes de esta población para **mejorar la calidad del aire** en su ubicación geográfica. Por esto, así como existen diferentes criterios para clasificar a las poblaciones de un lugar (como puede ser el límite territorial de su gobierno o la distribución étnica), podría usarse uno entre varios otros criterios para determinar el dominio geográfico en que los resultados del AEC mostrarán (con la mayor representatividad) la realidad de los procesos físicos involucrados, y que por esto serán más útiles para lograr su propósito.

Después de analizar varios enfoques para resolver esta cuestión, se encontró que el factor más determinante es la **jurisdicción** de la institución que emitirá o usará los resultados del AEC. Ya con esta zona determinada, es muy práctico explorar el contexto más amplio que la envuelve, y que en muchos casos resulta ser el territorio en el nivel equivalente a una **ciudad**; esto es así porque, históricamente, los asentamientos de poblaciones humanas se han multiplicado por la congregación de sus habitantes alrededor de un centro urbano, y así los pequeños pueblos han logrado evolucionar a ciudades (y sólo con la organización de gobiernos comunes a varias de ellas se ha logrado el consenso para delimitar territorios estatales y nacionales). Una referencia geográfica que también puede ser útil, pero no en todos los casos, es la ubicación de este territorio urbano dentro de un valle o una **cuenca hidrográfica**.

Éste último espacio fue usado particularmente para el estudio de la contaminación atmosférica de la **Ciudad de México y sus alrededores**.

SELECCIÓN DE RUTAS

Otro aspecto que debe determinarse en la planeación de un muestreo vehicular es la distribución espacial de las **RMV necesarias** y si el tipo de autovía influye en los resultados.

La síntesis de un CMV para el AEC no requiere hacer un muestreo numeroso para conseguir **resultados representativos** porque el fenómeno importante es la emisión de gases contaminantes, que es modulada por el uso del vehículo que los origina, y esta información ya está contenida en cualquier muestreo que incluya tránsito en todos los tipos de autovía de la región estudiada y con una cantidad de vehículos representativa de la población vehicular. En todo caso, aumentar progresivamente la cantidad de muestreos que conforman la RMV total sólo aumenta las variedades de tránsito disponibles para la síntesis y quizá mejora la precisión y confiabilidad del CMV, pero no invalida un resultado obtenido con un muestreo menor.

La vialidad de las ciudades es una **red compuesta por subredes** de calles, avenidas y carreteras, que propician el tránsito de determinados grupos vehiculares con un determinado ritmo de desplazamiento, y que tienen una interconexión que en el caso más variado permite viajar desde zonas habitacionales intraurbanas hacia otras ciudades mediante las autovías extraurbanas. Es éste caso el más interesante para ser usado en un muestreo porque recolecta todas las variedades de tránsito que pueden hacerse.

En lo relacionado con el tipo de autovía, las cualidades físicas que pueden influir en el tránsito vehicular son:

1. Mecanismo para **control del tránsito** en intersecciones.
2. Distancia entre **intersecciones**.
3. Cantidad y anchura de **carriles** (que determinan su capacidad).
4. **Concurrencia** (flujo vehicular).

En la ZMM se identificó que el "**crucero**", el "**semáforo**" y el "**paso en desnivel**" en intersecciones determinan el ritmo de tránsito de los vehículos en la autovía.

SELECCIÓN DE VEHÍCULOS

El tercer elemento que se analiza en la planeación de un muestreo vehicular es propiamente el **tipo de vehículo** que se propone estudiar.

En las diversas clasificaciones de vehículos terrestres que existen, hay varias diferencias notables entre los que forman una categoría y los de otra (como el tamaño de su carrocería, su capacidad de carga o el combustible con que funcionan) pero como las más importantes pueden enlistarse:

1. Tipo de **estructura**. Puede estar diseñada para transportar pasajeros montados (ciclomotor), pasajeros sentados (automóviles y autobuses) o carga (camiones).
2. Tipo de **motor**. Aunque se han creado vehículos que pueden usar varios tipos de motor, el MCIP se ha preferido para uso individual o urbano (ciclomotores y automóviles) y el MCIE para uso industrial o carretero (autobuses y camiones).

Considerando como referencia estas 2 cualidades y las 8 categorías establecidas por una norma internacional^I, se propone aquí un **esquema simplificado** que facilita la identificación de un vehículo en una de 4 categorías: camión, autobús, automóvil o ciclomotor (según se muestra en la tabla 3.1). Esta facilidad tuvo gran importancia para la definición del “alcance”^{II} y para la determinación del conjunto muestral representativo de una síntesis de CMV para automóviles en la ZMVM^{III}.

I (1977 ISO)

II (2019 García-Hernández): Capítulo 3, página 66.

III (2019 García-Hernández): Capítulo 3, página 69.

Tabla 3.1: Clasificación de vehículos terrestres establecida en la norma ISO 3833 y su correspondencia con la propuesta actual.

| | | | | | | | |
|----------|-----------------------------|--------------|---|---|---|---|---|
| ISO-3833 | "Motocicleta" | Ciclomotores | utilitaria  | deportiva  | crucero  | | |
| | "Ciclo motor" | | bicimotor  | motoneta  | motocarro  | cuatrimoto  | |
| | "Trailer con semi-remolque" | Camiones | con semi-remolque  | | | | |
| | "Trailer con remolque" | | con remolque  | | | | |
| | "Vehículo especial" | | basuretero  | bombero  | remolcador  | | |
| | "Autobuses" | Autobuses | interurbano  | urbano  | troleibus  | microbús  | articulado  |
| | "Vehículo comercial" | Automóviles | camión ligero  | camioneta  | furgoneta  | | |
| | "Auto pasajeros" | | wagoneta  | sedán  | coupé  | convertible  | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

En este ordenamiento se encontró gran facilidad para clasificar los vehículos presentes en la ZMM en alguna de sus 4 categorías según varias cualidades, como pueden ser su "**capacidad**", "**uso preferido**", "**masa vehicular**" o "**potencia**".

3.3 PARTICULARIDADES DE LA ZMVM

Ya en el caso particular de México, la zona hidrográfica del Río Pánuco (*Panōayan*) inicia su descenso desde la sierra del volcán Ajusco (*Axochco*) hasta el Golfo de México en la región nombrada "Cuenca de México". Aquí se extiende la **Zona Metropolitana del Valle de México** (ZMVM), visible en el sombreado más tenue de la figura 3.6¹, que es el área ocupada por los asentamientos urbanos en el territorio de 59 municipios del Estado de México, 16 alcaldías de la Ciudad de México, y 1 municipio del Estado de Hidalgo. Es en la alcaldía Coyoacán (*Coyōacan*) donde está ubicada la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a la que pertenece la UNICE.

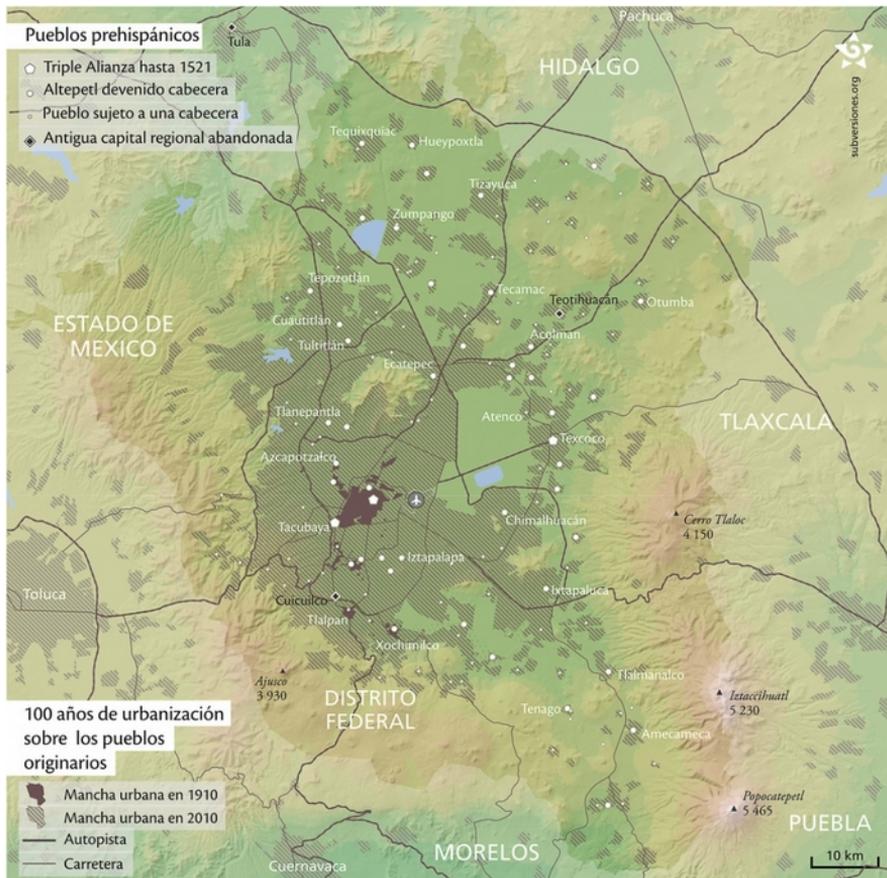


Figura 3.6: Esquema de la Zona Metropolitana del Valle de México y su área conurbada en los años 1910 y 2010.

¹ (2015 Díaz): "La urbe se extiende hacia los pueblos a lo largo del siglo XX".

La creación del método de síntesis de un CMV, que es el tema central de este trabajo, está motivada por las actividades que realiza la **UNICE**, como son:

"(...) desarrollar dispositivos y modelos que permiten **medir las emisiones contaminantes** para encontrar alternativas de control y explorar nuevas formas de mejorar los procesos de combustión"^I.

De esos "dispositivos y modelos", este grupo enfoca sus esfuerzos a la integración de un **inventario de factores de emisión** de HC, CO, NOx y partículas de las fuentes móviles que transitan en la ZMVM, impulsado por el deterioro reciente de la calidad del aire provocado por los vehículos terrestres que usan motor térmico.

Esta circunstancia influyó notablemente para delimitar la perspectiva y los criterios que fueron usados para articular el método de síntesis de CMV y que están detallados en las secciones siguientes.

CRECIMIENTO URBANO

Ya desde el año 5500 antes de la era cristiana se han establecido y retirado asentamientos humanos en la Cuenca de México, desde las orillas del antiguo lago de Anáhuac (*Anahuac*) hacia las faldas de cerro. Con el desarrollo de la agricultura, los **núcleos urbanos** de Cuicuilco, Coyoacán (*Coyōacan*), Azcapotzalco, Xochimilco, Chalco y Texcoco (*Tetzco*) crecieron y formaron territorios que en el año 1433 fueron consolidados por el pueblo mexicano (*mexihcatl*). La invasión española redujo notablemente la población indígena e inició los trabajos civiles que causarían la desecación del lago durante el periodo colonial. Según se establecieron en el terreno descubierto pueblos como Aragón, Baños del Peñón, Iztacalco y Santa Cruz, su infraestructura se amplió y el traslape actual de las poblaciones que conforman a la Ciudad de México ha desvanecido sus anteriores límites territoriales^{II}, lo que evidencia la necesidad de efectuar los trabajos de gobierno con coordinación entre todas las autoridades presentes en la extensión de la ZMVM.

I (2018 García-Hernández)

II (2011 Matus)

En el caso particular de la UNICE, el alcance de sus resultados no se detiene en la autoridad ambiental de su gobierno (el gobierno de la alcaldía Coyoacán), sino que entra al ámbito de interés de la **Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA)** del gobierno de la Ciudad de México, y esto determina 3 consideraciones para este trabajo.

Primero, no hay ya una separación geográfica perceptible entre la infraestructura de los **3 territorios estatales** en que está extendida la ZMVM (visible en la figura 3.7¹), por lo que no hay utilidad en aplicar distintas políticas de control de las emisiones contaminantes a las poblaciones de vehículos en estos territorios, y por esto, un AEC que intente aportar al mejoramiento de la calidad del aire debe aplicarse a los vehículos de las 3 poblaciones.

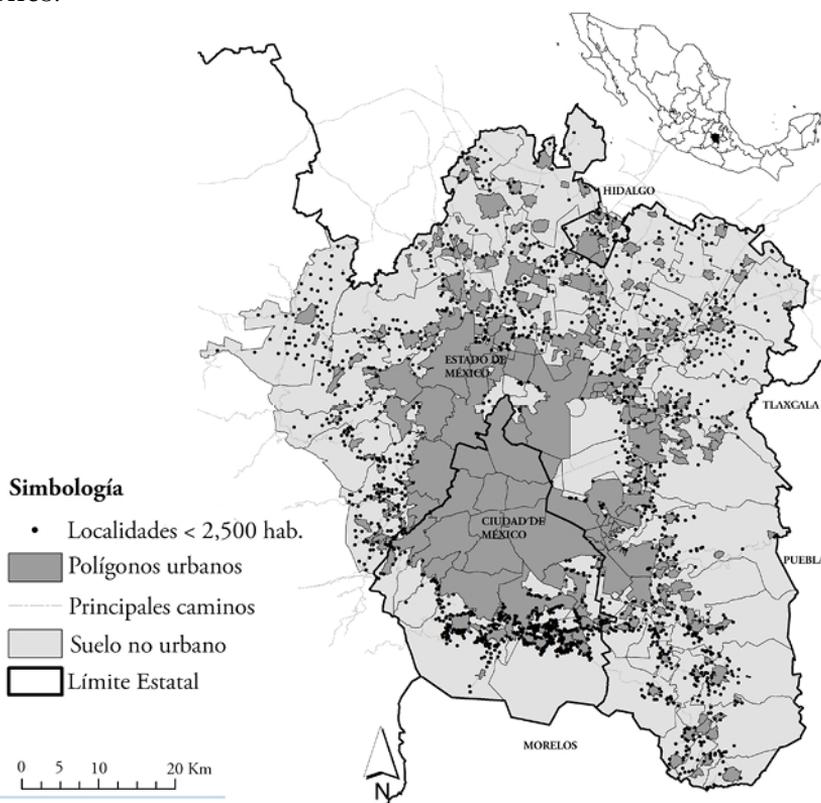


Figura 3.7: Extensión de la Zona Metropolitana del Valle de México y su área conurbada en los territorios estatales y municipales.

1 (2017 Fernández-Vega)

Segundo, el emplazamiento del centro histórico en el islote central del antiguo lago de Anáhuac (*Anahuac*) (ubicado en la actual alcaldía Cuauhtémoc (*Cuauhtemoc*)) es un centro de nucleación de la infraestructura urbana en conjunto con otras alcaldías emplazadas tanto en valle como en falda de cerro, y esto introduce a los caminos una **variación particular de altitudes** que deben sortear, y que diversifican los hábitos de conducción de los pobladores que transitan en zonas más planas.

La última consideración es el flujo vehicular cambiante en las horas del día, y que tiene una dirección preferencial desde las **zonas habitacionales** de la periferia hacia las **zonas laborales** del centro y sur de la ZMVM en la mañana, y la dirección opuesta en la noche^I; esto incluye una porción de tránsito extraurbano de ciudad Pachuca (rumbo Oriente), ciudad Querétaro (rumbo Norte), ciudad Toluca (rumbo Poniente) y ciudad Puebla (rumbo Sur). Este factor influye notablemente en la congestión de las autovías y el consecuente aumento de la contaminación atmosférica en instantes y lugares particulares.

Por todo esto se consideró conveniente definir como "región" de estudio al área ocupada por la ZMVM y cuya frontera abarca completamente el territorio de los gobiernos municipales que la integran.

GEOMETRÍA DE LAS AUTOVÍAS

El "Reglamento de Tránsito de la Ciudad de México" es un documento emitido por el Gobierno de la Ciudad de México que establece las definiciones más útiles de las autovías que componen a la infraestructura urbana de la ZMVM. Las 5 autovías de su clasificación pueden distinguirse por 2 cualidades principales:

1. El mecanismo usual para el **control del tránsito** en las intersecciones varía entre un simple cruce (en calle), un sistema de semáforos (en vía secundaria y vía primaria) o pasos en desnivel (en autopista).
2. La **velocidad máxima permitida** por el reglamento varía entre 30, 40, 50, 80 o 110 <km/h>^{II}.

I (2018 INEGI)

II (2015 Gaceta Oficial del Distrito Federal)

Aunque hay otros factores implicados en el tránsito que se desarrolla en cada autovía, con la experiencia de tránsito en la región se consideraron menos influyentes que los 2 primeros para generar un **esquema útil** de los regímenes (mostrado en la tabla 3.2) que retoma las categorías "carretera", "vía primaria" y "vía secundaria" propuestas en el trabajo de Hernández, Sánchez y Sandoval¹.

Para caracterizar los tipos de tránsito en los muestreos, las categorías anteriores se renombran a **regímenes "extraurbano" (EU), "urbano" (U) e "intraurbano" (IU)**.

Tabla 3.2: Clasificación de las autovías en la ZMVM.

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

Se confirmó la utilidad de este reordenamiento al revisar la clasificación de autovías que hace un **servicio informático de mapas** nombrado *OpenStreetMap* que, en su capa para ciclismo, muestra un patrón de colores con una gran correspondencia con el esquema propuesto aquí (como puede verse en la figura 3.8), donde azul señala "autopista" (*motorway*), verde "camino troncal" (*trunk road*), rojo "camino primario" (*primary road*) y amarillo "camino secundario" (*secondary road*).

¹ (2014 Hernández-Sánchez-Sandoval): Capítulo 4, página 85.

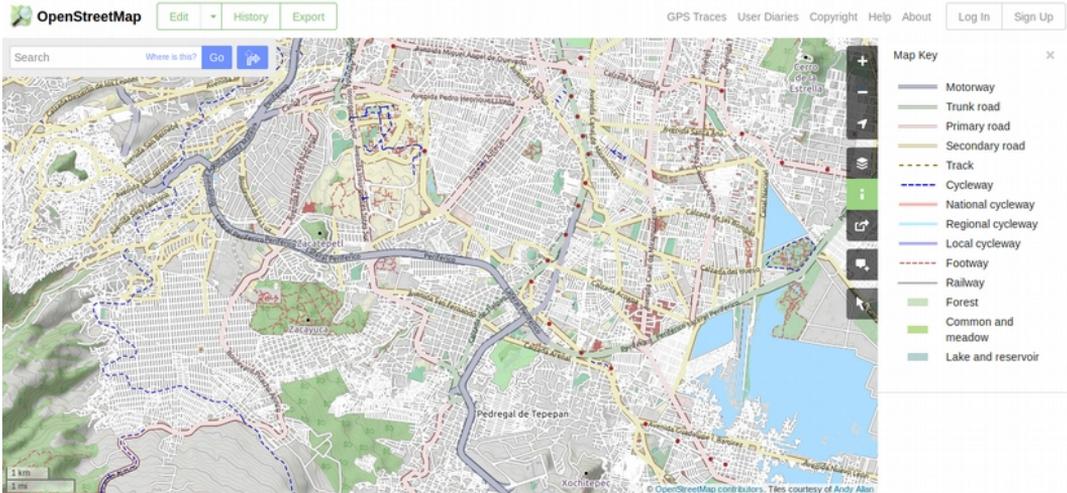


Figura 3.8: Vista principal del servicio *OpenStreetMap* que muestra los colores que asigna a las autovías en su capa "Cycle map".

Ya con región y regímenes ubicados, lo siguiente es caracterizar los tipos de vehículo que se usarán para el muestreo.

CONJUNTO MUESTRAL

Debido a que no es práctico planear un muestreo numeroso para obtener los datos de RMV de los 4 grupos vehiculares, se consideró buena la propuesta de trabajos anteriores¹ que consiste en usar un **conjunto muestral representativo** de la población vehicular estudiada con un tamaño que implique valores aceptables de imprecisión en las mediciones y confiabilidad de los resultados.

En concordancia con estos trabajos, el procedimiento para caracterizar al conjunto muestral de vehículos se compone de estas tareas:

1. Primero debe obtenerse la **composición del parque vehicular** del grupo estudiado para generar subgrupos dentro de la población total según características técnicas que sean comunes a varios vehículos.
2. Luego se evalúan las capacidades técnicas del equipo que hará los muestreos para establecer un **tamaño explorable** del conjunto muestral.

¹ Como "2014 Cárcamo-García-Medina" o "2014 Hernández-Sánchez-Sandoval".

3. Finalmente se calculan la confiabilidad y la imprecisión asociadas a este tamaño y se corrige hasta obtener **valores aceptables** en estas 3 variables.

Para evaluar el conjunto muestral propuesto se emplea un **modelo probabilístico** (Expresión 3.1) que relaciona su tamaño con la confiabilidad y el error asociados a él. Aunque existen expresiones para muestreo en una población finita^I y en una población infinita, nuestro trabajo se asemeja más a este segundo caso porque el tamaño del conjunto muestral difícilmente superará el 5% de la población en cualquiera de los grupos vehiculares^{II}.

$$n[\eta, c] = \left(\frac{N_Z[c] Z[\mathbf{R}_N]}{\eta} \right)^2 \quad (\text{E. 3.1})$$

donde:

| | | |
|-------------------|------------------------------------|----------|
| n | : cantidad de elementos muestrales | (E. 3.2) |
| $N_Z[c]$ | : rango de confiabilidad | (E. 3.3) |
| c | : confiabilidad de los resultados | (E. 3.4) |
| $Z[\mathbf{R}_N]$ | : desviación normal poblacional | (E. 3.5) |
| \mathbf{R}_N | : conjunto poblacional | (E. 3.6) |
| η | : error en las mediciones | (E. 3.7) |

Representar el valor "confiabilidad" mediante el área bajo la curva de la **distribución probabilística normal** permite conocer, con su amplitud abscisa, la cantidad de desviaciones normales que forman al "intervalo de confiabilidad" del tamaño muestral propuesto.

I (2006 *Berenson-Levine-Krehbille*)

II (1977 *Cochran*): Capítulo 2, página 25.

SEGUIDOR DEL MANEJO VEHICULAR

Durante el muestreo de datos del tránsito es necesario montar en los vehículos un **aparato seguidor** que registre, con una frecuencia determinada, fecha y hora, velocidad vehicular e inclinación del camino. Para obtener los datos requeridos en la construcción y evaluación del procedimiento sintetizador, se construyó un aparato, nombrado "Seguidor del Manejo Vehicular" (**SEMAV**), que registra estos 3 parámetros y está compuesto por (Figura 3.9):

1. **Gabinete.**
2. **Placa multipuerto**, que organiza las conexiones de los componentes electrónicos.
3. **Microcontrolador.**
4. **Puerto** para memoria digital.
5. **Antena** para servicio de geolocalización (GPS).
6. **Medidor inercial.**
7. **Conector** de alimentación eléctrica.

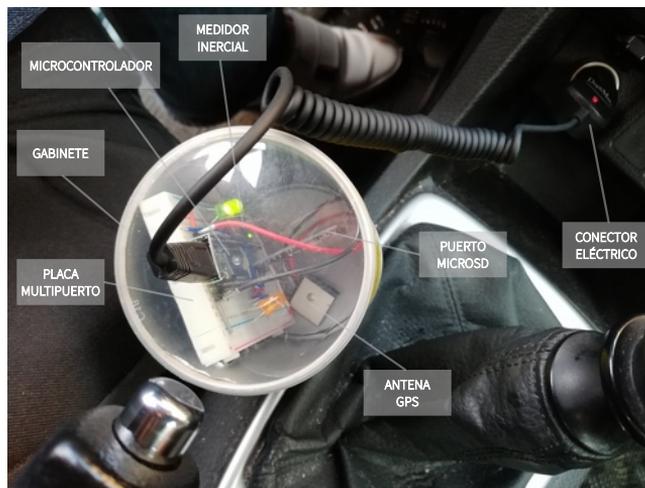


Figura 3.9: Componentes del SEMAV.

3.4 TÉCNICAS EXISTENTES

Ahora es necesario revisar las distintas técnicas que se han usado en los trabajos anteriores para las **4 etapas** de la creación de un CMV, que son: (1) el muestreo, (2) el acondicionamiento de los datos, (3) la síntesis propiamente y (4) la validación del resultado.

MUESTREO

Se han intentado 2 métodos para obtener los datos del tránsito para la síntesis de CMV. El primero se logra mediante el "**auto-caza**", que es un vehículo dotado de un seguidor, que puede registrar su posición, su velocidad y su inclinación con una frecuencia determinada (usualmente 1 registro cada segundo), y cuyo conductor se ocupa en seleccionar 1 vehículo dentro del tránsito para seguirlo, intentando imitar su comportamiento^I. La mayor ventaja de este método de muestreo es que el costo de crear el instrumento seguidor es pequeño. La mayor desventaja es la dificultad que tiene el conductor para imitar el tránsito del vehículo que persigue (aunque la representatividad de los datos puede mejorarse con una gran cantidad de muestreos y su consecuente aumento del costo), aún más en zonas donde se presentan comportamientos agresivos (como aceleraciones o deceleraciones bruscas) y que pueden significar una causa de colisión entre ambos vehículos.

El segundo método para el muestreo de datos es el "**seguimiento colectivo**", que consiste en convocar la participación de conductores en la zona del estudio para montar en su vehículo el instrumento seguidor y recolectar los datos de su tránsito habitual en un periodo determinado; además es posible obtener datos circunstanciales de los conductores con la aplicación de una encuesta. La mayor ventaja de este método es que los datos obtenidos corresponden totalmente a un caso real de tránsito. La mayor desventaja es que se requieren numerosos muestreos (según el área de la zona estudiada) para evitar sesgos en los datos y poder generar CMV con buena representatividad, y esto implica la fabricación de varios instrumentos seguidores (lo que incrementa el costo del proyecto) o la aplicación de varios eventos de muestreo (lo que incrementa la duración del proyecto)^{II}.

I (2015 Galgamuwa-Perera-Bandara)

II (2015 Galgamuwa-Perera-Bandara)

Ya en el enfoque de aplicar los CMV resultantes de la UNICE al AEC, la ventaja de registrar numerosas variedades de tránsito real favoreció la decisión de implementar en trabajos posteriores el "**seguimiento colectivo**" (y no el procedimiento más barato con ayuda del "auto-caza") con un balance, entre la cantidad de seguidores fabricados y conductores convocados, que sea adecuado para el presupuesto y el cronograma del grupo.

ACONDICIONAMIENTO

Cuando ya se tienen las RMV muestreadas, la técnica de acondicionamiento que se aplica a los datos depende mucho de su formato, el tamaño de registro en el que están agrupados y el procesamiento en que se usarán. Sin importar cuál sea, es común a cualquier síntesis de CMV obtener como **resultados** de esta etapa:

1. Lista con la numeración de todos los **estados temporales** de las RMV.
2. Lista con el valor de "**velocidad vehicular**" correspondiente a estos estados.
3. Listas con el valor de **variables auxiliares** (como "selección de engrane" o "inclinación del camino") correspondiente a estos estados.
4. Lista con los valores de **parámetros probabilísticos** evaluados en la RMV total.

Es conveniente usar una **técnica de acondicionamiento** que recupere toda la información recolectada en el muestreo y facilite al procedimiento sintetizador su lectura y manejo.

El formato de los registros digitales generados por el SEMAV en el muestreo para este trabajo se usó como primera referencia para organizar un **reordenamiento de sus datos** a registros "planilla" que son fácilmente distribuibles entre sistemas informáticos y fácilmente manejables por una herramienta de análisis numérico.

SÍNTESIS

El **método más simple** para sintetizar un CMV es el que originó al FTP-75, y consiste en seleccionar, del conjunto de RMV muestreadas, aquella cuyos parámetros probabilísticos (seleccionados previamente) se aproximan más a los de todo el conjunto^I. Este método no se escogió para el proyecto actual porque requiere una cantidad de muestreos que garantice la representatividad del CMV final en el ámbito de la región, el régimen y el alcance, y en nuestro caso demandaría el muestreo de una gran cantidad de rutas que abarquen toda la variedad de condiciones viales que se presentan en la ZMVM (la principal limitación que impone nuestra región al proyecto es su tamaño).

Un método más complejo se consigue haciendo la misma selección pero ahora entre todo el conjunto de microviajes presentes en las RMV muestreadas. Se caracterizan los parámetros probabilísticos del conjunto total de microviajes pertenecientes a un régimen determinado y el CMV se crea de la **concatenación de los microviajes** cuyos parámetros particulares tienen la menor desviación respecto a los parámetros generales. La mayor desventaja de este método es que no se pueden distinguir los cambios de velocidad propios de cada tipo de autovía transitado en los microviajes seleccionados o cambios de velocidad sutiles con gran duración (como el tránsito en autopista), pero se considera adecuado para el AEC porque conserva la información de aceleraciones y deceleraciones, que son los eventos que generan la mayor demanda de potencia al motor térmico y su consecuente emisión de contaminantes^{II}.

Se ha trabajado también una construcción de CMV seleccionando los segmentos de velocidad correspondientes a los **tramos de un tipo de autovía** cuyos parámetros particulares también tienen la menor desviación respecto a los parámetros generales, y por esto se encuentra su mayor utilidad práctica en el análisis de tránsito local.

El método más complejo para sintetizar CMV se logra mediante la concepción del CMV como una secuencia de estados de velocidad (y en algunos casos de inclinación) cuya magnitud depende únicamente del valor de esta variable en el estado anterior, en lo que se conoce como "**proceso Markov**". Inicia con la discretización de las RMV muestreadas en categorías de velocidad y con el registro de la frecuencia en que se repiten los distintos cambios de velocidad

I (2015 Galgamuwua-Perera-Bandara)

II (2015 Galgamuwua-Perera-Bandara)

de un estado al siguiente en la nombrada "matriz de probabilidad de transición" (*Transition Probability Matrix*, TPM). De esta matriz, y con la restricción inicial de una longitud deseada para el CMV resultante, el método numérico usa una selección aleatoria de los estados futuros posibles para construir el estado siguiente con la información de un estado inicial, y el proceso se repite hasta completar la restricción. Para terminar, se evalúan los parámetros particulares del ciclo resultante con los parámetros generales de la población de RMV muestreadas, y éste se determina válido si la desviación entre ellos es menor que la tolerancia establecida. Este método genera CMV adecuados para el AEC y para el análisis de rendimiento vehicular pero tiene la desventaja de requerir una gran cantidad de RMV con los datos suficientes para generar las probabilidades en la TPM^I.

En este trabajo se explora la implementación de la técnica que genera CMV mediante la **concatenación de microviajes** en un procedimiento numérico cuyo funcionamiento se explica en el tema siguiente.

VALIDACIÓN

Para garantizar la representatividad del CMV creado respecto a la RMV que lo originó, la técnica más empleada es una comparación de algunos de sus parámetros probabilísticos, como los que muestra la tabla 3.3^{II}.

Adicional a la comparación directa del valor de la variable probabilística del CMV y de aquella propia de la RMV, se ha aplicado también una ponderación que asigna una importancia a cada variable y la suma de los valores ponderados resulta en un "valor de desempeño" (*performance value*)^{III} del CMV.

Para la evaluación de los CMV de la UNICE se propone en este trabajo un **factor adimensional** que describe la irregularidad del desplazamiento en un microviaje y que puede usarse para comparar la irregularidad de la RMV y del CMV obtenido.

I (2015 Galgamuwua-Perera-Bandara)

II (2015 Galgamuwua-Perera-Bandara)

III (2015 Galgamuwua-Perera-Bandara)

Tabla 3.3: Parámetros probabilísticos calculados de las variables implicadas en un CMV.

| magnitud calculada | variable estadística |
|------------------------------|---|
| valor mínimo o máximo | velocidad · aceleración · deceleración · ritmo de aceleración · |
| proporción | periodo estático · periodo con aceleración · periodo con deceleración · periodo con traslado · |
| valor medio | velocidad · aceleración · deceleración · distancia recorrida · |
| desviación normal | velocidad · aceleración · |
| otras | aceleración efectiva (RMS) · energía cinética con aceleración positiva · distribución de frecuencia de aceleración · |

3.5 MÉTODO DE SÍNTESIS

Ya con el conocimiento de algunos aspectos del tránsito vehicular, el AEC y las técnicas que se han usado para construir CMV, es posible implementar una selección de ellas en un método de síntesis y evaluar su resultado con las RMV muestreadas en un trabajo previo de los colegas de la UNICE. Aquí está la **descripción del método creado** y del procedimiento sintetizador que generó los resultados que se presentan en el capítulo siguiente.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES

Con el enfoque de crear un CMV representativo de cada categoría de vehículo (camión, autobús, automóvil y ciclomotor), en los 3 regímenes de tránsito (extraurbano, urbano e intraurbano) y destinado al AEC de la ZMVM, se encontró posible conseguirlo siguiendo esta secuencia con 7 tareas (que incluyen las particularidades que se usaron en este trabajo):

1. Se considera como referencia geográfica la cuenca hidrográfica (Cuenca de México) que contiene completamente a la zona urbana del estudio (Zona Metropolitana del Valle de México), y se establece como "**región de estudio**" el territorio de los gobiernos municipales que la abarcan.
2. Con el análisis de la geometría y uso de las autovías en la "región de estudio", se caracterizan los "**regímenes de tránsito**" que ocurren y se seleccionan los que serán considerados (extraurbano, urbano e intraurbano).
3. Se crea un "**conjunto muestral representativo**" con la información del parque vehicular de la categoría estudiada.
4. Se convoca la participación de **conductores voluntarios** que transiten en la "región de estudio", en las autovías requeridas y con los vehículos señalados en el "conjunto muestral", y se les da instrucción del manejo y funcionamiento del sistema de muestreo (SEMAV).
5. Se recopilan los **datos de RMV** ("tiempo", "velocidad" y "altitud") en registros informáticos CSV adecuados para el procedimiento sintetizador.

6. Se aplica el **procedimiento sintetizador** (procedimiento SCE) a los datos de RMV.
7. Se valida el CMV resultante mediante la **comparación** de ambos según un criterio predefinido ("factor de irregularidad de tránsito").

Hasta aquí ya se tienen definidos los criterios para realizar las primeras 5 actividades; se describe ahora un **último concepto** que permite clasificar y ordenar la información de la RMV para sintetizarla en un CMV representativo.

FACTOR DE IRREGULARIDAD DE TRÁNSITO

Hacer la síntesis de los datos de RMV empleando el manejo de microviajes se consideró la técnica más adecuada en este trabajo por 4 razones:

1. Seccionar una RMV en microviajes no omite la **información** más valiosa para el AEC, que es todo periodo de "aceleración" o "deceleración".
2. El **tamaño del conjunto muestral** para una síntesis con microviajes sólo influye en la representatividad del CMV resultante pero no dificulta el trabajo del procedimiento sintetizador (como sí ocurre con el "proceso Markov").
3. Es posible clasificar en un "catálogo de microviajes" aquellos de la RMV según algún **descriptor geométrico** particular, que también puede usarse para evaluar la RMV completa y así conocer su valor medio (que puede ser el más representativo).
4. Crear un CMV concatenando los microviajes completos más representativos de la RMV garantiza que este CMV estará compuesto por microviajes hechos por un **vehículo real** (no artificiales como los creados por un "proceso Markov"), y por ello reproducibles en el ensayo en dinamómetro.

Debe definirse entonces el descriptor geométrico que permita caracterizar los microviajes de la RMV para ordenarlos desde el más representativo y así poder construir un catálogo que el procedimiento use para construir el CMV final. Se propone aquí una definición para este descriptor, nombrado desde ahora "factor de irregularidad de tránsito" (**FIT**).

Tiene la mayor importancia para un AEC poder evaluar si en un desplazamiento del vehículo se emite mucha o poca cantidad de gases contaminantes. Una emisión mayor se produce ante alguna de estas condiciones habituales:

1. El operador intenta una **aceleración vehicular grande** con el vehículo en equilibrio estático (detenido) o dinámico (con velocidad constante).
2. El operador intenta mantener el vehículo en equilibrio dinámico cuando entra a una **subida**.
3. El operador mantiene su **ritmo de tránsito** después de añadir carga o pasajeros al vehículo.

En todas estas condiciones, la intención del operador del vehículo se efectúa con **mayor presión en el pedal de aceleración**, lo que provoca mayor alimentación de combustible al motor (indirectamente en el caso del MCIP, y como resultado directo en el MCIE) durante el periodo transitorio en que la energía liberada en la combustión progresivamente logra igualar a la energía que consume el estado de movimiento que requiere el operador. A este aumento de combustible suministrado se añade un excedente instantáneo que hace la UCM, en el que se genera una mezcla rica (con mayor proporción combustible-aire que la estequiométrica) y se aumenta la emisión de hidrocarburos inquemados, hasta que sus sensores reciben la información de retroalimentación suficiente para que ajuste la inyección de combustible a la demanda del operador algunos ciclos después del inicio de la aceleración. Es por esto evidente que:

En los segmentos de microviaje con aceleración positiva ocurre la mayor emisión de gases contaminantes.

De la revisión de numerosos microviajes de RMV se notaron varios **casos** que fundamentan la definición que se propone aquí para el FIT. Primero, es posible crear intervalos de "velocidad media de microviaje" que los separan claramente según su régimen, y hacen comparables entre sí a los microviajes de un mismo régimen. Segundo, existen microviajes con muchos eventos de aceleración positiva y otros con pocos o 1 solo evento. Tercero, la "duración de microviaje" tiene mucha variabilidad y esto influye en la cantidad de segmentos con aceleración positiva que el microviaje puede contener.

Estas observaciones muestran que un primer **elemento** del FIT puede ser un cociente que adimensionaliza la suma de todos los incrementos de velocidad en segmentos con aceleración positiva (AP) mediante su división entre la velocidad media del microviaje, para que el régimen al que pertenezca éste no influya en el valor final del factor; debe agregarse a éste un segundo cociente que adimensionaliza el periodo total de los segmentos con aceleración positiva mediante su división entre el periodo total del microviaje (como se ilustra en la figura 3.10), para que la duración de éste no sobreestime la ganancia total de velocidad con aceleración positiva.

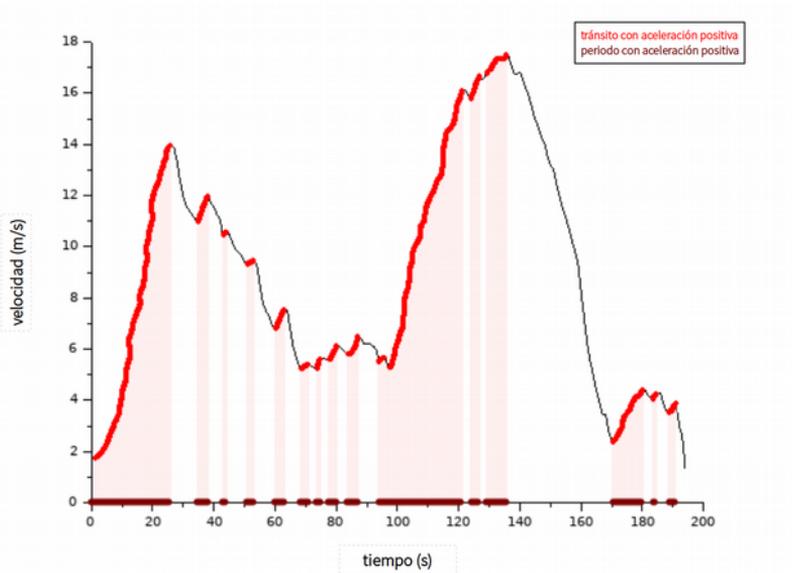


Figura 3.10: Microviaje urbano que ilustra la proporción del periodo AP respecto al total.

El resultado es un factor adimensional (Expresión 3.8) compuesto por el producto de 2 cocientes, uno que adimensionaliza la variable "velocidad", y el otro que adimensionaliza la variable "tiempo", y ambos describen ya toda la información que contiene la "curva de velocidad" del microviaje. Este factor geométrico permite entonces caracterizar la "**irregularidad**" del tránsito (la cantidad y amplitud de variaciones de velocidad) en un microviaje para hacerla comparable con otros que pertenecen al mismo régimen, al calcular el FIT de todos aquellos en los 3 regímenes de la RMV y ordenarlos según la diferencia de su valor con el valor medio de su régimen.

$$c_{MV} = \frac{\sum [\Delta_{(+)}[\dot{s}]]}{\bar{s}_{MV}} \frac{\pi_{s+}}{\pi_{MV}} \quad : \text{FIT aplicado a un microviaje} \quad (\text{E. 3.8})$$

donde:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sum [\Delta_{(+)}[\dot{s}]] < \frac{m}{s} > & : \text{ganancia total de velocidad} \quad (\text{E. 3.9}) \\ \dot{s} < \frac{m}{s} > & : \text{velocidad vehicular} \quad (\text{E. 3.10}) \\ \bar{s}_{MV} < \frac{m}{s} > & : \text{velocidad media del microviaje} \quad (\text{E. 3.11}) \\ \pi_{s+} < s > & : \text{periodo de aceleración positiva} \quad (\text{E. 3.12}) \\ \pi_{MV} < s > & : \text{periodo del microviaje} \quad (\text{E. 3.13}) \end{array} \right.$$

También es posible usar su definición para calcular el valor medio de este factor pero con toda la información de una RMV original e incluso con la del CMV creado, lo que permitiría comparar ambos valores y determinar la "representatividad" del CMV según la similaridad que tenga su "irregularidad media" con aquella de la RMV. Se entiende entonces que, si en la comparación del FIT del CMV y de la RMV su diferencia es muy grande, es posible encontrar un CMV más representativo mediante 2 mecanismos:

1. Puede aumentarse la **cantidad de microviajes** usados para crear el CMV, intentando integrar a él más variedad de información, que en el cálculo global de su FIT podría aproximarlos más al valor medio de la RMV (con la desventaja de prolongar la duración de un ensayo con el CMV).
2. Puede cambiarse el **inicio de la selección de microviaje** en los catálogos a la segunda o cualquier otra posición porque con esto se aumenta la desviación del FIT de los microviajes seleccionados y se podría aproximar el FIT global del CMV al valor medio de la RMV (sin la desventaja del mecanismo anterior).

Con todo lo anterior ya definido, se requieren ahora los **datos** que analizará el procedimiento numérico.

MUESTREO

Como parte de un trabajo realizado por colegas de licenciatura, se logró hacer el muestreo de RMV con un **automóvil sedán** en calles, avenidas y carreteras de los 4 rumbos de la ZMVM, durante 3 días de Octubre del año 2018. Para esto:

1. Durante 4 días se alquiló un "2015 *Volkswagen Jetta*" equipado con un MCIP y engranaje automático, alimentado con gasolina "PEMEX Premium".
2. Se establecieron 4 circuitos de muestreo que incluyen tránsito en **carretera** (durante casi 2 horas), en **avenida** y en **calle** (durante otras casi 2 horas).
3. El primer día, los 2 conductores transitaron en rutas conocidas para adaptar su estilo de manejo a los controles del vehículo. El segundo día se transitó en el rumbo **Sur**, entre la Universidad Autónoma de México (UAM) plantel "Iztapalapa" y el pueblo Tepeji del Río, y después se transitó en el rumbo **Poniente**, entre la Ciudad Universitaria (CU) y la ciudad Pachuca. El tercer día se transitó en el rumbo **Oriente**, entre la Facultad de Estudios Superiores (FES) plantel "Aragón" y la ciudad Toluca, y en el último día se transitó en el rumbo **Norte**, entre la FES plantel "Iztacala" y la ciudad Amecameca (*Amaquemehcan*).

El SEMAV registró los datos "velocidad vehicular" y "altitud" (entre otros) en **7 registros CSV**: 1 del rumbo Oriente, 2 de Norte, 2 de Poniente y 2 de Sur. Estos datos se consideraron suficientes para el desarrollo del método de síntesis y el procedimiento numérico, pero no representativos de la región.

ACONDICIONAMIENTO

Se decidió almacenar todos los datos de cada día de muestreo en una **planilla ODS** para facilitar su manipulación en cálculos numéricos y para asegurar su compatibilidad y preservación en los sistemas informáticos actuales y venideros. La primera hoja de esta planilla contiene una réplica exacta de los datos originales; en la segunda se recopilaron los datos de geolocalización para generar con ellos un registro GPX con la ruta del tránsito; en la tercera se recopiló el "tiempo", la "velocidad vehicular", la "altitud" y con ésta se calculó el "cabeceo vial"; la última hoja tiene sólo las 3 columnas que sirven para crear el registro CSV definitivo de la RMV.

Ya con todos estos registros reunidos, se diseñó un **esquema de directorios** para organizarlos según su fecha de muestreo, región y vehículo (no se incluyó como criterio el régimen porque las investigaciones de la UNICE consideran importantes los 3 tipos definidos en el esquema conceptual de este trabajo). En la figura 3.11 puede verse un ejemplar de esta organización con los registros que contiene.

Por la utilidad que podrían encontrar estos datos en investigaciones del tránsito, las emisiones contaminantes o el rendimiento vehicular, ya se trabajan los arreglos necesarios para aprovechar este ordenamiento en la publicación de un "**inventario de rutinas de manejo**" del que pueda acrecentarse su acervo con los datos de muestreos posteriores.

SÍNTESIS

Con experiencia previa en el manejo del sistema de análisis numérico *Scilab*, se consideró adecuado implementar el procedimiento sintetizador de CMV, cuyo algoritmo se muestra en la figura 3.12, en un registro SCE con **programación Scilab** (esta decisión también se justifica con los deseos de compatibilidad y preservación que se pensaron para las planillas ODS).

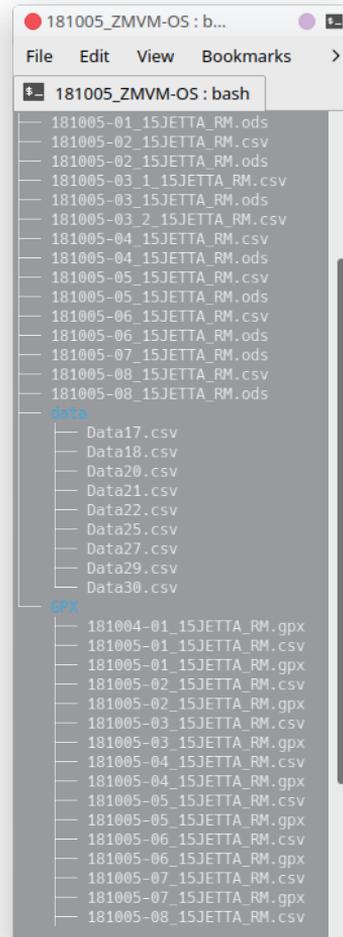


Figura 3.11: Esquema ejemplo de directorios con RMV.

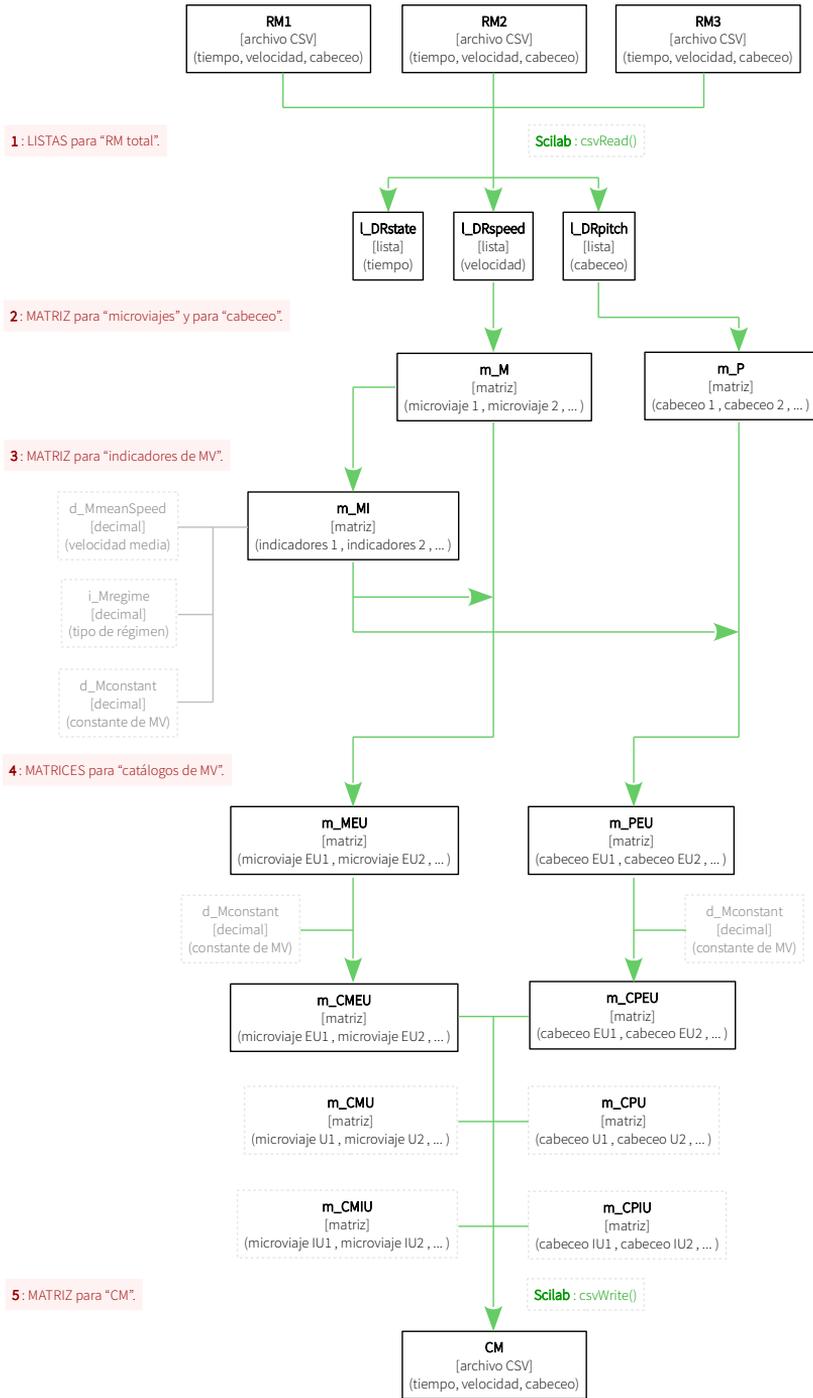


Figura 3.12: Diagrama de flujo del procedimiento sintetizador de CMV.

Los resultados que genera el procedimiento lo dividen en 5 etapas:

1. **Rutina de manejo total.** Se enlista el nombre de todos los registros CSV presentes en el directorio de trabajo, y de ellos se concatenan los datos de "estado temporal", "velocidad" y "cabeceo" en 3 listas internas.
2. **Microviajes y cabeceo.** De la lista con datos "velocidad" se recolecta cada microviaje presente en forma de lista, y el conjunto de todas forma una matriz de microviajes; simultáneamente se genera otra matriz pero con los datos "cabeceo" correspondientes a estos microviajes.
3. **Indicadores de microviaje.** De la matriz de microviajes se calculan 6 indicadores: "periodo total", "velocidad media", "régimen", "periodo con aceleración positiva", "ganancia total de velocidad" y "FIT de MV". Estos 6 forman una lista para cada microviaje y todas las listas forman la matriz de indicadores de microviaje.
4. **Catálogos de microviaje.** En una matriz intermedia se inserta, como primer elemento de cada lista, la diferencia del FIT particular del microviaje actual y del FIT promedio de todo su régimen, y en el resto se guardan los valores "velocidad" del microviaje. Después, una función de *Scilab* ordena las listas desde la menor diferencia hasta la mayor y forma con este nuevo ordenamiento los 3 catálogos de microviaje y los 3 catálogos de cabeceo.
5. **Ciclo de manejo final.** Finalmente, se establece una cantidad de microviajes EU requeridos, se calcula la proporción de tiempo que en la RMV ocupan los 3 regímenes y los periodos con velocidad nula, y se calculan los periodos proporcionales que dividen al CMV con los microviajes EU definidos; el CMV final se forma concatenando los microviajes EU, U e IU necesarios para ocupar los periodos proporcionales (desde el más representativo según el ordenamiento que tienen los catálogos) e intercalando periodos con velocidad nula que en su conjunto ocupan su periodo correspondiente.

Estas 5 etapas de síntesis se complementan en el sistema de análisis numérico con **indicaciones** del valor de variables significativas como son los periodos, la cantidad de etapas y microviajes, y gráficas de la RMV concatenada y del CMV sintetizado; todas ellas se muestran en la consola de la ventana principal de *Scilab* (como puede verse en las figuras 3.13 y 3.14).

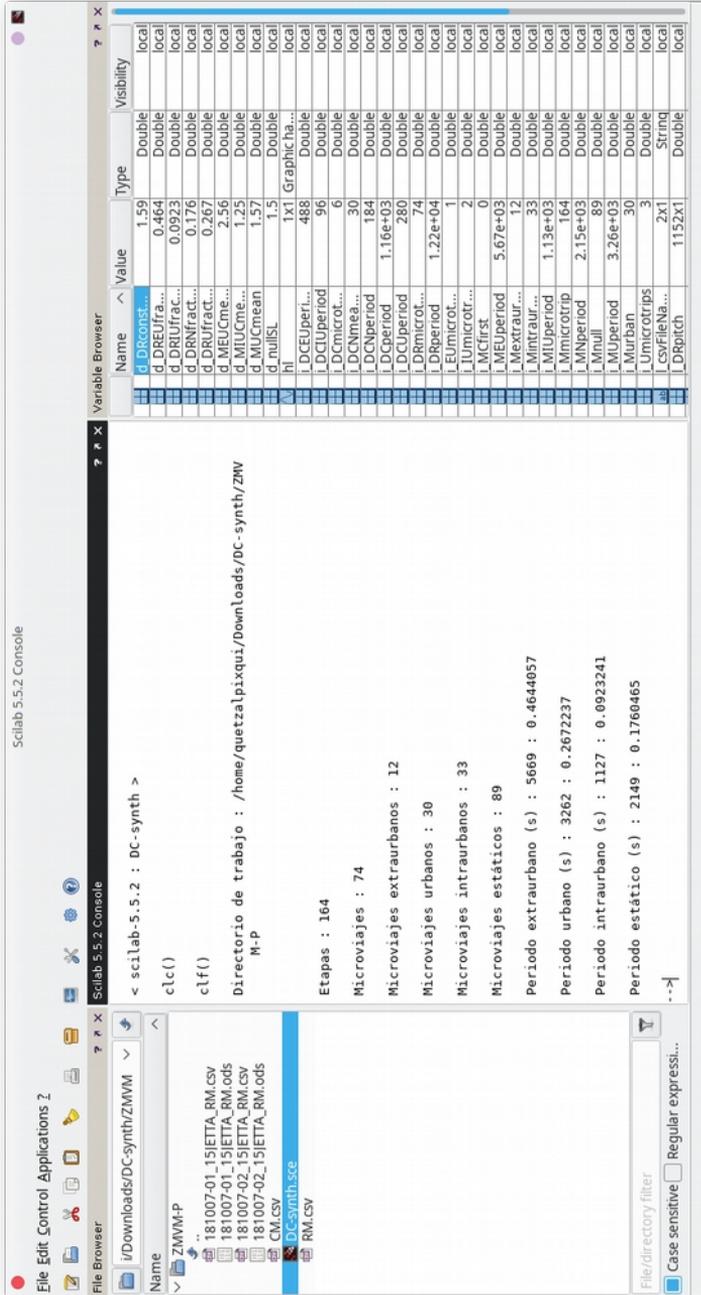


Figura 3.13: Espacio de trabajo de *Scilab* durante la síntesis de un CMV.

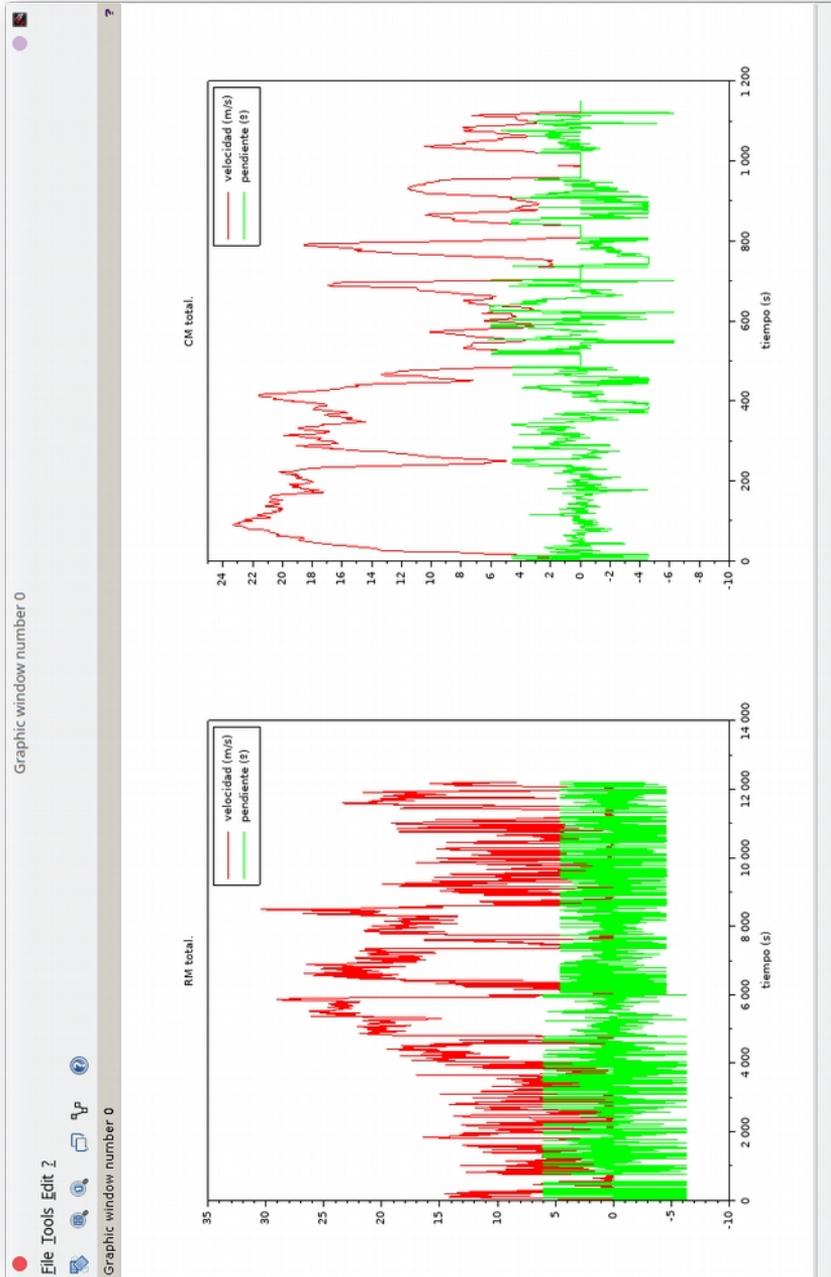


Figura 3.14: Gráficas que presenta el sintetizador numérico al usuario.

Una ventana auxiliar que contiene la gráfica de la **RMV total** y la gráfica del **CMV resultante** aparece cuando la síntesis está completa. Ambas gráficas muestran la curva de velocidad vehicular con color rojo y la curva de inclinación del camino con color verde.

Para conocer con más detalle las operaciones que realiza el procedimiento numérico se incluyó en el apéndice C el **algoritmo implementado y comentado** con programación *Scilab*.

VALIDACIÓN

Finalmente, para comprobar la representatividad del CMV creado por el procedimiento numérico se decidió usar en los resultados de este trabajo el análisis de la **irregularidad del tránsito vehicular**, que es posible hacer aplicando la definición del FIT a la totalidad de la RMV original y al CMV resultante. Esto se hizo siguiendo la suposición de que esta variable es la que da mejor indicación de las condiciones de tránsito que propician una mayor emisión de gases de combustión y entonces, para obtener datos representativos en el AEC con el CMV creado, el valor de su factor adimensional debe ser lo más cercano al valor del FIT de la RMV original. En el capítulo siguiente se muestran los resultados de esta evaluación para el CMV que se sintetizó.

4 RESULTADOS

Este capítulo muestra los resultados significativos que se obtuvieron en la aplicación del método de síntesis de CMV.

| | | |
|------------|-------------------------------------|-----------|
| 4.1 | MUESTREO | 90 |
| | DISTRIBUCIÓN DE MICROVIAJES | 90 |
| | VELOCIDAD MEDIA | 91 |
| 4.2 | CLASIFICACIÓN DE MICROVIAJES | 93 |
| 4.3 | PROCEDIMIENTO SINTETIZADOR | 95 |
| 4.4 | 5 CICLOS CREADOS | 95 |

4.1 MUESTREO

Los 7 registros CSV que se generaron con la información del muestreo contienen una **RMV total** con la duración de 49 590 <s> (que son 13 horas, 46 minutos y 30 segundos), que abarca 1 vehículo de los 28 que forman al "conjunto muestral", en los 3 regímenes de tránsito y en los 4 rumbos de la ZMVM. Adelante se muestran los resultados obtenidos con estos datos.

DISTRIBUCIÓN DE MICROVIAJES

En la tabla 4.1 se presentan los resultados del conteo de microviajes en cada RMV y su distribución entre los 3 regímenes.

Tabla 4.1: Conteo de microviajes en las 4 rutinas del muestreo.

| planteles | | FES Aragón | FES Iztacala | Ciudad Universitaria | UAM Iztapalapa |
|--------------------------|-----------------------------|------------|--------------|----------------------|----------------|
| rumbos | | O | N | P | S |
| traslado <m> | x | 164851 | 166102 | 154907 | 80823 |
| microviajes extraurbanos | N_{EU} | 13 | 17 | 15 | 5 |
| microviajes urbanos | N_U | 29 | 34 | 43 | 8 |
| microviajes intraurbanos | N_{IU} | 61 | 38 | 112 | 34 |
| microviajes | $N = N_{EU} + N_U + N_{IU}$ | 103 | 89 | 170 | 47 |
| frecuencia <MV/km> | $f_{MV} = (N) (1000 / x)$ | 0.62 | 0.54 | 1.10 | 0.58 |
| fracción extraurbana | $X_{EU} = N_{EU} / N$ | 0.13 | 0.19 | 0.09 | 0.11 |
| fracción urbana | $X_U = N_U / N$ | 0.28 | 0.38 | 0.25 | 0.17 |
| fracción intraurbana | $X_{IU} = N_{IU} / N$ | 0.59 | 0.43 | 0.66 | 0.72 |

VELOCIDAD MEDIA

En la tabla 4.2 se muestran los intervalos de velocidad media que pueden usarse para caracterizar a cada régimen (calculados con la velocidad media de todos los microviajes en cada régimen de cada RMV) y la velocidad media de todos los microviajes extraurbanos de las 4 rutinas para ejemplificar el cálculo.

Con esta referencia, se identificaron intervalos de velocidad media, que resultaron tener correspondencia con el esquema de regímenes descrito en la tabla 3.2, y se establecieron en el sintetizador como criterio para categorizar microviajes:

1. Al **régimen extraurbano** corresponden microviajes con velocidad media mayor que 10.32 <m/s>, que es el valor intermedio entre la velocidad media mínima extraurbana encontrada (10.41) y la velocidad media máxima urbana encontrada (10.23).
2. Al **régimen urbano** corresponden microviajes con velocidad media menor que 10.32 <m/s> y mayor que 5.665 <m/s>, que es el valor intermedio entre la velocidad media mínima urbana encontrada (5.68) y la velocidad media máxima intraurbana encontrada (5.65).
3. Al **régimen intraurbano** corresponden microviajes con velocidad media menor que 5.665 <m/s>.

Los intervalos de velocidad media que se alcanzaron en los 4 rumbos del muestreo son aproximadamente de **3 a 20 <km/h>** para el tránsito intraurbano, de **20 a 37 <km/h>** para el tránsito urbano, y de **37 a 87 <km/h>** para el tránsito extraurbano.

Estos intervalos de velocidad son usados en la creación de una matriz que recolecta los “indicadores de microviaje” de todos los microviajes de la RMV. Esta tercera etapa del procedimiento también cuenta los periodos absolutos y fracciones temporales que duraron los 3 regímenes y los microviajes sin desplazamiento vehicular.

Tabla 4.2: Intervalos de la velocidad media (medible con metros en segundo) de los microviajes asignados a cada regimen.

| | O | N | P | S |
|-----------|--------------|-------------|-------|-------|
| EU | 13.01 | 16.70 | 11.70 | 13.89 |
| | 10.50 | 18.77 | 13.72 | 11.01 |
| | 13.75 | 13.39 | 12.92 | 16.07 |
| | 12.12 | 11.20 | 16.41 | 21.46 |
| | 10.98 | 12.23 | 23.93 | 17.08 |
| | 15.95 | 16.37 | 12.22 | |
| | 23.55 | 11.38 | 11.66 | |
| | 24.42 | 12.31 | 12.14 | |
| | 20.34 | 11.31 | 13.38 | |
| | 20.17 | 13.74 | 11.39 | |
| | 14.59 | 12.64 | 10.74 | |
| | 10.41 | 12.23 | 21.07 | |
| | 11.50 | 10.69 | 14.37 | |
| | | 11.24 | 11.24 | |
| | | 13.83 | 10.77 | |
| | 20.55 | | | |
| | 13.31 | | | |
| VM mínima | 10.41 | 10.69 | 10.74 | 11.01 |
| VM máxima | 24.42 | 20.55 | 23.93 | 21.46 |
| U | | | | |
| VM mínima | 5.68 | 5.94 | 5.72 | 6.09 |
| VM máxima | 10.23 | 9.99 | 10.03 | 9.32 |
| IU | | | | |
| VM mínima | 1.01 | 1.06 | 1.05 | 1.03 |
| VM máxima | 5.53 | 5.65 | 5.49 | 5.04 |

4.2 CLASIFICACIÓN DE MICROVIAJES

El cálculo continúa con la creación de “catálogos” de microviajes ordenados según la desviación de su FIT respecto al FIT promedio del régimen al que pertenecen. De recolectar la curva de todos los microviajes de la RMV y agruparlos según su régimen, se logró asociar el **valor numérico de su FIT** con su forma, que puede verse en la figura 4.1. Sin detallar sus valores numéricos es posible apreciar que los microviajes con factor mayor (primera columna) tienen una forma más irregular (con mayor cantidad y amplitud de aceleraciones y deceleraciones) que aquellos con factor menor (tercera columna), que parecen la representación ideal (más eficiente) de tránsito vehicular por su cambio gradual de velocidad.

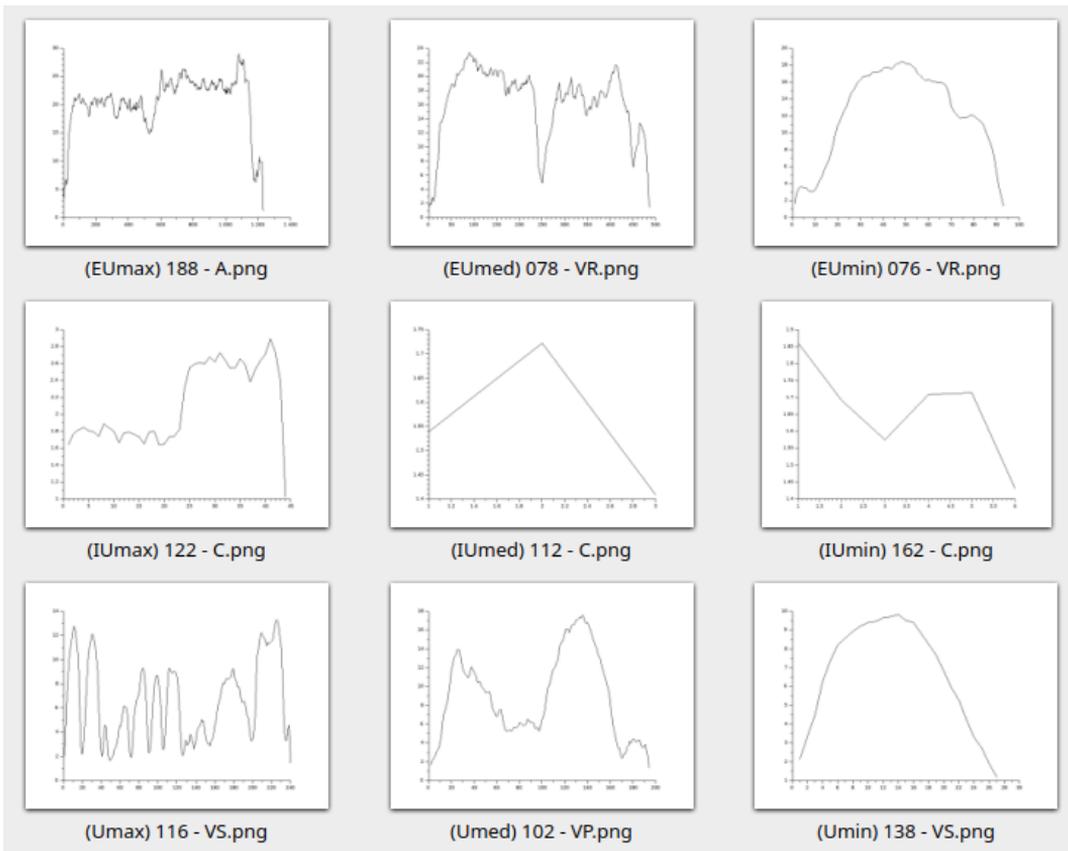


Figura 4.1: Muestra de los casos límite de microviajes en los 3 regímenes de la RMV total.

Cuando se calculó el **FIT promedio** para cada uno de los 3 regímenes, los microviajes cuyo FIT particular tenía la menor desviación (columna intermedia de la figura 4.1) se consideraron los más representativos de su población original, por lo que se propuso ordenar los microviajes desde aquél con mayor representatividad hasta el menos representativo. En la figura 4.2 puede verse una serie de microviajes del régimen extraurbano, en la que el primero tiene un FIT con la menor desviación respecto del FIT promedio y el último tiene un FIT con la mayor desviación.

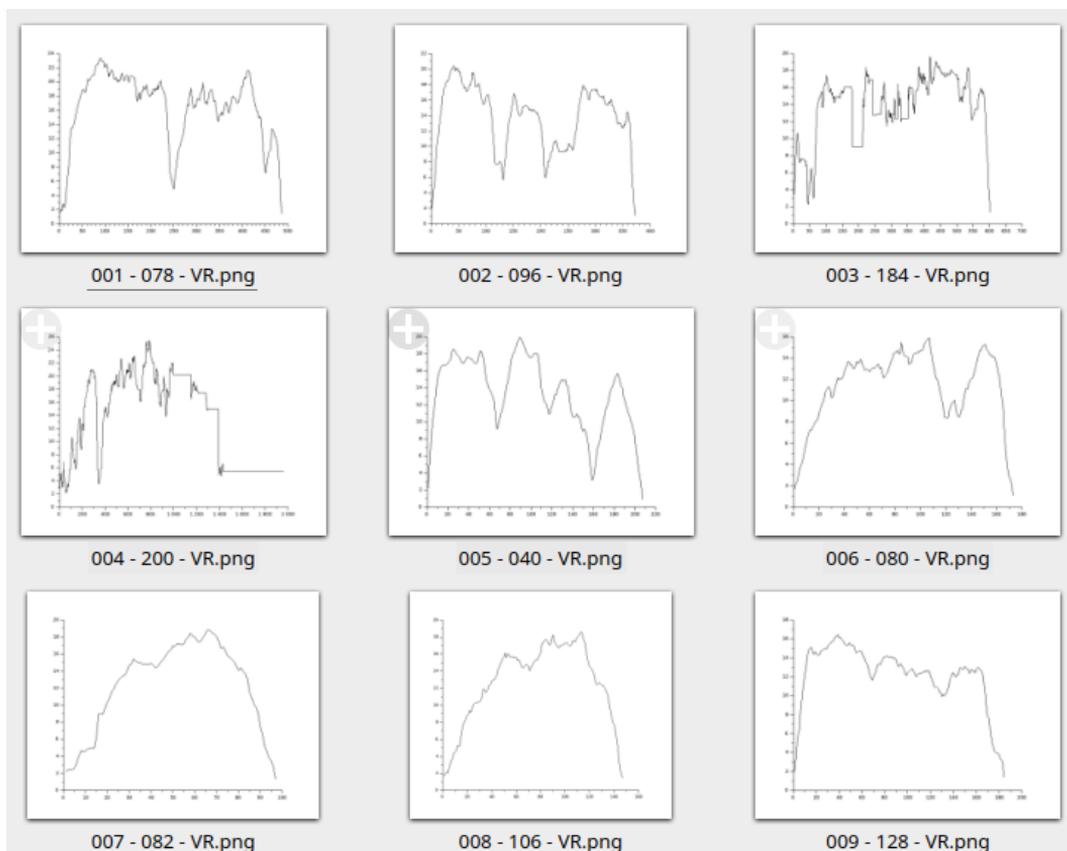


Figura 4.2: Muestra de microviajes extraurbanos ordenados según su "factor de irregularidad de tránsito".

Debe notarse que la diferencia entre FIT promedio y FIT particular del microviaje indica la representatividad que tiene este microviaje de su población total; mayor desviación se presenta en microviajes con factor menor (tránsito más regular) y también en microviajes con factor mayor (tránsito más irregular) que el promedio.

4.3 PROCEDIMIENTO SINTETIZADOR

El procedimiento termina con el cálculo de periodos proporcionales que los microviajes de los 3 regímenes deben completar para formar el CMV final y la selección de los microviajes necesarios obtenibles de los catálogos ordenados. El algoritmo para sintetizar CMV (descrito en el capítulo 3) se implementó con instrucciones de programación *Scilab* en un **procedimiento SCE** que alcanzó la longitud de 1 313 líneas y ocupa el espacio digital de 58 <KiB>. El contenido completo de este procedimiento puede consultarse en el apéndice C.

4.4 5 CICLOS CREADOS

El **primer CMV obtenido** se creó con los datos de los 7 registros CSV del muestreo preliminar (visible en la figura 4.3) y con el procedimiento configurado para usar los primeros microviajes en los catálogos, en un periodo total proporcional a usar 1 microviaje EU. Las curvas de velocidad vehicular y cabeceo vial que lo componen pueden verse en la figura 4.4.

Sin una restricción que determine el orden para los regímenes del CMV resultante (como se explicó en los fundamentos del sistema de refrigeración), el algoritmo inicia la concatenación con el régimen EU porque esto facilita duplicar el primer microviaje del CMV para adaptarlo a un “AEC con arranque frío”.

Justo después de obtener este resultado se resolvió que la **validación** más inmediata que podía hacerse respecto a su RMV original era calcular el error relativo entre su FIT promedio y el de la RMV, que resultó ser 0.14, un valor aceptable para el límite ingenieril 0.15.

Con la idea de poder conseguir ciclos con **menor error relativo**, se reconfiguró el procedimiento para ahora crearlos usando 2 y luego 3 microviajes EU. El razonamiento para esto es que usar más microviajes EU incrementa el periodo total del CMV y con ello la probabilidad de que los microviajes adicionales de otros regímenes contengan información que mejore el resultado global. Ambos resultados se muestran en las figuras 4.5 y 4.6.

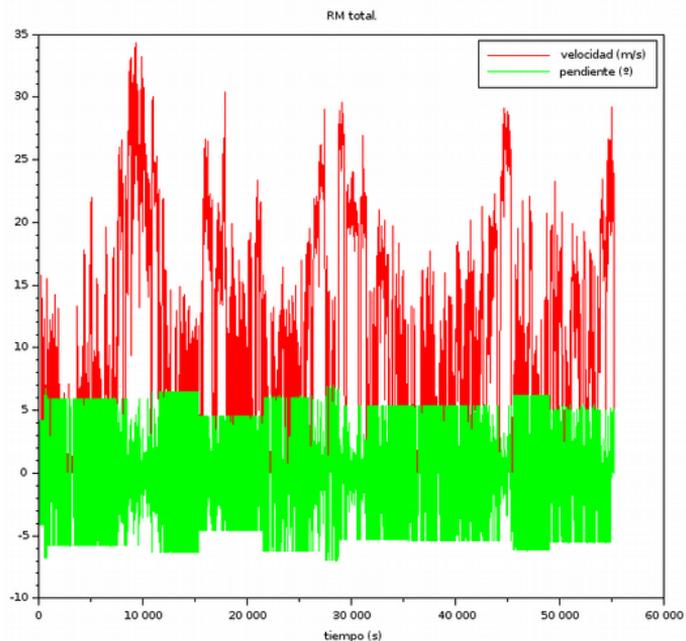


Figura 4.3: Curva de velocidad (roja) y de cabeceo (verde) de la RMV total.

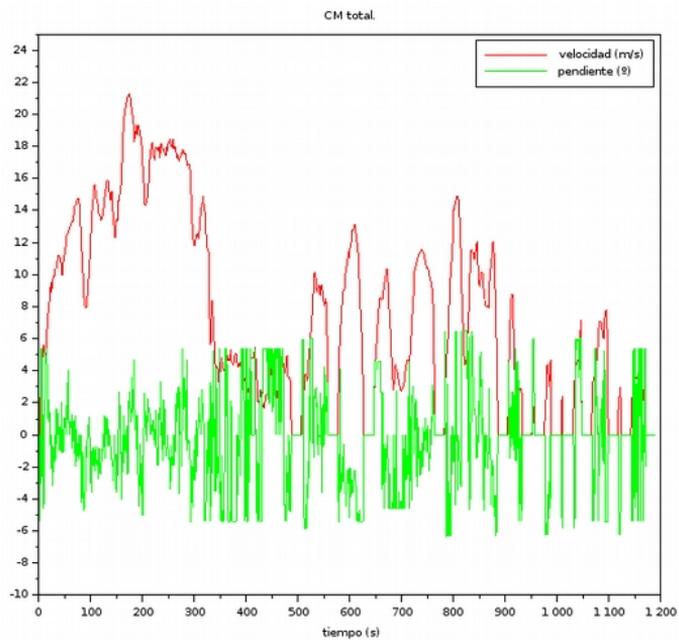


Figura 4.4: Primer CMV creado.

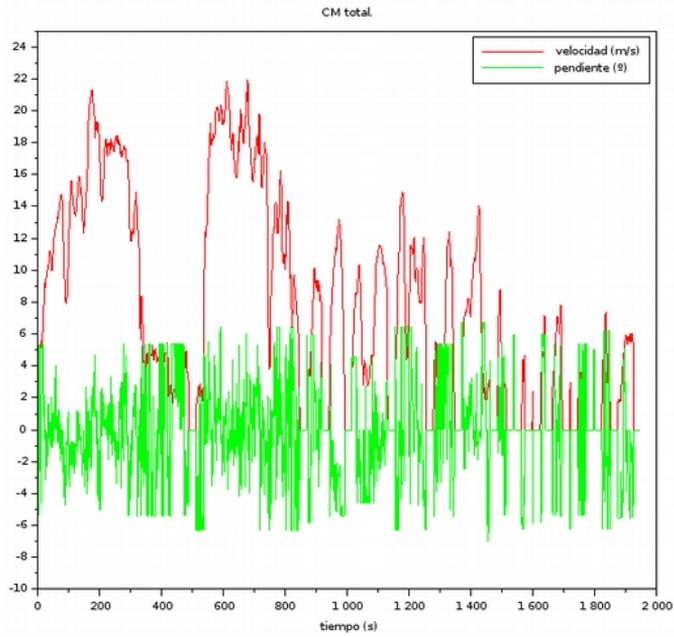


Figura 4.5: CMV creado con 2 microviajes EU.

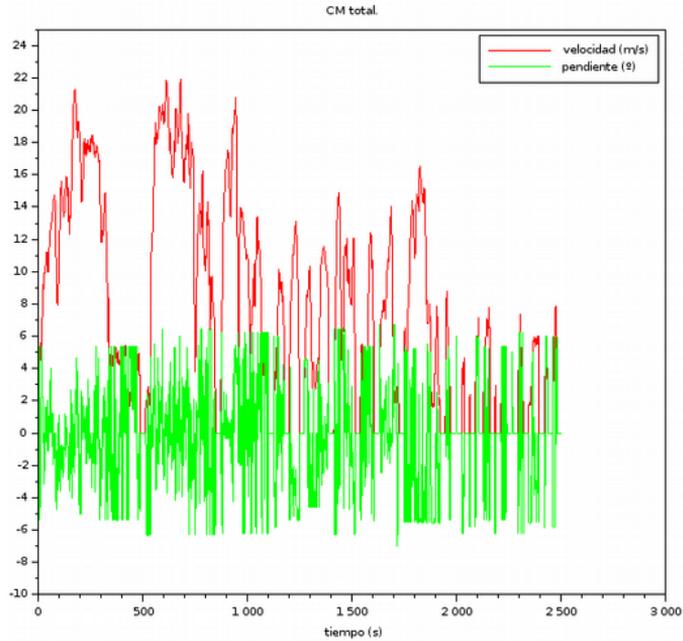


Figura 4.6: CMV creado con 3 microviajes EU.

Esto resultó en un CMV con error relativo 0.06 y el otro con 0.03, por lo que éste último puede considerarse **el más representativo** de la RMV original. Un problema inherente a esta solución es la posibilidad de que aún usando más microviajes para construir el CMV, éstos agreguen ruido y empeoren el resultado global, por lo que queda en espera de estudio el algoritmo para optimizar esta cuestión.

Otro resultado adverso fue el **incremento del periodo** del CMV, que para el equipo evaluador de vehículos supone un mayor consumo de tiempo y recursos para los ensayos en dinamómetro. Para evitar esto se ideó dotar al procedimiento numérico de una configuración que permitiera seleccionar si se crea el CMV con los primeros mejores microviajes, los segundos o los siguientes. La suposición para hacerlo es que avanzar el punto de inicio en los catálogos de microviaje hace al procedimiento incluir en el CMV microviajes con FIT mayor y menor que el FIT global (porque hacia el final aumenta su diferencia respecto a éste), por lo que cambia la posibilidad de encontrar un CMV con menor error relativo.

En las figuras 4.7 y 4.8 se muestran los CMV obtenidos usando 1 microviaje EU pero con los segundos mejores microviajes en los catálogos, y luego con los terceros mejores, lo que resultó en errores relativos 0.08 y 0.11, lo que demuestra que esta técnica también deja la oportunidad para encontrar un **algoritmo de optimización**.

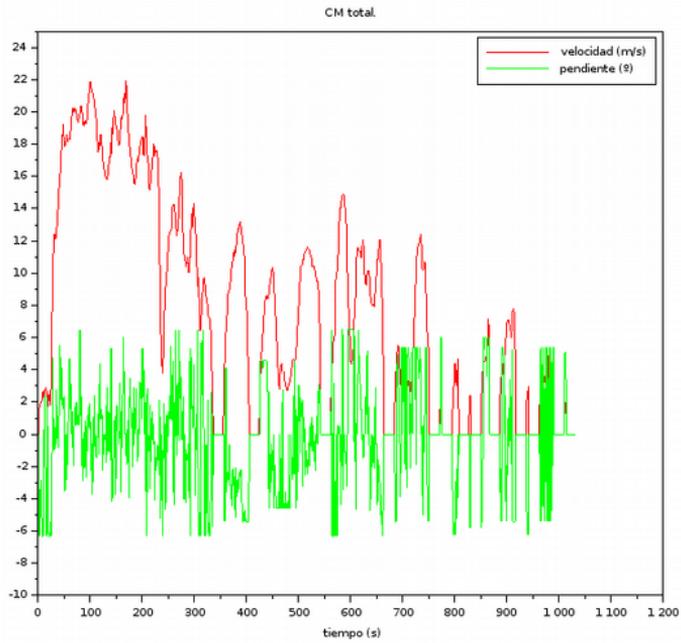


Figura 4.7: CMV creado con los segundos microviajes en catálogo.

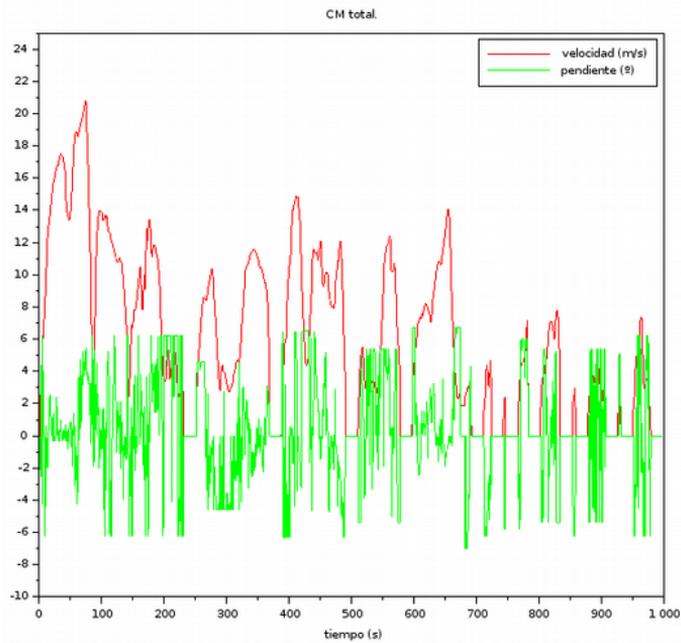


Figura 4.8: CMV creado con los terceros microviajes en catálogo.

5 DISCUSIÓN

| | | |
|------------|-------------------------------|------------|
| 5.1 | ANÁLISIS DE RESULTADOS | 102 |
| | MICROVIAJES CICLOS CREADOS | |
| 5.2 | CONCLUSIONES | 104 |
| 5.3 | TRABAJOS FUTUROS | 105 |

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Por lo reducido del grupo muestral vehicular y la cantidad de viajes que componen a la RMV total, no se buscó representatividad para la ZMVM en sus resultados, pero sí se encontraron detalles interesantes del tránsito registrado.

MICROVIAJES

De la **cantidad total de microviajes** se observa que los datos muestrales generaron más microviajes en la rutina Poniente (170) y menos en las rutinas Oriente (103), Norte (89) y Sur (47).

En el cálculo de la **frecuencia espacial media** de paradas en cada kilómetro de tránsito, la rutina Poniente presenta la mayor (1.10) y le siguen la rutina Oriente (0.62), la rutina Sur (0.58) y la rutina Norte (0.54). De estos resultados se deduce que:

El rumbo Poniente de la ZMVM presentó en el muestreo las condiciones de tránsito más irregulares.

En el cálculo de la **fracción de microviajes** para cada rumbo, el régimen IU es el más frecuente en todos y presenta su frecuencia máxima en la rutina Sur (0.72); el régimen EU es el menos frecuente y presenta su frecuencia mínima en la rutina Poniente (0.09). De estos resultados se deduce que:

El rumbo Sur de la ZMVM presentó en el muestreo la mayor cantidad de interrupciones durante el tránsito intraurbano.

CICLOS CREADOS

La tabla 5.1 muestra los periodos de la RMV y los CMV creados, las fracciones que ocupan los periodos de cada régimen en el periodo total, las fracciones que ocupan los microviajes de cada régimen en la cantidad total y los valores medios de su FIT global. Resaltados se muestran los valores de cada CMV creado que tienen más cercanía con los valores de la RMV original.

Tabla 5.1: Comparación de parámetros de los 5 CMV creados y la RMV original.

| | RM | CM_MV0-1EU | CM_MV0-2EU | CM_MV0-3EU | CM_MV1-1EU | CM_MV2-1EU |
|-------------------------------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| periodo <s> | | | | | | |
| π | 55200 | 1190 | 1950 | 2500 | 1030 | 997 |
| fracción de periodos | | | | | | |
| $\chi_{\pi} = \pi_{EU} / \pi$ | 0.43 | 0.40 | 0.42 | 0.42 | 0.32 | 0.23 |
| $\chi_{\pi} = \pi_U / \pi$ | 0.23 | 0.26 | 0.24 | 0.26 | 0.32 | 0.38 |
| $\chi_{\pi} = \pi_{IU} / \pi$ | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.12 |
| $\chi_{\pi} = \pi_{estático} / \pi$ | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 0.22 | 0.25 | 0.26 |
| microviajes | | | | | | |
| N_{MV} | 446 | 13 | 19 | 23 | 13 | 13 |
| fracción de microviajes | | | | | | |
| $\chi_N = N_{EU} / N_{MV}$ | 0.10 | 0.08 | 0.11 | 0.13 | 0.08 | 0.08 |
| $\chi_N = N_U / N_{MV}$ | 0.30 | 0.31 | 0.32 | 0.30 | 0.31 | 0.31 |
| $\chi_N = N_{IU} / N_{MV}$ | 0.60 | 0.62 | 0.58 | 0.57 | 0.62 | 0.62 |
| irregularidad media | | | | | | |
| c | 1.32 | 1.14 | 1.24 | 1.28 | 1.43 | 1.17 |
| error relativo | | | | | | |
| $\eta = 1 - c_{CM} / c_{RM}$ | | 0.14 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.11 |

El ciclo “CM_MV0-2EU” tiene la mayor cantidad de resultados cercanos, pero su periodo con 1 950 <s> es un aspecto mejorable. El ciclo “CM_MV0-3EU” tuvo finalmente el menor error relativo de todos (0.03) pero con la misma desventaja de tener un periodo grande (2 500 <s>). Si se considera importante el criterio de la brevedad, el ciclo “CM_MV1-1EU” es una gran mejora respecto al primer CMV creado con su error relativo 0.08 y su periodo 1 030 <s>, pero podría criticarse que sólo 1 de los parámetros comparativos tuvo gran cercanía con los valores de la RMV.

Ya para terminar, el valor medio del FIT evaluado en toda la RMV 1.32 no indica algo por sí mismo. La comparación, supóngase, del valor 1.14 del ciclo “CM_MV0-1EU” sí que resulta útil porque su magnitud menor que la de la RMV le atribuye microviajes con menor “irregularidad”, y aplicarlo para evaluar vehículos que pertenezcan a la población de la que se obtuvieron los datos de la RMV inducirá resultados que subestiman los valores que se presentarían en tránsito real (le presentan a dichos vehículos una menor “exigencia” que la que podrían encontrarse en el uso habitual). Es importante conocer estas implicaciones al diseñar los criterios para seleccionar un CMV u otro.

5.2 CONCLUSIONES

Con la revisión completa de todo el trabajo realizado se pudieron sintetizar las conclusiones siguientes:

1. El conocimiento de las condiciones de operación de los motores que impulsan a los vehículos estudiados y de la aplicación de los CMV en el AEC permitió articular un método general para su síntesis.
2. El ordenamiento de las variables implicadas en la síntesis de CMV fue útil para definir las consideraciones que culminaron en el algoritmo sintetizador.
3. El análisis de microviajes y el “factor de irregularidad de tránsito” propuesto fueron recursos simples que facilitaron la comprensión de la teoría que fundamenta al CMV.
4. El muestreo de tránsito real, aunque breve y alejado de cumplir alguna representatividad útil para la ZMVM, aportó los datos suficientes para hacer posible todo el proceso de síntesis de CMV.
5. La creación de CMV es un proceso que debe articularse y describirse exhaustivamente para posibilitar al usuario emitir dictámenes, de rendimiento o de emisiones contaminantes, coherentes y representativos.

5.3 TRABAJOS FUTUROS

Con el avance logrado de crear un método general para crear CMV y la herramienta informática que lo posibilita, se consideraron propicias para el futuro las actividades siguientes:

1. Crear un inventario de RMV que facilite la consulta de los datos de tránsito de la ZMVM para investigaciones como ésta.
2. Continuar la actividad de recolección de datos de tránsito mediante muestreos con conductores voluntarios para incrementar el acervo de este inventario.
3. Explorar los fenómenos que se presentan al aplicar este método a los distintos tipos de vehículo presentes en el parque vehicular de la ZMVM.
4. Emplear el análisis de la irregularidad de tránsito en la comparación de CMV ya existentes para evaluar la vigencia de su aplicabilidad en los análisis, de rendimiento y de emisiones contaminantes, que los fabricantes y agencias de protección ambiental usan actualmente.
5. Investigar las posibles relaciones que pueden existir entre parámetros poblacionales de la autovía, el vehículo o el conductor, y su efecto en los fenómenos del tránsito.

REFERENCIAS

| | |
|------------------|------------|
| LIBROS | 108 |
| TESIS | 109 |
| ARTÍCULOS | 110 |
| FIGURAS | 114 |

LIBROS

- 1977_{US} John Wiley & Sons, Inc.
COCHRAN, William
“Sampling techniques”.
- 1988_{US} McGraw-Hill.
HEYWOOD J.B.
“Internal combustion engines fundamentals”.
- 2000_{FR} Institut National de Recherche en Informatique et en
Automatique.
Scilab Group.
“Scilab reference manual”.
- 2005_{UK} Massachusetts Institute of Technology.
NISAN, SCHOCKEN.
“The elements of computing systems”.
- 2009_{MX} McGraw-Hill.
SPIEGUEL, STEPHENS.
“Estadística”.
(versión 4)
- 2009_{UK} TRL Limited.
BARLOW, LATHAM, MCCRAE, BOULTER.
“A reference book of driving cycles for use in the
measurement of road vehicle emissions”.
(versión 3)
- 2011_{ES} Universidad Politécnica de Valencia.
PAYRI, DESANTES.
“Motores de combustión interna alternativos”.
- 2014_{US} Springer.
REIF Konrad.
“Fundamentals of automotive and engine technology”.

TESIS

- 2009_{MX} Universidad Nacional Autónoma de México.
GARCÍA José Fernando.
“Caracterización de las masas inerciales en un dinamómetro de chasis”.
- 2013_{MX} Universidad Nacional Autónoma de México.
GONZÁLEZ Francisco.
“Diseño de un laboratorio para evaluar emisiones contaminantes y prestaciones de vehículos y motores”.
- 2014_{MX} Universidad Nacional Autónoma de México.
CÁRCAMO, GARCÍA, MEDINA.
“Secuencia cinemática típica en la conducción de motocicletas”.
- 2014_{MX} Universidad Nacional Autónoma de México.
HERNÁNDEZ, SÁNCHEZ, SANDOVAL.
“Actualización de los ciclos de manejo en el Valle de México para vehículos ligeros”.
- 2015_{MX} Universidad Nacional Autónoma de México.
CLEMENTE, MENA.
“Ciclos de manejo para autobuses en el Valle de México”.
- 2019_{MX} Universidad Nacional Autónoma de México.
GARCÍA, HERNÁNDEZ.
“Síntesis de ciclos de manejo vehicular para automóviles en la Zona Metropolitana del Valle de México”.

ARTÍCULOS

- 1977_{CH} *International Organization for Standardization (ISO).*
“ISO 3833, Road vehicles: types, terms and definitions”.
- 1993_{MX} Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI).
“Norma mexicana NMX-AA-11-1993-SCFI”.
- 1999_{ES} Boletín Oficial del Estado (BOE).
“Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos”.
- 2003_{MX} Diario Oficial de la Federación.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
“Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003”.
- 2004_{US} *DieselNet.*
MAJEWSKI, JÄÄSKELÄINEN.
“Environmental effects of emissions”.
(hipertexto)
- 2005_{MX} Ingeniería. Investigación y tecnología.
GONZÁLEZ Rogelio.
“Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del autotransporte”.
- 2006_{US} *Pearson.*
BERENSON, LEVINE, KREHBILE.
“Basic business statistics, chapter 8, section 7:
Estimation and sample size determination for finite populations”.

- 2010_{CN} *Transport Reviews.*
TONG, HUNG.
“A framework for developing driving cycles with on-road driving data”.
- 2011_{MX} Universidad Nacional Autónoma de México.
MATUS Ulises.
“Caracterización de anomalías geotécnicas en las zonas de transición y del lago de la Ciudad de México, anexo A: Historia de la Cuenca de México”.
- 2014_{MX} **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).**
“Cuaderno estadístico y geográfico de la Zona Metropolitana del Valle de México 2014”.
- 2014_{MX} Diario Oficial de la Federación.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
“Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-2014”.
- 2014_{SE} *Linköping University*
NYBERG, FRISK, NIELSEN.
“Generation of equivalent driving cycles using Markov chains and mean tractive force components”.
- 2015_{MX} **Forbes México.**
“Los 10 países con más autos por persona”.
(hipertexto)
- 2015_{MX} **Gaceta Oficial del Distrito Federal.**
“Reglamento de Tránsito del Distrito Federal”.
- 2015_{MX} Diario Oficial de la Federación.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
“Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015”.

- 2015_{SR} *University of Moratuwa.*
GALGAMUWA, PERERA, BANDARA.
“Developing a general methodology for driving cycle construction: comparison of various established driving cycles in the world to propose a general approach”.
- 2015_{US} *Office of the Federal Register (OFR).*
“Code of Federal Regulations, title 40, chapter I, subchapter U, part 1066: Vehicle-testing procedures”.
- 2015_{US} *Wait But Why.*
URBAN Tim.
“How Tesla will change the world”.
(hipertexto)
- 2016_{MX} **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).**
“Vehículos de motor registrados en circulación (excluye motocicletas)”.
- 2017_{MX} *Diario Oficial de la Federación.*
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
“Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017”.
- 2018_{MX} **GARCÍA, HERNÁNDEZ.**
“Ciclos de manejo, síntesis para automóviles”.
(folleto)
- 2018_{MX} **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).**
“Encuesta de origen-destino en hogares de la ZMVM”.
- 2018_{US} **INNOVATOBASE.**
“James Watt”.
(hipertexto)
- 2018_{US} **Wikipedia.**
“Revolución Industrial”.
(hipertexto)

2018_{US} **Wikipedia.**
“Vehículo”.
(hipertexto)

2019_{US} *United States Environmental Protection Agency*
(US-EPA).
“*Urban air toxic pollutants*”.
(hipertexto)

FIGURAS

- 2007_{UK} *Encyclopaedia Britannica.*
“Two-stroke cycle”.
(hipertexto)
- 2013_{FR} *Car-engineer.*
ROMAIN Nicolas.
“The different driving cycles”.
(hipertexto)
- 2014_{AR} **Decálogos mecánicos de motocicletas.**
“Sistemas de refrigeración de un motor”.
(hipertexto)
- 2014_{ES} Red Operativa de Desguaces Españoles.
JIMÉNEZ Jessica.
“¿Cómo mantener en buen estado el sistema de refrigeración del coche y evitar posibles averías?”
(hipertexto)
- 2015_{MX} SubVersiones.
DÍAZ Jerónimo.
“La urbe contra los pueblos”.
(hipertexto)
- 2016_{MX} **Diario 24 Horas.**
“Cómo funciona el dinamómetro”.
(hipertexto)
- 2016_{US} **Arduino.**
“Arduino IDE 1.6.8: what’s new”.
(hipertexto)

- 2016_{US} *ExtremeTech.*
HRUSKA Joel.
“VW struggling to find a solution to its US emissions problem: Report”.
(hipertexto)
- 2017_{MX} **FERNÁNDEZ, de la VEGA.**
“¿Lo rural en lo urbano? Localidades periurbanas en la Zona Metropolitana del Valle de México”.
(artículo)
- 2018_{ES} **Universidad Politécnica de Valencia (UPV).**
“Gasoline direct injection engine”.
(hipertexto)
- 2018_{US} **LibreOffice.**
“What is LibreOffice?”.
(hipertexto)
- 2018_{US} **Scilab.**
“Scilab”.
(hipertexto)

APÉNDICES

| | |
|--------------------------------|--------|
| A. RECURSOS INFORMÁTICOS | CXVIII |
| B. RUTINAS DE MANEJO VEHICULAR | CXXIII |
| C. PROCEDIMIENTO SINTETIZADOR | CXLIII |

A. RECURSOS INFORMÁTICOS

En este apéndice se muestran los detalles de los aparatos informáticos que fueron usados en esta investigación, las herramientas con las actividades que facilitaron, y las principales instrucciones de la programación *Scilab*.

APARATOS

La tabla 1 muestra las especificaciones de la computadora portátil que se usó para:

1. Editar este documento.
2. Programar los procedimientos numéricos.
3. Investigar información de documentos en *Internet*.

Tabla 1: Detalles técnicos de la computadora portátil usada.

| | | | |
|------------|------------------|------------|----------------------|
| año | 2018 | memoria | HDD |
| fabricante | Lenovo | capacidad | 500 (GB) |
| aparato | Thinkpad | procesador | Intel Core i5-7300HQ |
| modelo | T470p | bus | 64-bit |
| sistema | Kubuntu 18.10 | frecuencia | 2.5 (GHz) |
| pantalla | 14 (in) | RAM | DDR4 |
| proporción | 16:9 | capacidad | 8 (GB) |
| resolución | 1920 x 1080 (px) | frecuencia | 2400 (MHz) |
| densidad | 157 (ppi) | precio | ~ 22 000 (MX\$) |

HERRAMIENTAS

En este trabajo se prefirió el uso de herramientas "libres" (*free software*), y herramientas "de código abierto" (*open source*) cuando la función de las primeras no era suficiente para las necesidades del proyecto o no habían herramientas creadas hasta la actualidad. La tabla 2 muestra las herramientas usadas y su función:

Tabla 2: Herramientas informáticas usadas.

| | | programa | actividad |
|---------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|
| manejo | sistema operativo | Kubuntu 18.04 | |
| mantenimiento | a. comprimido | 7-Zip | |
| | sincronización | Unison | Respaldo de la información. |
| análisis | programación | Kate | Edición de programas. |
| | programación | Arduino | Programación del SEMAV. |
| | análisis numérico | Scilab | Programación de métodos numéricos. |
| | mapa | Qmapshack | Revisión de rutas. |
| documentación | ofimática | LibreOffice | Edición de documentos. |
| | diseño electrónico | KICAD | |
| contenido | documento | Okular | Revisión de documentos. |
| | edición de imagen | Nomacs | Edición de las figuras. |
| red | publicación | Syncthing | Respaldo de la información. |
| | hipertexto | Firefox | Investigación en Internet. |

PROGRAMACIÓN SCILAB

```

// '4-18-45 : Chiuconacatl
// '1-12 : matlactomomitzcuintli
// marzo-26 : martes

// México, Ciudad Universitaria.
// Cedillo Quetzalpixqui.

// [ VARIABLES. ]

// Número ENTERO.
// Número DECIMAL.
// Dos elementos de una LISTA.
// Cuatro elementos de una MATRIZ.
// TEXTO.

i_Integer = 1
d_Decimal = 1.0
l_List( 1 ) = 1.0
l_List( 2 ) = 2.0
m_Matrix( 1 , 1 ) = 1.0
m_Matrix( 1 , 2 ) = 0.0
m_Matrix( 2 , 1 ) = 0.0
m_Matrix( 2 , 2 ) = 1.0
m_Matrix = [ 1.0 , 0.0 ; ...
             0.0 , 1.0 ]
m_Matrix = [ 1.0 0.0
             0.0 1.0 ]
s_String = "Texto"

// [ ARITMÉTICA. ]

// SUMA.
// RESTA.
//
// PRODUCTO.
// COCIENTE.
//
// POTENCIA.
// RAÍZ.

i_Integer = i_Integer + 1
i_Integer = i_Integer - 1

d_Decimal = d_Decimal * 1.0
d_Decimal = d_Decimal / 1.0

d_Decimal = d_Decimal ^ 1.0
d_Decimal = d_Decimal ** 0.5

// [ LÓGICA. ]

// BINARIO 1.
// BINARIO 2.
//
// Comparación DESIGUALDAD.
// Comparación IGUALDAD.
// Comparación MENOR QUE.

```

```

//
// Operación NOT.
// Operación AND.
// Operación OR.

b_Boolean1 = %F
b_Boolean2 = %T

i_Integer <> d_Decimal
i_Integer == d_Decimal
i_Integer < d_Decimal

~ b_Boolean1
b_Boolean1 & b_Boolean2
b_Boolean1 | b_Boolean2

// [ CICLOS. ]

// Secuencia IF.
//
// Secuencia SELECT.
//
// Secuencia FOR.
//
// Secuencia WHILE.

if ( i_Integer < d_Decimal ) then //
    b_Boolean1 = %F //
else //
    b_Boolean1 = %T //
end //

select i_Integer //
case 1 //
    b_Boolean1 = %F //
case 2 //
    b_Boolean2 = %F //
else //
    b_Boolean1 = %T //
    b_Boolean2 = %T //
end //

for i_Integer = 1 : d_Decimal //
    d_Decimal = d_Decimal - 1 //
end //

```

```

while ( i_Integer < d_Decimal ) //
                                //
    i_Integer = i_Integer + 1 //
                                //
end                               //

// [ FUNCIONES. ]

// BORRA todas las variables.
// LIMPIA la consola.
// LIMPIA la ventana de figura.
// ESCRIBE un texto en consola.
//
// LEE los datos de un registro CSV.
// ESCRIBE datos en un registro CSV.
// CONVIERTE un decimal a texto.
// CUENTA los renglones de una matriz.
// CUENTA las columnas de una matriz.
// ORDENA los datos de una variable según uno de sus elementos.
//
// CALCULA la integral numérica de un vector.
// ENTREGA el valor mínimo de un vector.
// ENTREGA el valor máximo de un vector.
// CALCULA el promedio de un vector.
// ENTREGA el valor absoluto de un número.
// TRUNCA el valor de un decimal.
//
// ASIGNA un cuadrante de la ventana de figura para la gráfica
// siguiente.
// GRAFICA una variable.
// ASIGNA el título a los ejes de la gráfica.
// ASIGNA la simbología a las curvas de la gráfica.

clear()
clc()
clf()
disp()

csvRead()
csvWrite()
string()
Nr = size( m_Matrix , "r" )
Nc = size( m_Matrix , "c" )
gsort()

inttrap()
min()
max()
mean()
abs()
floor()

subplot()
plot()
xlabel()
legend()

```

B. RUTINAS DE MANEJO VEHICULAR

En este apéndice se recopilan los datos numéricos registrados de 7 rutinas de manejo vehicular que se usaron como dato de entrada en la evaluación del procedimiento que construye ciclos de manejo vehicular.

Primero se muestran los datos "velocidad vehicular" y "cabeceo vial" para 6 960 segundos (1 hora y 56 minutos) del trayecto "Iztapalapa - Tepeji", que son suficientes para los primeros ensayos del método numérico. Después se muestra la representación gráfica de los microviajes que componen a las 6 rutinas restantes, que fueron útiles para evaluar los posibles resultados del procedimiento numérico.

Todos los datos pueden solicitarse a la Unidad de Investigación y Control de Emisiones (UNICE), en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), mientras se concretan los arreglos para su difusión al público.

rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
 (2 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) |
|-------|--------------------|-------------|-------|--------------------|-------------|-------|--------------------|-------------|-------|--------------------|-------------|-------|--------------------|-------------|
| 541 | 1.28 | 0.0 | 601 | 0.37 | 0.0 | 661 | 13.78 | -5.4 | 721 | 3.85 | 0.0 | 781 | 0.52 | 0.0 |
| 542 | 3.19 | 0.0 | 602 | 1.35 | 0.0 | 662 | 11.76 | -5.4 | 722 | 3.98 | 0.0 | 782 | 0.22 | 0.0 |
| 543 | 5.48 | 0.0 | 603 | 1.41 | 0.0 | 663 | 8.59 | -5.4 | 723 | 3.93 | 0.0 | 783 | 0.37 | 0.0 |
| 544 | 7.89 | -5.4 | 604 | 0.87 | 0.0 | 664 | 5.61 | -5.4 | 724 | 3.70 | 0.0 | 784 | 0.54 | 0.0 |
| 545 | 9.54 | -5.4 | 605 | 0.22 | 0.0 | 665 | 3.20 | -5.4 | 725 | 3.19 | 0.0 | 785 | 3.54 | 0.0 |
| 546 | 12.00 | -5.4 | 606 | 0.39 | 0.0 | 666 | 1.96 | 0.0 | 726 | 3.78 | 0.0 | 786 | 5.63 | 0.0 |
| 547 | 14.09 | -5.4 | 607 | 0.52 | 0.0 | 667 | 1.96 | 0.0 | 727 | 5.35 | 0.0 | 787 | 6.95 | -3.7 |
| 548 | 15.04 | 5.4 | 608 | 0.63 | 0.0 | 668 | 1.96 | 0.0 | 728 | 7.69 | 0.0 | 788 | 6.98 | 5.4 |
| 549 | 16.96 | -4.1 | 609 | 0.76 | 0.0 | 669 | 3.32 | 0.0 | 729 | 10.43 | -5.4 | 789 | 6.61 | -3.0 |
| 550 | 18.74 | 5.4 | 610 | 0.81 | 0.0 | 670 | 4.93 | 0.0 | 730 | 11.95 | -5.4 | 790 | 4.98 | 5.4 |
| 551 | 17.93 | 4.4 | 611 | 0.31 | 0.0 | 671 | 5.67 | 0.0 | 731 | 13.26 | -5.4 | 791 | 4.46 | 0.0 |
| 552 | 19.39 | -1.2 | 612 | 0.11 | 0.0 | 672 | 10.69 | 5.4 | 732 | 15.54 | -5.4 | 792 | 3.20 | 0.0 |
| 553 | 22.39 | -1.1 | 613 | 0.46 | 0.0 | 673 | 12.80 | 5.4 | 733 | 18.13 | -5.4 | 793 | 2.41 | 0.0 |
| 554 | 25.39 | -0.9 | 614 | 0.52 | 0.0 | 674 | 13.72 | 5.4 | 734 | 18.37 | -5.4 | 794 | 2.26 | 0.0 |
| 555 | 27.39 | 0.0 | 615 | 0.33 | 0.0 | 675 | 15.11 | 5.4 | 735 | 18.08 | -5.4 | 795 | 1.72 | 0.0 |
| 556 | 26.87 | 0.8 | 616 | 0.06 | 0.0 | 676 | 18.13 | 5.4 | 736 | 17.71 | -5.4 | 796 | 1.41 | 0.0 |
| 557 | 36.87 | 0.0 | 617 | 0.13 | 0.0 | 677 | 19.02 | 5.4 | 737 | 17.43 | -5.4 | 797 | 1.72 | 0.0 |
| 558 | 41.54 | -0.6 | 618 | 0.13 | 0.0 | 678 | 18.69 | 5.4 | 738 | 16.65 | -5.4 | 798 | 0.39 | 0.0 |
| 559 | 45.23 | 0.0 | 619 | 0.22 | 0.0 | 679 | 19.09 | 5.4 | 739 | 16.02 | -5.4 | 799 | 0.15 | 0.0 |
| 560 | 46.19 | -0.5 | 620 | 0.43 | 0.0 | 680 | 21.26 | 5.4 | 740 | 14.20 | -5.4 | 800 | 0.13 | 0.0 |
| 561 | 47.21 | -1.3 | 621 | 0.76 | 0.0 | 681 | 23.35 | 5.4 | 741 | 15.22 | -5.4 | 801 | 1.15 | 0.0 |
| 562 | 48.47 | -1.2 | 622 | 0.78 | 0.0 | 682 | 25.24 | -0.9 | 742 | 14.87 | -5.4 | 802 | 2.15 | 0.0 |
| 563 | 50.93 | -0.4 | 623 | 0.44 | 0.0 | 683 | 25.97 | 0.8 | 743 | 14.30 | -2.8 | 803 | 2.52 | 0.0 |
| 564 | 52.45 | -0.4 | 624 | 0.07 | 0.0 | 684 | 26.71 | -2.4 | 744 | 13.56 | -2.9 | 804 | 2.30 | 0.0 |
| 565 | 53.26 | -0.8 | 625 | 0.13 | 0.0 | 685 | 27.00 | -0.8 | 745 | 13.00 | -5.4 | 805 | 2.96 | 0.0 |
| 566 | 53.49 | 0.0 | 626 | 0.46 | 0.0 | 686 | 27.11 | -1.5 | 746 | 11.70 | -3.2 | 806 | 2.11 | 0.0 |
| 567 | 54.25 | 0.0 | 627 | 0.96 | 0.0 | 687 | 26.72 | -2.3 | 747 | 9.83 | -1.8 | 807 | 1.56 | 0.0 |
| 568 | 54.30 | -0.8 | 628 | 0.85 | 0.0 | 688 | 26.26 | 4.6 | 748 | 6.95 | -5.4 | 808 | 1.89 | 0.0 |
| 569 | 55.52 | 0.0 | 629 | 0.37 | 0.0 | 689 | 25.84 | 5.4 | 749 | 4.50 | -5.4 | 809 | 1.37 | 0.0 |
| 570 | 56.36 | 0.0 | 630 | 0.44 | 0.0 | 690 | 25.43 | 4.8 | 750 | 1.59 | 0.0 | 810 | 0.93 | 0.0 |
| 571 | 57.82 | 1.8 | 631 | 0.76 | 0.0 | 691 | 26.19 | 3.2 | 751 | 1.33 | 0.0 | 811 | 1.30 | 0.0 |
| 572 | 57.32 | 1.4 | 632 | 0.69 | 0.0 | 692 | 26.97 | 1.6 | 752 | 1.04 | 0.0 | 812 | 1.22 | 0.0 |
| 573 | 57.80 | -0.7 | 633 | 0.85 | 0.0 | 693 | 27.54 | 5.3 | 753 | 0.65 | 0.0 | 813 | 0.67 | 0.0 |
| 574 | 57.82 | -0.4 | 634 | 0.67 | 0.0 | 694 | 29.17 | 3.0 | 754 | 1.04 | 0.0 | 814 | 0.30 | 0.0 |
| 575 | 56.75 | -1.1 | 635 | 0.48 | 0.0 | 695 | 30.50 | 1.4 | 755 | 0.46 | 0.0 | 815 | 1.35 | 0.0 |
| 576 | 55.30 | -0.7 | 636 | 0.65 | 0.0 | 696 | 32.19 | 2.7 | 756 | 0.20 | 0.0 | 816 | 1.28 | 0.0 |
| 577 | 54.26 | -0.4 | 637 | 1.06 | 0.0 | 697 | 32.45 | 0.6 | 757 | 0.28 | 0.0 | 817 | 1.48 | 0.0 |
| 578 | 52.12 | 0.4 | 638 | 1.50 | 0.0 | 698 | 35.23 | 1.9 | 758 | 0.43 | 0.0 | 818 | 0.65 | 0.0 |
| 579 | 46.47 | -0.4 | 639 | 2.48 | 0.0 | 699 | 37.56 | 5.4 | 759 | 0.28 | 0.0 | 819 | 0.30 | 0.0 |
| 580 | 43.30 | -1.3 | 640 | 2.96 | 0.0 | 700 | 40.00 | 1.6 | 760 | 0.91 | 0.0 | 820 | 0.63 | 0.0 |
| 581 | 40.91 | -1.0 | 641 | 2.82 | 0.0 | 701 | 39.52 | 1.0 | 761 | 1.39 | 0.0 | 821 | 0.41 | 0.0 |
| 582 | 38.98 | -1.0 | 642 | 2.24 | 0.0 | 702 | 39.76 | -0.5 | 762 | 0.96 | 0.0 | 822 | 1.63 | 0.0 |
| 583 | 36.00 | -1.6 | 643 | 2.11 | 0.0 | 703 | 40.97 | 0.0 | 763 | 0.59 | 0.0 | 823 | 2.82 | 0.0 |
| 584 | 32.06 | -0.6 | 644 | 1.26 | 0.0 | 704 | 42.26 | 0.5 | 764 | 0.69 | 0.0 | 824 | 3.48 | 0.0 |
| 585 | 28.91 | 1.3 | 645 | 0.72 | 0.0 | 705 | 43.24 | 0.5 | 765 | 0.41 | 0.0 | 825 | 3.37 | 0.0 |
| 586 | 25.13 | 2.1 | 646 | 0.54 | 0.0 | 706 | 43.74 | 4.3 | 766 | 0.59 | 0.0 | 826 | 2.22 | 0.0 |
| 587 | 22.85 | 0.0 | 647 | 0.65 | 0.0 | 707 | 43.93 | 4.2 | 767 | 0.80 | 0.0 | 827 | 0.98 | 0.0 |
| 588 | 21.50 | 0.0 | 648 | 0.37 | 0.0 | 708 | 43.71 | 5.4 | 768 | 0.85 | 0.0 | 828 | 1.19 | 0.0 |
| 589 | 19.24 | -1.0 | 649 | 0.30 | 0.0 | 709 | 42.97 | 4.2 | 769 | 1.24 | 0.0 | 829 | 2.52 | 0.0 |
| 590 | 18.95 | -1.1 | 650 | 0.44 | 0.0 | 710 | 41.37 | -0.5 | 770 | 1.46 | 0.0 | 830 | 5.35 | 0.0 |
| 591 | 16.96 | 0.0 | 651 | 0.22 | 0.0 | 711 | 38.47 | 0.0 | 771 | 1.69 | 0.0 | 831 | 7.35 | 0.0 |
| 592 | 11.48 | 0.0 | 652 | 0.83 | 0.0 | 712 | 35.97 | -1.1 | 772 | 1.54 | 0.0 | 832 | 9.69 | 5.4 |
| 593 | 8.15 | 1.8 | 653 | 3.70 | 0.0 | 713 | 33.02 | 0.0 | 773 | 1.35 | 0.0 | 833 | 11.07 | 5.4 |
| 594 | 4.83 | 5.1 | 654 | 7.13 | 0.0 | 714 | 29.13 | 0.6 | 774 | 0.63 | 0.0 | 834 | 11.52 | 5.4 |
| 595 | 2.74 | 0.0 | 655 | 8.95 | -5.4 | 715 | 25.45 | 0.7 | 775 | 0.65 | 0.0 | 835 | 13.46 | 5.4 |
| 596 | 1.50 | 0.0 | 656 | 8.50 | -5.4 | 716 | 16.58 | 3.2 | 776 | 0.98 | 0.0 | 836 | 15.26 | 4.6 |
| 597 | 0.80 | 0.0 | 657 | 9.19 | -5.4 | 717 | 11.95 | 5.4 | 777 | 0.59 | 0.0 | 837 | 17.02 | 4.1 |
| 598 | 0.70 | 0.0 | 658 | 11.61 | -5.4 | 718 | 8.65 | 3.5 | 778 | 1.41 | 0.0 | 838 | 18.45 | 4.8 |
| 599 | 0.46 | 0.0 | 659 | 13.98 | -5.4 | 719 | 6.15 | -5.4 | 779 | 0.48 | 0.0 | 839 | 24.82 | 5.4 |
| 600 | 0.96 | 0.0 | 660 | 14.70 | -5.4 | 720 | 4.22 | -5.4 | 780 | 0.96 | 0.0 | 840 | 24.28 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 841 | 26.09 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 842 | 29.24 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 843 | 31.37 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 844 | 33.28 | 4.6 |
| | | | | | | | | | | | | 845 | 35.06 | 4.9 |
| | | | | | | | | | | | | 846 | 36.73 | 3.5 |
| | | | | | | | | | | | | 847 | 38.28 | 3.4 |
| | | | | | | | | | | | | 848 | 39.10 | 3.8 |
| | | | | | | | | | | | | 849 | 39.74 | 1.6 |
| | | | | | | | | | | | | 850 | 42.04 | 2.6 |
| | | | | | | | | | | | | 851 | 44.50 | 2.0 |
| | | | | | | | | | | | | 852 | 45.69 | 2.8 |
| | | | | | | | | | | | | 853 | 46.08 | 2.3 |
| | | | | | | | | | | | | 854 | 46.28 | 2.2 |
| | | | | | | | | | | | | 855 | 46.28 | 2.7 |
| | | | | | | | | | | | | 856 | 45.37 | 3.6 |
| | | | | | | | | | | | | 857 | 45.04 | 3.2 |
| | | | | | | | | | | | | 858 | 42.26 | 3.2 |
| | | | | | | | | | | | | 859 | 38.30 | 3.4 |
| | | | | | | | | | | | | 860 | 33.43 | 3.2 |
| | | | | | | | | | | | | 861 | 28.50 | 2.0 |
| | | | | | | | | | | | | 862 | 24.08 | 2.2 |
| | | | | | | | | | | | | 863 | 17.78 | 2.6 |
| | | | | | | | | | | | | 864 | 12.82 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 865 | 8.48 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 866 | 6.69 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 867 | 4.09 | 5.4 |
| | | | | | | | | | | | | 868 | 3.33 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 869 | 2.24 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 870 | 1.43 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 871 | 1.09 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 872 | 1.04 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 873 | 1.20 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 874 | 0.57 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 875 | 0.07 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 876 | 0.20 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 877 | 0.30 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 878 | 0.41 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 879 | 0.39 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 880 | 0.52 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 881 | 0.61 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 882 | 0.39 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 883 | 0.11 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 884 | 0.31 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 885 | 0.78 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 886 | 0.24 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 887 | 0.43 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 888 | 0.44 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 889 | 0.50 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 890 | 0.39 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 891 | 0.83 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 892 | 0.94 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | 893 | 0.61 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

rutina de manejo

IZTAPALAPA - TEPEJI

(4 / 13)

punto
velocidad (km / h)
cabeceo (°)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| 1621 | 50.74 | -2.1 | 1681 | 64.26 | 1.0 | 1741 | 57.43 | 0.0 | 1801 | 50.26 | 3.5 | 1861 | 55.12 | -1.1 | 1921 | 53.17 | -0.8 | 1981 | 49.91 | 0.8 | 2041 | 57.99 | 2.1 | 2101 | 47.76 | 0.9 |
| 1622 | 52.32 | -0.8 | 1682 | 64.12 | -0.3 | 1742 | 54.67 | 0.4 | 1802 | 53.47 | 2.5 | 1862 | 57.73 | -1.5 | 1922 | 53.86 | 0.0 | 1982 | 49.97 | 2.1 | 2042 | 57.69 | 2.1 | 2102 | 49.13 | 0.4 |
| 1623 | 53.19 | -0.4 | 1683 | 64.13 | 0.0 | 1743 | 51.36 | -1.9 | 1803 | 55.30 | 1.9 | 1863 | 57.15 | -2.5 | 1923 | 54.47 | 0.8 | 1983 | 49.74 | 1.2 | 2043 | 57.06 | 0.7 | 2103 | 50.34 | 0.0 |
| 1624 | 52.99 | 0.0 | 1684 | 64.28 | -1.0 | 1744 | 49.73 | -2.0 | 1804 | 56.50 | 1.1 | 1864 | 58.34 | -1.8 | 1924 | 54.39 | 0.4 | 1984 | 49.47 | 0.8 | 2044 | 56.76 | 0.7 | 2104 | 51.36 | 0.0 |
| 1625 | 54.19 | 0.0 | 1685 | 64.38 | 0.0 | 1745 | 46.69 | -0.4 | 1805 | 56.80 | 2.2 | 1865 | 58.58 | -2.8 | 1925 | 54.34 | 1.1 | 1985 | 47.76 | 0.8 | 2045 | 56.67 | 0.4 | 2105 | 50.56 | 1.2 |
| 1626 | 55.99 | 0.0 | 1686 | 64.63 | -1.0 | 1746 | 45.47 | -0.9 | 1806 | 57.04 | 2.2 | 1866 | 59.82 | -2.8 | 1926 | 54.95 | -0.8 | 1986 | 47.24 | -0.4 | 2046 | 56.56 | 1.5 | 2106 | 47.52 | 1.2 |
| 1627 | 56.78 | 5.4 | 1687 | 64.56 | 0.3 | 1747 | 40.19 | 0.9 | 1807 | 56.78 | 1.1 | 1867 | 60.30 | -2.4 | 1927 | 54.91 | 1.9 | 1987 | 46.02 | 0.0 | 2047 | 56.34 | -2.2 | 2107 | 43.89 | 0.9 |
| 1628 | 56.47 | 4.0 | 1688 | 64.36 | 0.0 | 1748 | 40.93 | -1.5 | 1808 | 56.13 | 1.5 | 1868 | 60.89 | -0.7 | 1928 | 55.15 | 0.8 | 1988 | 44.45 | 0.4 | 2048 | 55.69 | -0.4 | 2108 | 41.02 | -0.5 |
| 1629 | 56.30 | 2.6 | 1689 | 64.30 | 0.0 | 1749 | 42.06 | -5.0 | 1809 | 55.58 | 2.2 | 1869 | 60.80 | -3.0 | 1929 | 55.50 | 0.7 | 1989 | 43.36 | -0.5 | 2049 | 55.12 | -0.7 | 2109 | 37.78 | 0.0 |
| 1630 | 57.13 | 2.6 | 1690 | 63.54 | 0.0 | 1750 | 42.47 | -1.0 | 1810 | 55.32 | 1.9 | 1870 | 60.89 | -3.7 | 1930 | 55.37 | -0.4 | 1990 | 42.45 | -1.0 | 2050 | 55.25 | -3.7 | 2110 | 35.37 | 0.5 |
| 1631 | 56.47 | 0.4 | 1691 | 63.71 | 0.0 | 1751 | 45.39 | 2.4 | 1811 | 54.49 | 1.9 | 1871 | 59.95 | -5.4 | 1931 | 55.30 | 1.1 | 1991 | 41.89 | -1.0 | 2051 | 53.86 | -1.9 | 2111 | 33.10 | -0.6 |
| 1632 | 54.54 | 5.4 | 1692 | 63.25 | 0.3 | 1752 | 47.47 | 5.4 | 1812 | 54.47 | 3.0 | 1872 | 60.04 | -0.3 | 1932 | 54.73 | 0.4 | 1992 | 41.69 | -0.5 | 2052 | 53.30 | -0.8 | 2112 | 30.32 | -0.6 |
| 1633 | 53.76 | 3.8 | 1693 | 64.38 | 0.3 | 1753 | 50.50 | 5.2 | 1813 | 53.67 | 0.8 | 1873 | 60.04 | -1.0 | 1933 | 54.69 | -0.8 | 1993 | 39.98 | 1.0 | 2053 | 52.87 | -1.2 | 2113 | 26.50 | 1.4 |
| 1634 | 52.56 | -1.5 | 1694 | 64.89 | 1.0 | 1754 | 52.76 | 2.5 | 1814 | 53.36 | 0.0 | 1874 | 60.12 | -0.3 | 1934 | 54.49 | 0.0 | 1994 | 41.45 | -1.0 | 2054 | 52.84 | -0.4 | 2114 | 22.50 | -3.9 |
| 1635 | 51.56 | 0.8 | 1695 | 65.01 | 0.6 | 1755 | 55.08 | 1.6 | 1815 | 50.04 | 0.0 | 1875 | 61.21 | -0.7 | 1935 | 54.28 | -0.4 | 1995 | 43.08 | 0.0 | 2055 | 53.02 | -0.2 | 2115 | 18.69 | 2.7 |
| 1636 | 50.69 | -2.0 | 1696 | 65.45 | -0.6 | 1756 | 56.30 | 1.9 | 1816 | 48.56 | -0.8 | 1876 | 61.32 | -0.3 | 1936 | 53.80 | -0.8 | 1996 | 45.41 | -0.5 | 2056 | 52.80 | 0.0 | 2116 | 15.70 | 0.0 |
| 1637 | 49.93 | -4.5 | 1697 | 65.62 | 0.0 | 1757 | 54.91 | 1.8 | 1817 | 47.21 | 0.9 | 1877 | 62.12 | -0.7 | 1937 | 53.02 | -4.2 | 1997 | 45.82 | -1.4 | 2057 | 52.71 | 0.4 | 2117 | 13.28 | 3.9 |
| 1638 | 49.50 | -2.5 | 1698 | 65.34 | 1.3 | 1758 | 53.50 | 1.5 | 1818 | 45.95 | 0.4 | 1878 | 63.08 | -0.3 | 1938 | 49.02 | -2.7 | 1998 | 45.80 | -0.9 | 2058 | 52.95 | -0.4 | 2118 | 11.50 | 4.7 |
| 1639 | 49.47 | -1.7 | 1699 | 64.65 | -1.6 | 1759 | 52.60 | 2.7 | 1819 | 45.54 | 0.0 | 1879 | 63.47 | 0.0 | 1939 | 45.26 | 1.3 | 1999 | 47.17 | 0.0 | 2059 | 52.91 | 0.0 | 2119 | 10.95 | 5.4 |
| 1640 | 49.84 | -5.0 | 1700 | 64.38 | 0.3 | 1760 | 53.71 | 1.2 | 1820 | 45.74 | 1.4 | 1880 | 62.89 | -1.3 | 1940 | 41.87 | 0.0 | 2000 | 49.32 | -1.3 | 2060 | 52.23 | 0.4 | 2120 | 10.26 | 0.0 |
| 1641 | 50.50 | -4.1 | 1701 | 64.51 | 0.6 | 1761 | 54.60 | 1.2 | 1821 | 46.37 | 0.0 | 1881 | 62.49 | -0.7 | 1941 | 38.80 | 1.5 | 2001 | 51.00 | 0.0 | 2061 | 52.10 | 0.0 | 2121 | 11.50 | 2.0 |
| 1642 | 50.41 | -1.6 | 1702 | 64.56 | 0.6 | 1762 | 54.95 | 0.8 | 1822 | 45.60 | -1.8 | 1882 | 60.76 | 0.0 | 1942 | 34.69 | -0.5 | 2002 | 52.60 | 0.8 | 2062 | 51.86 | 1.6 | 2122 | 11.98 | 1.8 |
| 1643 | 50.50 | -2.0 | 1703 | 64.63 | 0.6 | 1763 | 54.41 | -0.4 | 1823 | 44.97 | 0.9 | 1883 | 59.65 | -0.3 | 1943 | 31.17 | -1.7 | 2003 | 53.97 | 0.4 | 2063 | 51.71 | -0.8 | 2123 | 12.65 | 5.2 |
| 1644 | 49.84 | -0.4 | 1704 | 64.25 | -0.3 | 1764 | 57.50 | 1.5 | 1824 | 45.17 | 0.0 | 1884 | 59.84 | -0.3 | 1944 | 28.28 | -3.3 | 2004 | 53.32 | -0.4 | 2064 | 51.93 | 0.8 | 2124 | 13.96 | 5.4 |
| 1645 | 48.74 | -1.7 | 1705 | 64.54 | 0.3 | 1765 | 58.62 | -0.7 | 1825 | 44.32 | 0.5 | 1885 | 58.82 | -1.4 | 1945 | 25.74 | -1.5 | 2005 | 52.84 | -1.2 | 2065 | 52.12 | -0.4 | 2125 | 14.28 | 5.4 |
| 1646 | 48.19 | -3.0 | 1706 | 64.36 | 1.3 | 1766 | 59.73 | 0.7 | 1826 | 44.78 | -3.3 | 1886 | 57.58 | -1.1 | 1946 | 23.15 | 0.0 | 2006 | 52.87 | -0.8 | 2066 | 51.69 | -1.2 | 2126 | 13.61 | 5.4 |
| 1647 | 46.15 | 0.4 | 1707 | 64.36 | 0.6 | 1767 | 60.58 | 0.3 | 1827 | 44.26 | 0.0 | 1887 | 57.02 | 0.4 | 1947 | 21.59 | -3.6 | 2007 | 52.89 | 1.2 | 2067 | 51.49 | 2.0 | 2127 | 11.04 | 5.4 |
| 1648 | 43.52 | -1.3 | 1708 | 64.25 | 0.3 | 1768 | 61.30 | 0.3 | 1828 | 44.04 | 0.0 | 1888 | 53.69 | -0.4 | 1948 | 19.89 | 0.0 | 2008 | 53.26 | -1.2 | 2068 | 50.54 | 1.6 | 2128 | 8.32 | 0.0 |
| 1649 | 43.54 | 0.9 | 1709 | 64.65 | 1.0 | 1769 | 61.43 | 0.3 | 1829 | 43.19 | -2.3 | 1889 | 54.08 | -1.2 | 1949 | 19.41 | 0.0 | 2009 | 53.34 | 0.8 | 2069 | 50.02 | 2.0 | 2129 | 7.22 | 5.4 |
| 1650 | 42.78 | 3.8 | 1710 | 65.32 | 1.0 | 1770 | 62.08 | 0.0 | 1830 | 40.21 | -1.4 | 1890 | 53.36 | -4.2 | 1950 | 19.24 | -2.1 | 2010 | 53.56 | 0.4 | 2070 | 49.93 | 2.1 | 2130 | 6.82 | 5.4 |
| 1651 | 44.78 | 1.4 | 1711 | 65.36 | 0.0 | 1771 | 61.56 | 0.0 | 1831 | 34.97 | -2.1 | 1891 | 52.97 | -2.3 | 1951 | 21.74 | -1.1 | 2011 | 52.49 | 0.8 | 2071 | 49.71 | 2.9 | 2131 | 6.52 | 3.0 |
| 1652 | 42.28 | -3.2 | 1712 | 65.17 | 0.6 | 1772 | 61.56 | -1.0 | 1832 | 31.41 | -4.7 | 1892 | 52.62 | -2.7 | 1952 | 23.50 | -2.8 | 2012 | 52.26 | 0.8 | 2072 | 48.84 | 4.1 | 2132 | 4.96 | -3.2 |
| 1653 | 44.17 | 0.5 | 1713 | 65.13 | 0.0 | 1773 | 61.50 | 1.0 | 1833 | 30.58 | -5.4 | 1893 | 52.78 | -1.6 | 1953 | 26.09 | -0.9 | 2013 | 50.69 | 0.4 | 2073 | 48.54 | -0.4 | 2133 | 6.30 | 0.0 |
| 1654 | 46.08 | -4.2 | 1714 | 64.76 | 0.0 | 1774 | 60.88 | -2.0 | 1834 | 29.72 | -2.0 | 1894 | 53.28 | 0.4 | 1954 | 28.45 | -2.4 | 2014 | 50.54 | -0.8 | 2074 | 48.62 | 0.0 | 2134 | 7.13 | 5.4 |
| 1655 | 49.08 | 5.4 | 1715 | 64.54 | 1.9 | 1775 | 60.50 | 0.3 | 1835 | 29.22 | -0.7 | 1895 | 53.10 | -0.8 | 1955 | 30.48 | -1.5 | 2015 | 48.74 | 0.4 | 2075 | 47.49 | 0.4 | 2135 | 8.19 | 5.4 |
| 1656 | 52.17 | 2.9 | 1716 | 64.32 | 1.9 | 1776 | 59.71 | -0.7 | 1836 | 29.35 | -2.1 | 1896 | 51.67 | -1.6 | 1956 | 31.56 | -1.4 | 2016 | 49.76 | 0.4 | 2076 | 47.89 | 0.0 | 2136 | 9.06 | 5.4 |
| 1657 | 54.87 | 0.4 | 1717 | 64.65 | 2.2 | 1777 | 59.54 | -0.7 | 1837 | 30.76 | -0.7 | 1897 | 49.82 | -2.8 | 1957 | 32.61 | 0.7 | 2017 | 51.52 | 2.5 | 2077 | 45.52 | 0.0 | 2137 | 9.83 | 4.6 |
| 1658 | 57.26 | 0.8 | 1718 | 64.52 | 3.5 | 1778 | 58.60 | -1.7 | 1838 | 30.37 | 0.0 | 1898 | 49.45 | -2.9 | 1958 | 32.47 | 1.3 | 2018 | 52.32 | 5.4 | 2078 | 45.80 | 0.5 | 2138 | 9.74 | 5.4 |
| 1659 | 61.12 | 1.1 | 1719 | 65.08 | 1.6 | 1779 | 58.00 | -0.4 | 1839 | 30.60 | 2.0 | 1899 | 49.52 | -2.1 | 1959 | 32.15 | 0.0 | 2019 | 52.45 | 0.0 | 2079 | 45.91 | 1.4 | 2139 | 9.43 | 2.1 |
| 1660 | 62.43 | -0.7 | 1720 | 64.60 | 1.3 | 1780 | 57.28 | -0.7 | 1840 | 30.97 | 2.0 | 1900 | 49.37 | -1.2 | 1960 | 31.85 | -0.6 | 2020 | 53.06 | -1.6 | 2080 | 46.06 | 0.4 | 2140 | 9.48 | 0.0 |
| 1661 | 63.38 | -0.3 | 1721 | 65.23 | 1.6 | 1781 | 53.62 | 1.1 | 1841 | 31.82 | 1.3 | 1901 | 48.52 | -0.8 | 1961 | 29.06 | -0.6 | 2021 | 53.06 | 1.2 | 2081 | 45.11 | 0.0 | 2141 | 9.13 | -5.4 |
| 1662 | 64.47 | 0.3 | 1722 | 65.21 | 1.3 | 1782 | 49.37 | -0.8 | 1842 | 31.58 | 1.3 | 1902 | 47.54 | -1.7 | 1962 | 26.45 | 0.7 | 2022 | 54.04 | 1.2 | 2082 | 45.13 | -0.5 | 2142 | 8.96 | -4.5 |
| 1663 | 65.32 | -0.6 | 1723 | 65.99 | 0.6 | 1783 | 48.02 | -2.5 | 1843 | 32.76 | 0.7 | 1903 | 46.24 | -3.9 | 1963 | 25.72 | 3.9 | 2023 | 54.62 | -0.8 | 2083 | 44.63 | 0.0 | 2143 | 7.98 | -5.4 |
| 1664 | 64.43 | 0.0 | 1724 | 66.21 | 1.9 | 1784 | 46.82 | 0.0 | 1844 | 35.23 | 0.6 | 1904 | 45.99 | -3.6 | 1964 | 25.30 | 5.4 | 2024 | 54.65 | 0.0 | 2084 | 45.58 | 1.4 | 2144 | 8.20 | 5.2 |
| 1665 | 63.52 | 1.0 | 1725 | 66.30 | -0.3 | 1785 | 44.91 | -0.9 | 1845 | 36.74 | 1.8 | 1905 | 44.65 | -1.8 | 1965 | 25.91 | 1.6 | 2025 | 54.47 | 0.8 | 2085 | 46.30 | 0.5 | 2145 | 8.09 | -5.4 |
| 1666 | 63.65 | 0.0 | 1726 | 66.30 | 0.9 | 1786 | 40.48 | 0.0 | 1846 | 38.71 | 1.7 | 1906 | 41.56 | -2.8 | 1966 | 27.11 | 0.8 | 2026 | 54.00 | -1.5 | 2086 | 47.47 | -1.3 | 2146 | 7.41 | -5.4 |
| 1667 | 63.60 | 1.6 | 1727 | 66.38 | 0.0 | 1787 | 30.89 | -0.5 | 1847 | 39.54 | 1.1 | 1907 | 41.78 | -2.5 | 1967 | 27.87 | 1.5 | 2027 | 53.84 | -0.4 | 2087 | 47.11 | -0.4 | 2147 | 7.04 | 0.0 |
| 1668 | 63.65 | 0.6 | 1728 | 66.49 | 0.3 | 1788 | 35.61 | -4.0 | 1848 | 40.34 | 1.0 | 1908 | 41.67 | 2.0 | 1968 | 29.56 | -0.7 | 2028 | 54.30 | 2.3 | 2088 | 46.73 | 0.9 | 2148 | 6.91 | 0.0 |
| 1669 | 63.47 | 1.0 | 1729 | 65.75 | 0.6 | 1789 | 21.71 | -4.8 | 1849 | 41.02 | 1.0 | 1909 | 41.71 | -2.0 | 1969 | 32.34 | -1.4 | 2029 | 55.00 | 1.1 | 2089 | 46.89 | 0.0 | 2149 | 5.17 | 0.0 |
| 1670 | 63.04 | -0.3 | 1730 | 65.51 | 0.0 | 1790 | 20.41 | 1.0 | 1850 | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | |

rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
 (6 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|-------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|--|--|--|--|
| 2701 | 14.45 | 0.0 | 2761 | 37.21 | 0.6 | 2821 | 50.39 | -0.8 | 2881 | 50.65 | -2.5 | 2941 | 45.30 | -2.3 | 3001 | 60.06 | 0.0 | 3061 | 57.73 | 0.7 | 3121 | 20.91 | -0.9 | 3181 | 21.80 | -5.4 | | | | |
| 2702 | 11.19 | -1.4 | 2762 | 39.61 | -0.6 | 2822 | 46.11 | -1.2 | 2882 | 51.13 | -2.0 | 2942 | 44.60 | -1.4 | 3002 | 60.91 | -1.7 | 3062 | 57.88 | 0.7 | 3122 | 19.33 | 2.0 | 3182 | 22.15 | -5.4 | | | | |
| 2703 | 8.57 | -3.7 | 2763 | 41.00 | 0.5 | 2823 | 40.93 | 0.4 | 2883 | 51.69 | -1.6 | 2943 | 44.30 | -0.5 | 3003 | 61.41 | -2.0 | 3063 | 57.91 | -0.4 | 3123 | 17.58 | -2.1 | 3183 | 22.32 | -5.4 | | | | |
| 2704 | 6.74 | 0.0 | 2764 | 41.13 | -1.0 | 2824 | 38.13 | -0.5 | 2884 | 52.50 | -0.8 | 2944 | 44.17 | 1.4 | 3004 | 62.06 | -2.0 | 3064 | 57.23 | -0.7 | 3124 | 14.59 | 2.3 | 3184 | 23.71 | -4.6 | | | | |
| 2705 | 5.32 | -5.4 | 2765 | 41.34 | -0.5 | 2825 | 35.61 | -0.5 | 2885 | 52.47 | 2.7 | 2945 | 44.39 | 0.9 | 3005 | 63.02 | -1.3 | 3065 | 56.56 | 0.4 | 3125 | 12.52 | 2.8 | 3185 | 24.43 | -2.6 | | | | |
| 2706 | 5.07 | 0.0 | 2766 | 41.24 | 0.0 | 2826 | 32.37 | -1.2 | 2886 | 52.24 | 1.2 | 2946 | 44.78 | 1.4 | 3006 | 63.47 | -1.6 | 3066 | 56.02 | 1.1 | 3126 | 10.00 | 1.7 | 3186 | 27.08 | 1.7 | | | | |
| 2707 | 4.39 | 0.0 | 2767 | 42.80 | -2.0 | 2827 | 28.24 | -1.9 | 2887 | 51.71 | 0.8 | 2947 | 45.84 | 1.8 | 3007 | 62.12 | -1.0 | 3067 | 55.87 | 0.7 | 3127 | 4.85 | -5.4 | 3187 | 28.80 | -5.4 | | | | |
| 2708 | 4.13 | 0.0 | 2768 | 42.50 | -1.0 | 2828 | 21.80 | -1.5 | 2888 | 51.19 | 1.6 | 2948 | 45.87 | 0.5 | 3008 | 61.15 | -1.3 | 3068 | 55.30 | 0.0 | 3128 | 4.20 | 0.0 | 3188 | 30.95 | -5.4 | | | | |
| 2709 | 2.46 | 0.0 | 2769 | 43.17 | -1.0 | 2829 | 17.80 | -1.9 | 2889 | 50.52 | 0.4 | 2949 | 46.19 | 0.0 | 3009 | 62.80 | -2.0 | 3069 | 55.47 | 0.4 | 3129 | 2.39 | 0.0 | 3189 | 33.17 | -5.4 | | | | |
| 2710 | 1.57 | 0.0 | 2770 | 45.52 | 1.0 | 2830 | 15.33 | -2.3 | 2890 | 49.58 | 0.4 | 2950 | 46.61 | -0.4 | 3010 | 62.99 | -3.9 | 3070 | 55.50 | 0.7 | 3130 | 2.00 | 0.0 | 3190 | 35.60 | -5.4 | | | | |
| 2711 | 1.11 | 0.0 | 2771 | 45.91 | -0.5 | 2831 | 13.33 | -4.0 | 2891 | 49.04 | -0.4 | 2951 | 47.34 | -0.9 | 3011 | 63.36 | -2.9 | 3071 | 55.19 | 0.4 | 3131 | 2.20 | 0.0 | 3191 | 38.47 | -2.9 | | | | |
| 2712 | 1.59 | 0.0 | 2772 | 46.78 | -0.4 | 2832 | 11.89 | -4.6 | 2892 | 48.63 | 0.0 | 2952 | 47.43 | 0.0 | 3012 | 63.47 | -2.6 | 3072 | 54.86 | 0.7 | 3132 | 1.15 | 0.0 | 3192 | 40.02 | -1.1 | | | | |
| 2713 | 0.28 | 0.0 | 2773 | 47.32 | -1.8 | 2833 | 10.85 | -5.2 | 2893 | 48.36 | 0.8 | 2953 | 47.39 | 1.3 | 3013 | 63.62 | -1.9 | 3073 | 53.84 | 0.8 | 3133 | 0.15 | 0.0 | 3193 | 41.89 | -1.5 | | | | |
| 2714 | 0.63 | 0.0 | 2774 | 48.47 | 0.4 | 2834 | 10.15 | -5.4 | 2894 | 47.78 | 0.4 | 2954 | 47.04 | 0.0 | 3014 | 64.99 | 0.6 | 3074 | 53.00 | 0.8 | 3134 | 0.70 | 0.0 | 3194 | 43.30 | -1.0 | | | | |
| 2715 | 0.69 | 0.0 | 2775 | 48.56 | 0.0 | 2835 | 8.70 | -5.4 | 2895 | 47.15 | 0.0 | 2955 | 47.02 | 3.9 | 3015 | 66.30 | -1.6 | 3075 | 52.74 | 3.5 | 3135 | 0.59 | 0.0 | 3195 | 43.99 | 1.4 | | | | |
| 2716 | 1.63 | 0.0 | 2776 | 49.17 | -0.4 | 2836 | 7.26 | -5.4 | 2896 | 46.54 | 0.4 | 2956 | 45.91 | 1.8 | 3016 | 67.52 | 0.0 | 3076 | 51.69 | 1.6 | 3136 | 1.67 | 0.0 | 3196 | 45.00 | 0.9 | | | | |
| 2717 | 3.17 | 0.0 | 2777 | 49.00 | -0.4 | 2837 | 5.94 | -5.4 | 2897 | 46.54 | 0.0 | 2957 | 45.19 | 1.8 | 3017 | 68.49 | 0.9 | 3077 | 50.06 | -0.4 | 3137 | 2.17 | 0.0 | 3197 | 45.32 | 0.9 | | | | |
| 2718 | 4.96 | 0.0 | 2778 | 47.89 | -0.4 | 2838 | 5.59 | -5.4 | 2898 | 46.04 | -0.4 | 2958 | 43.86 | 0.9 | 3018 | 70.17 | -0.9 | 3078 | 47.34 | -0.8 | 3138 | 1.17 | 0.0 | 3198 | 46.37 | 1.4 | | | | |
| 2719 | 7.04 | 0.0 | 2779 | 47.95 | -1.7 | 2839 | 5.09 | -5.4 | 2899 | 45.41 | -0.9 | 2959 | 43.76 | -0.9 | 3019 | 70.93 | -0.3 | 3079 | 46.02 | 0.0 | 3139 | 1.35 | 0.0 | 3199 | 47.36 | 1.3 | | | | |
| 2720 | 9.52 | -5.4 | 2780 | 47.47 | -3.0 | 2840 | 4.80 | 0.0 | 2900 | 44.95 | 0.9 | 2960 | 43.10 | -0.5 | 3020 | 71.49 | 0.9 | 3080 | 44.50 | -4.0 | 3140 | 1.41 | 0.0 | 3200 | 48.08 | 0.9 | | | | |
| 2721 | 15.13 | 0.0 | 2781 | 46.39 | -2.6 | 2841 | 3.32 | 0.0 | 2901 | 45.54 | -1.4 | 2961 | 43.39 | -0.5 | 3021 | 71.51 | 0.3 | 3081 | 42.80 | -1.4 | 3141 | 0.76 | 0.0 | 3201 | 47.93 | -1.7 | | | | |
| 2722 | 17.28 | 4.1 | 2782 | 45.82 | -2.2 | 2842 | 2.00 | 0.0 | 2902 | 46.41 | 0.9 | 2962 | 43.86 | 1.0 | 3022 | 70.78 | -0.6 | 3082 | 42.23 | -1.4 | 3142 | 0.70 | 0.0 | 3202 | 47.89 | -3.4 | | | | |
| 2723 | 19.08 | 3.6 | 2783 | 45.50 | -2.7 | 2843 | 1.78 | 0.0 | 2903 | 47.10 | -1.8 | 2963 | 44.61 | 1.9 | 3023 | 70.82 | 0.0 | 3083 | 40.74 | -0.5 | 3143 | 0.33 | 0.0 | 3203 | 47.56 | -3.4 | | | | |
| 2724 | 20.28 | 1.1 | 2784 | 44.30 | -2.3 | 2844 | 1.76 | 0.0 | 2904 | 47.73 | -2.2 | 2964 | 45.17 | 1.4 | 3024 | 70.93 | -1.5 | 3084 | 39.48 | 0.0 | 3144 | 0.37 | 0.0 | 3204 | 46.87 | -3.9 | | | | |
| 2725 | 21.82 | 0.0 | 2785 | 43.63 | -2.3 | 2845 | 1.30 | 0.0 | 2905 | 48.04 | 0.0 | 2965 | 45.26 | 0.5 | 3025 | 71.28 | 0.6 | 3085 | 38.82 | -0.5 | 3145 | 0.31 | 0.0 | 3205 | 44.34 | -3.1 | | | | |
| 2726 | 22.87 | 1.9 | 2786 | 42.28 | -3.3 | 2846 | 1.94 | 0.0 | 2906 | 47.17 | -0.4 | 2966 | 45.97 | -1.4 | 3026 | 71.80 | -0.3 | 3086 | 38.60 | -1.1 | 3146 | 0.20 | 0.0 | 3206 | 42.65 | -2.3 | | | | |
| 2727 | 23.84 | 0.9 | 2787 | 40.43 | -2.4 | 2847 | 1.19 | 0.0 | 2907 | 46.61 | -0.4 | 2967 | 45.93 | 0.4 | 3027 | 72.65 | -0.6 | 3087 | 38.63 | -0.5 | 3147 | 0.52 | 0.0 | 3207 | 39.43 | -2.4 | | | | |
| 2728 | 23.69 | 1.7 | 2788 | 40.89 | -5.4 | 2848 | 0.44 | 0.0 | 2908 | 46.02 | 1.3 | 2968 | 44.56 | 0.0 | 3028 | 72.67 | -0.9 | 3088 | 38.54 | -1.1 | 3148 | 0.85 | 0.0 | 3208 | 37.26 | -3.1 | | | | |
| 2729 | 24.04 | 1.7 | 2789 | 41.56 | -5.4 | 2849 | 0.59 | 0.0 | 2909 | 46.04 | 0.4 | 2969 | 43.73 | 1.4 | 3029 | 72.51 | 0.0 | 3089 | 39.48 | -2.1 | 3149 | 1.78 | 0.0 | 3209 | 34.69 | -3.9 | | | | |
| 2730 | 24.84 | 0.9 | 2790 | 41.58 | -5.0 | 2850 | 0.52 | 0.0 | 2910 | 45.95 | 0.0 | 2970 | 42.50 | 1.4 | 3030 | 71.99 | 0.3 | 3090 | 40.36 | -2.1 | 3150 | 1.72 | 0.0 | 3210 | 30.84 | -1.2 | | | | |
| 2731 | 27.98 | 0.8 | 2791 | 41.76 | -4.0 | 2851 | 0.41 | 0.0 | 2911 | 47.28 | -0.4 | 2971 | 41.21 | 1.0 | 3031 | 71.71 | 0.3 | 3091 | 41.82 | 0.0 | 3151 | 0.81 | 0.0 | 3211 | 26.08 | 1.3 | | | | |
| 2732 | 29.37 | 0.7 | 2792 | 41.95 | -4.4 | 2852 | 0.26 | 0.0 | 2912 | 49.10 | -0.9 | 2972 | 40.95 | 2.0 | 3032 | 71.23 | -0.3 | 3092 | 42.76 | -2.0 | 3152 | 0.48 | 0.0 | 3212 | 23.61 | -4.0 | | | | |
| 2733 | 30.06 | 1.4 | 2793 | 42.69 | -3.9 | 2853 | 0.37 | 0.0 | 2913 | 50.80 | 0.0 | 2973 | 41.15 | 4.5 | 3033 | 70.49 | -0.9 | 3093 | 43.45 | 0.0 | 3153 | 0.41 | 0.0 | 3213 | 21.56 | -5.2 | | | | |
| 2734 | 30.52 | -1.4 | 2794 | 45.15 | -1.5 | 2854 | 0.94 | 0.0 | 2914 | 51.37 | -0.4 | 2974 | 42.84 | 3.5 | 3034 | 69.14 | -1.2 | 3094 | 44.58 | -2.4 | 3154 | 0.83 | 0.0 | 3214 | 19.13 | -1.0 | | | | |
| 2735 | 30.17 | 0.0 | 2795 | 46.34 | -0.9 | 2855 | 1.96 | 0.0 | 2915 | 51.87 | 2.4 | 2975 | 44.43 | 2.4 | 3035 | 68.43 | -0.9 | 3095 | 45.24 | -0.5 | 3155 | 0.26 | 0.0 | 3215 | 16.52 | 3.2 | | | | |
| 2736 | 29.54 | 0.0 | 2796 | 46.91 | -2.7 | 2856 | 6.06 | 0.0 | 2916 | 53.50 | 0.4 | 2976 | 46.24 | 2.8 | 3036 | 67.39 | -1.8 | 3096 | 45.71 | -0.5 | 3156 | 0.74 | 0.0 | 3216 | 13.59 | 2.5 | | | | |
| 2737 | 29.98 | 0.0 | 2797 | 47.86 | -0.9 | 2857 | 10.17 | -3.4 | 2917 | 54.75 | 0.0 | 2977 | 48.69 | 0.0 | 3037 | 67.10 | -1.5 | 3097 | 45.69 | -0.9 | 3157 | 0.78 | 0.0 | 3217 | 11.69 | -3.0 | | | | |
| 2738 | 29.85 | 0.0 | 2798 | 50.41 | -1.3 | 2858 | 14.02 | -4.1 | 2918 | 55.28 | 0.8 | 2978 | 50.62 | 1.3 | 3038 | 66.45 | -1.5 | 3098 | 46.73 | 0.0 | 3158 | 0.22 | 0.0 | 3218 | 9.69 | 0.0 | | | | |
| 2739 | 29.82 | -0.7 | 2799 | 51.89 | -2.0 | 2859 | 17.22 | 1.5 | 2919 | 55.86 | 1.1 | 2979 | 52.74 | 2.9 | 3039 | 65.73 | -0.3 | 3099 | 48.37 | 0.9 | 3159 | 0.56 | 0.0 | 3219 | 6.63 | 4.3 | | | | |
| 2740 | 30.63 | 1.4 | 2800 | 53.75 | -1.6 | 2860 | 19.15 | 5.4 | 2920 | 56.36 | 0.7 | 2980 | 53.54 | 0.0 | 3040 | 64.28 | -0.6 | 3100 | 48.24 | -0.4 | 3160 | 1.81 | 0.0 | 3220 | 4.59 | 5.4 | | | | |
| 2741 | 31.04 | 2.7 | 2801 | 54.65 | 0.0 | 2861 | 21.32 | 4.3 | 2921 | 56.76 | 1.1 | 2981 | 53.87 | 0.8 | 3041 | 63.65 | 1.0 | 3101 | 47.24 | 1.3 | 3161 | 1.76 | 0.0 | 3221 | 2.50 | 0.0 | | | | |
| 2742 | 29.61 | 0.7 | 2802 | 55.65 | -1.1 | 2862 | 24.39 | 2.9 | 2922 | 57.15 | 0.4 | 2982 | 54.23 | 3.4 | 3042 | 62.67 | 0.0 | 3102 | 46.11 | 1.3 | 3162 | 0.93 | 0.0 | 3222 | 1.15 | 0.0 | | | | |
| 2743 | 30.71 | -0.7 | 2803 | 56.67 | -0.7 | 2863 | 25.63 | -2.5 | 2923 | 57.34 | -0.4 | 2983 | 54.10 | 0.8 | 3043 | 62.13 | 0.7 | 3103 | 46.02 | 0.4 | 3163 | 0.94 | 0.0 | 3223 | 1.52 | 0.0 | | | | |
| 2744 | 32.15 | 0.0 | 2804 | 57.67 | -1.1 | 2864 | 26.48 | 0.0 | 2924 | 57.13 | 0.4 | 2984 | 53.15 | 0.8 | 3044 | 62.38 | 0.0 | 3104 | 45.54 | 0.0 | 3164 | 0.09 | 0.0 | 3224 | 1.26 | 0.0 | | | | |
| 2745 | 32.41 | 0.6 | 2805 | 58.12 | -0.4 | 2865 | 28.00 | 0.8 | 2925 | 57.54 | 0.7 | 2985 | 52.80 | 2.7 | 3045 | 61.88 | -0.3 | 3105 | 45.30 | 0.5 | 3165 | 1.26 | 0.0 | 3225 | 0.57 | 0.0 | | | | |
| 2746 | 32.10 | 0.0 | 2806 | 58.34 | 0.0 | 2866 | 29.59 | 0.0 | 2926 | 57.15 | 0.0 | 2986 | 53.10 | 4.7 | 3046 | 62.23 | -0.3 | 3106 | 45.36 | -0.9 | 3166 | 0.81 | 0.0 | 3226 | 0.52 | 0.0 | | | | |
| 2747 | 32.67 | 0.0 | 2807 | 60.02 | 1.1 | 2867 | 30.43 | 1.4 | 2927 | 56.50 | 0.4 | 2987 | 53.24 | 3.9 | 3047 | 61.75 | -0.3 | 3107 | 45.23 | 0.0 | 3167 | 0.83 | 0.0 | 3227 | 0.50 | 0.0 | | | | |
| 2748 | 31.74 | -0.6 | 2808 | 60.62 | 0.7 | 2868 | 32.08 | 0.7 | 2928 | 55.84 | 1.1 | 2988 | 54.19 | 1.9 | 3048 | 60.63 | 0.3 | 3108 | 44.82 | 0.0 | 3168 | 0.78 | 0.0 | 3228 | 0.22 | 0.0 | | | | |
| 2749 | 30.78 | 0.0 | 2809 | 60.75 | 0.0 | 2869 | 33.17 | 1.3 | 2929 | 55.26 | 1.5 | 2989 | 55.62 | 0.8 | 3049 | 59.26 | -0.3 | 3109 | 43.24 | 0.9 | 3169 | 0.67 | 0.0 | 3229 | 1.19 | 0.0 | | | | |
| 2750 | 31.04 | 1.3 | 2810 | 60.76 | 0.3 | 2870 | 35.13 | 1.2 | 2930 | 54.87 | 0.4 | 2990 | 57.28 | 1.5 | 3050 | 57.43 | | | | | | | | | | | | | | |

rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
(7 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|-------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|--|--|--|
| 3241 | 0.85 | 0.0 | 3301 | 61.06 | 2.0 | 3361 | 0.52 | 0.0 | 3421 | 34.21 | 2.5 | 3481 | 38.65 | -2.7 | 3541 | 6.91 | 5.4 | 3601 | 37.65 | -3.2 | 3661 | 33.91 | 2.0 | 3721 | 20.80 | 5.0 | | | |
| 3242 | 0.48 | 0.0 | 3302 | 61.28 | 1.7 | 3362 | 0.26 | 0.0 | 3422 | 35.73 | 1.8 | 3482 | 38.91 | -2.1 | 3542 | 6.74 | -5.4 | 3602 | 34.72 | 2.7 | 3662 | 38.24 | -4.3 | 3722 | 22.39 | 5.0 | | | |
| 3243 | 0.48 | 0.0 | 3303 | 60.54 | 0.7 | 3363 | 0.46 | 0.0 | 3423 | 37.50 | 1.2 | 3483 | 38.69 | -3.2 | 3543 | 7.07 | -5.4 | 3603 | 36.04 | 3.6 | 3663 | 36.41 | 0.0 | 3723 | 21.89 | 3.7 | | | |
| 3244 | 0.11 | 0.0 | 3304 | 60.56 | 1.7 | 3364 | 0.28 | 0.0 | 3424 | 38.67 | 0.6 | 3484 | 39.06 | -3.2 | 3544 | 10.54 | 2.9 | 3604 | 34.76 | 2.3 | 3664 | 33.04 | -1.7 | 3724 | 20.46 | 1.9 | | | |
| 3245 | 0.28 | 0.0 | 3305 | 59.99 | 0.3 | 3365 | 0.76 | 0.0 | 3425 | 39.21 | -0.5 | 3485 | 37.82 | -2.1 | 3545 | 14.13 | 0.0 | 3605 | 34.24 | 1.2 | 3665 | 28.74 | 0.6 | 3725 | 20.32 | 5.4 | | | |
| 3246 | 0.17 | 0.0 | 3306 | 58.41 | 0.7 | 3366 | 0.98 | 0.0 | 3426 | 39.21 | 1.1 | 3486 | 37.98 | -1.6 | 3546 | 13.78 | 5.4 | 3606 | 28.76 | -1.2 | 3666 | 23.93 | 2.2 | 3726 | 20.83 | 2.0 | | | |
| 3247 | 0.59 | 0.0 | 3307 | 58.36 | 0.7 | 3367 | 0.96 | 0.0 | 3427 | 39.10 | 2.1 | 3487 | 35.23 | -1.6 | 3547 | 19.43 | 3.0 | 3607 | 27.13 | -3.6 | 3667 | 22.34 | -5.4 | 3727 | 20.93 | 2.0 | | | |
| 3248 | 3.65 | 0.0 | 3308 | 56.89 | 0.4 | 3368 | 1.20 | 0.0 | 3428 | 38.17 | 0.0 | 3488 | 31.98 | -5.4 | 3548 | 27.02 | 0.0 | 3608 | 23.22 | -5.3 | 3668 | 20.96 | -5.4 | 3728 | 21.02 | 0.0 | | | |
| 3249 | 5.70 | 0.0 | 3309 | 56.21 | 0.0 | 3369 | 3.02 | 0.0 | 3429 | 35.91 | 0.5 | 3489 | 32.71 | 0.6 | 3549 | 32.72 | 1.5 | 3609 | 21.63 | 0.9 | 3669 | 23.37 | 5.4 | 3729 | 21.19 | -2.0 | | | |
| 3250 | 6.57 | -3.6 | 3310 | 54.36 | 0.7 | 3370 | 5.59 | 0.0 | 3430 | 32.63 | -0.6 | 3490 | 33.41 | -1.3 | 3550 | 33.85 | 2.5 | 3610 | 17.33 | -5.4 | 3670 | 22.34 | 0.9 | 3730 | 22.00 | 2.9 | | | |
| 3251 | 6.56 | -3.1 | 3311 | 53.76 | 1.9 | 3371 | 6.28 | 0.0 | 3431 | 32.04 | -0.6 | 3491 | 34.76 | 1.9 | 3551 | 37.87 | 3.0 | 3611 | 16.00 | -2.4 | 3671 | 14.91 | 5.4 | 3731 | 23.67 | 0.9 | | | |
| 3252 | 7.26 | 0.0 | 3312 | 52.56 | 1.2 | 3372 | 7.89 | 3.3 | 3432 | 30.26 | 0.6 | 3492 | 33.89 | 0.0 | 3552 | 39.61 | 1.6 | 3612 | 15.00 | -1.3 | 3672 | 18.37 | 5.4 | 3732 | 26.13 | 5.2 | | | |
| 3253 | 8.96 | -5.4 | 3313 | 48.54 | 1.2 | 3373 | 9.57 | 5.4 | 3433 | 28.85 | -0.7 | 3493 | 34.72 | 1.8 | 3553 | 41.67 | 5.4 | 3613 | 16.15 | 1.4 | 3673 | 15.98 | 5.4 | 3733 | 28.21 | 2.4 | | | |
| 3254 | 11.17 | 0.0 | 3314 | 40.93 | 0.0 | 3374 | 11.17 | 4.3 | 3434 | 27.54 | 0.7 | 3494 | 36.97 | 1.2 | 3554 | 41.37 | -3.5 | 3614 | 16.56 | -5.1 | 3674 | 21.91 | 5.4 | 3734 | 30.47 | -1.5 | | | |
| 3255 | 13.08 | -1.8 | 3315 | 36.34 | -1.5 | 3375 | 13.35 | 5.4 | 3435 | 25.28 | 0.0 | 3495 | 35.87 | 0.0 | 3555 | 41.24 | -1.5 | 3615 | 14.56 | -5.0 | 3675 | 27.11 | 5.4 | 3735 | 32.28 | 3.4 | | | |
| 3256 | 15.69 | -4.7 | 3316 | 31.56 | 2.3 | 3376 | 14.52 | 5.4 | 3436 | 23.45 | 1.6 | 3496 | 32.97 | -1.2 | 3556 | 40.39 | -0.5 | 3616 | 10.80 | 0.0 | 3676 | 27.26 | -3.0 | 3736 | 33.34 | -5.4 | | | |
| 3257 | 17.35 | 1.3 | 3317 | 27.11 | 0.7 | 3377 | 16.59 | -1.4 | 3437 | 21.46 | 0.0 | 3497 | 32.61 | -1.3 | 3557 | 40.47 | 2.6 | 3617 | 8.07 | 0.0 | 3677 | 25.04 | -5.4 | 3737 | 33.69 | -1.2 | | | |
| 3258 | 22.74 | 1.2 | 3318 | 22.24 | 0.8 | 3378 | 18.24 | -5.4 | 3438 | 19.24 | 0.0 | 3498 | 33.48 | 1.9 | 3558 | 41.43 | 3.1 | 3618 | 6.26 | -5.4 | 3678 | 26.22 | -5.4 | 3738 | 33.65 | 4.9 | | | |
| 3259 | 25.67 | -0.9 | 3319 | 15.46 | 3.7 | 3379 | 19.80 | 4.5 | 3439 | 17.85 | 2.1 | 3499 | 34.65 | 2.5 | 3559 | 42.47 | 0.0 | 3619 | 4.54 | -5.4 | 3679 | 25.22 | -5.4 | 3739 | 33.35 | 4.9 | | | |
| 3260 | 29.41 | -3.2 | 3320 | 11.70 | -5.4 | 3380 | 21.72 | 4.2 | 3440 | 18.37 | 1.2 | 3500 | 36.06 | 4.2 | 3560 | 43.13 | 2.9 | 3620 | 4.07 | 0.0 | 3680 | 28.45 | -5.4 | 3740 | 32.35 | 4.3 | | | |
| 3261 | 32.43 | 2.1 | 3321 | 8.91 | -5.3 | 3381 | 24.43 | 1.0 | 3441 | 20.48 | 3.4 | 3501 | 37.00 | 1.7 | 3561 | 43.52 | 3.3 | 3621 | 4.44 | 0.0 | 3681 | 27.47 | -5.4 | 3741 | 32.58 | 2.6 | | | |
| 3262 | 35.95 | -1.3 | 3322 | 6.13 | 2.3 | 3382 | 26.47 | -3.4 | 3442 | 22.63 | 2.0 | 3502 | 34.84 | 2.8 | 3562 | 44.26 | 5.4 | 3622 | 4.74 | 0.0 | 3682 | 26.85 | -5.4 | 3742 | 32.13 | 3.8 | | | |
| 3263 | 38.43 | 2.3 | 3323 | 2.80 | 5.4 | 3383 | 27.91 | 0.0 | 3443 | 25.02 | 3.6 | 3503 | 31.50 | 0.0 | 3563 | 45.34 | 2.8 | 3623 | 6.56 | 0.0 | 3683 | 26.65 | -3.8 | 3743 | 32.45 | 2.6 | | | |
| 3264 | 41.69 | 0.0 | 3324 | 1.57 | 0.0 | 3384 | 29.48 | -3.0 | 3444 | 27.37 | -4.1 | 3504 | 28.71 | -0.7 | 3564 | 45.45 | 2.3 | 3624 | 10.35 | -5.4 | 3684 | 26.85 | -4.6 | 3744 | 32.24 | -0.6 | | | |
| 3265 | 45.39 | 1.0 | 3325 | 0.74 | 0.0 | 3385 | 29.69 | -4.2 | 3445 | 30.60 | -3.8 | 3505 | 28.06 | 0.7 | 3565 | 46.02 | 2.3 | 3625 | 12.74 | -5.4 | 3685 | 26.37 | -4.6 | 3745 | 30.67 | -1.3 | | | |
| 3266 | 46.78 | 0.9 | 3326 | 0.37 | 0.0 | 3386 | 28.82 | -5.4 | 3446 | 32.02 | -5.4 | 3506 | 27.84 | 3.7 | 3566 | 46.50 | 1.8 | 3626 | 12.98 | -5.4 | 3686 | 26.47 | -5.4 | 3746 | 33.78 | 4.0 | | | |
| 3267 | 48.26 | 0.4 | 3327 | 0.30 | 0.0 | 3387 | 28.89 | -1.4 | 3447 | 34.17 | 1.9 | 3507 | 24.61 | 3.0 | 3567 | 47.37 | -0.9 | 3627 | 13.43 | 3.2 | 3687 | 29.28 | -3.1 | 3747 | 33.76 | 1.8 | | | |
| 3268 | 50.49 | 0.0 | 3328 | 0.04 | 0.0 | 3388 | 28.28 | -2.1 | 3448 | 36.08 | 1.2 | 3508 | 22.74 | 5.4 | 3568 | 47.84 | 3.9 | 3628 | 12.41 | 0.0 | 3688 | 30.91 | -3.5 | 3748 | 31.98 | 1.2 | | | |
| 3269 | 52.04 | 0.4 | 3329 | 0.52 | 0.0 | 3389 | 26.09 | -2.2 | 3449 | 37.26 | -1.7 | 3509 | 20.67 | -2.7 | 3569 | 47.39 | 2.2 | 3629 | 11.95 | -5.4 | 3689 | 32.34 | -5.4 | 3749 | 32.24 | 0.0 | | | |
| 3270 | 52.74 | 1.2 | 3330 | 0.11 | 0.0 | 3390 | 23.98 | 0.0 | 3450 | 37.39 | -1.1 | 3510 | 20.61 | 5.4 | 3570 | 47.24 | 0.0 | 3630 | 11.33 | -5.4 | 3690 | 32.60 | -0.6 | 3750 | 32.26 | 3.6 | | | |
| 3271 | 53.12 | 0.4 | 3331 | 0.13 | 0.0 | 3391 | 22.85 | -1.7 | 3451 | 35.50 | 0.0 | 3511 | 18.46 | 1.0 | 3571 | 46.58 | -1.7 | 3631 | 10.45 | -5.4 | 3691 | 32.50 | -3.8 | 3751 | 33.17 | 3.2 | | | |
| 3272 | 52.86 | 1.6 | 3332 | 0.87 | 0.0 | 3392 | 21.93 | 0.0 | 3452 | 33.52 | 1.7 | 3512 | 19.82 | 0.0 | 3572 | 46.28 | -3.5 | 3632 | 10.87 | 0.0 | 3692 | 32.87 | -2.5 | 3752 | 34.37 | 1.2 | | | |
| 3273 | 54.12 | 0.8 | 3333 | 1.00 | 0.0 | 3393 | 21.72 | -0.9 | 3453 | 29.15 | -1.2 | 3513 | 22.21 | 4.2 | 3573 | 46.89 | -2.7 | 3633 | 13.78 | 1.9 | 3693 | 33.60 | -2.5 | 3753 | 33.67 | -1.8 | | | |
| 3274 | 56.86 | -0.4 | 3334 | 0.57 | 0.0 | 3394 | 22.32 | 0.0 | 3454 | 24.37 | -0.7 | 3514 | 24.82 | 5.4 | 3574 | 44.37 | 0.0 | 3634 | 16.09 | 5.4 | 3694 | 34.97 | -1.8 | 3754 | 30.32 | -4.3 | | | |
| 3275 | 57.73 | 1.1 | 3335 | 0.76 | 0.0 | 3395 | 24.11 | 0.9 | 3455 | 22.13 | -5.1 | 3515 | 28.56 | 5.4 | 3575 | 43.43 | 0.5 | 3635 | 18.69 | 5.1 | 3695 | 37.10 | -2.4 | 3755 | 31.43 | -4.8 | | | |
| 3276 | 58.60 | 2.1 | 3336 | 1.76 | 0.0 | 3396 | 26.41 | 1.7 | 3456 | 19.61 | -5.4 | 3516 | 30.34 | 5.4 | 3576 | 42.65 | 2.8 | 3636 | 17.58 | 3.3 | 3696 | 35.69 | -1.1 | 3756 | 29.82 | 4.6 | | | |
| 3277 | 58.54 | 0.7 | 3337 | 1.80 | 0.0 | 3397 | 28.67 | 1.6 | 3457 | 19.06 | -2.1 | 3517 | 31.52 | 3.4 | 3577 | 41.63 | 3.9 | 3637 | 17.98 | 2.3 | 3697 | 34.60 | 0.0 | 3757 | 28.67 | 0.7 | | | |
| 3278 | 59.76 | 0.4 | 3338 | 2.57 | 0.0 | 3398 | 30.54 | 2.2 | 3458 | 18.91 | -2.2 | 3518 | 32.74 | 3.3 | 3578 | 40.65 | 1.0 | 3638 | 19.50 | -5.4 | 3698 | 35.23 | 1.8 | 3758 | 27.85 | 4.3 | | | |
| 3279 | 60.08 | -0.7 | 3339 | 2.00 | 0.0 | 3399 | 32.04 | 0.7 | 3459 | 21.24 | -3.3 | 3519 | 34.93 | -1.3 | 3579 | 38.24 | 2.5 | 3639 | 18.00 | 1.1 | 3699 | 35.87 | -0.6 | 3759 | 24.98 | 1.5 | | | |
| 3280 | 57.43 | -1.0 | 3340 | 2.15 | 0.0 | 3400 | 33.74 | 1.3 | 3460 | 22.04 | 0.0 | 3520 | 37.61 | -1.8 | 3580 | 35.50 | 0.5 | 3640 | 16.54 | -1.1 | 3700 | 35.84 | -1.7 | 3760 | 25.43 | -1.7 | | | |
| 3281 | 56.65 | -1.1 | 3341 | 2.07 | 0.0 | 3401 | 35.37 | -0.6 | 3461 | 23.09 | -2.8 | 3521 | 40.82 | -1.1 | 3581 | 32.34 | -2.3 | 3641 | 15.33 | 1.2 | 3701 | 35.71 | 1.2 | 3761 | 27.65 | -5.4 | | | |
| 3282 | 56.26 | 1.5 | 3342 | 1.94 | 0.0 | 3402 | 36.47 | -2.3 | 3462 | 24.50 | -0.9 | 3522 | 41.74 | -0.5 | 3582 | 29.85 | -2.6 | 3642 | 11.65 | -4.0 | 3702 | 34.98 | -3.5 | 3762 | 28.78 | 4.5 | | | |
| 3283 | 54.56 | -0.7 | 3343 | 1.61 | 0.0 | 3403 | 36.73 | -2.3 | 3463 | 25.59 | -1.7 | 3523 | 42.91 | -2.5 | 3583 | 30.52 | -2.1 | 3643 | 12.13 | 5.4 | 3703 | 35.15 | 0.0 | 3763 | 28.78 | 5.0 | | | |
| 3284 | 54.34 | -1.1 | 3344 | 1.22 | 0.0 | 3404 | 37.35 | -3.4 | 3464 | 25.80 | -5.4 | 3524 | 45.32 | 1.4 | 3584 | 31.76 | -2.0 | 3644 | 8.45 | -5.4 | 3704 | 35.85 | 0.0 | 3764 | 28.37 | 4.3 | | | |
| 3285 | 52.60 | 0.4 | 3345 | 0.83 | 0.0 | 3405 | 37.65 | -2.8 | 3465 | 25.02 | -4.8 | 3525 | 44.61 | -4.1 | 3585 | 35.43 | 5.4 | 3645 | 12.74 | 4.9 | 3705 | 37.17 | 1.2 | 3765 | 28.37 | -2.2 | | | |
| 3286 | 52.34 | -0.4 | 3346 | 1.20 | 0.0 | 3406 | 39.02 | 0.0 | 3466 | 24.43 | -4.1 | 3526 | 44.26 | -0.9 | 3586 | 38.85 | -4.1 | 3646 | 16.71 | -3.2 | 3706 | 37.17 | -2.8 | 3766 | 29.21 | 1.5 | | | |
| 3287 | 52.74 | 0.8 | 3347 | 0.59 | 0.0 | 3407 | 39.00 | -3.2 | 3467 | 23.61 | -2.5 | 3527 | 45.21 | 4.2 | 3587 | 40.15 | -2.1 | 3647 | 17.56 | 0.0 | 3707 | 36.04 | 3.3 | 3767 | 30.45 | -3.5 | | | |
| 3288 | 51.47 | -0.4 | 3348 | 0.26 | 0.0 | 3408 | 38.98 | -1.1 | 3468 | 24.80 | -4.4 | 3528 | 45.91 | 2.3 | 3588 | 41.65 | -0.5 | 3648 | 21.37 | -3.5 | 3708 | 35.21 | -1.7 | 3768 | 30.80 | -1.4 | | | |
| 3289 | 50.06 | -0.4 | 3349 | 0.61 | 0.0 | 3409 | 38.65 | -1.6 | 3469 | 25.50 | -2.5 | 3529 | 44.04 | -2.2 | 3589 | 42.15 | -2.5 | 3649 | 27.48 | 5.4 | 3709 | 34.98 | 5.4 | 3769 | 29.82 | -1.3 | | | |
| 3290 | 52.02 | 0.8 | 3350 | 0.20 | 0.0 | 3410 | 38.28 | -1.1 | 3470 | 26.30 | -0.8 | 3530 | 38.71 | -1. | | | | | | | | | | | | | | | |

rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
(8 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|-------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| 3781 | 10.54 | 5.4 | 3841 | 52.49 | 0.0 | 3901 | 0.11 | 0.0 | 3961 | 39.48 | -1.1 | 4021 | 56.10 | -2.2 | 4081 | 74.47 | -1.1 | 4141 | 64.01 | -1.6 | 4201 | 61.00 | -0.3 | 4261 | 12.69 | 5.4 |
| 3782 | 12.37 | -2.0 | 3842 | 51.84 | 0.0 | 3902 | 0.83 | 0.0 | 3962 | 40.41 | 1.0 | 4022 | 54.95 | -0.7 | 4082 | 74.77 | 0.6 | 4142 | 64.32 | -1.9 | 4202 | 60.75 | -0.3 | 4262 | 14.15 | -4.9 |
| 3783 | 16.08 | 0.0 | 3843 | 51.43 | 2.0 | 3903 | 1.15 | 0.0 | 3963 | 41.47 | 0.5 | 4023 | 53.93 | -1.9 | 4083 | 74.67 | -2.5 | 4143 | 63.67 | 0.6 | 4203 | 59.80 | -1.4 | 4263 | 15.04 | -2.9 |
| 3784 | 18.39 | 5.1 | 3844 | 49.74 | 0.0 | 3904 | 0.69 | 0.0 | 3964 | 42.15 | 0.5 | 4024 | 52.91 | -1.5 | 4084 | 75.77 | -0.3 | 4144 | 64.73 | 1.3 | 4204 | 59.63 | -1.0 | 4264 | 16.35 | -5.4 |
| 3785 | 20.02 | 4.5 | 3845 | 49.87 | 2.5 | 3905 | 0.54 | 0.0 | 3965 | 43.76 | 0.0 | 4025 | 52.54 | -1.9 | 4085 | 76.45 | -2.4 | 4145 | 64.71 | 1.6 | 4205 | 58.76 | -5.4 | 4265 | 17.39 | -1.3 |
| 3786 | 22.69 | 1.0 | 3846 | 49.12 | 1.2 | 3906 | 0.50 | 0.0 | 3966 | 44.71 | 1.9 | 4026 | 51.89 | -2.0 | 4086 | 75.99 | 2.2 | 4146 | 62.21 | 1.0 | 4206 | 54.80 | -5.4 | 4266 | 16.65 | -5.4 |
| 3787 | 24.02 | 4.5 | 3847 | 49.84 | 0.4 | 3907 | 0.22 | 0.0 | 3967 | 45.10 | 0.9 | 4027 | 51.67 | -0.8 | 4087 | 76.73 | 1.6 | 4147 | 65.21 | 3.3 | 4207 | 52.04 | -1.9 | 4267 | 15.56 | -5.4 |
| 3788 | 25.80 | 5.4 | 3848 | 49.74 | 3.7 | 3908 | 0.37 | 0.0 | 3968 | 45.37 | 2.3 | 4028 | 50.12 | -2.8 | 4088 | 76.15 | 2.7 | 4148 | 65.60 | 0.3 | 4208 | 49.63 | -2.4 | 4268 | 15.06 | -5.4 |
| 3789 | 26.45 | 5.4 | 3849 | 50.62 | -0.4 | 3909 | 0.44 | 0.0 | 3969 | 45.28 | 4.1 | 4029 | 49.30 | -0.8 | 4089 | 75.38 | 0.8 | 4149 | 65.56 | -0.3 | 4209 | 45.67 | -4.6 | 4269 | 14.61 | -4.1 |
| 3790 | 27.56 | 0.8 | 3850 | 50.19 | 0.8 | 3910 | 0.67 | 0.0 | 3970 | 45.84 | 3.2 | 4030 | 49.37 | -2.1 | 4090 | 74.58 | 1.6 | 4150 | 65.02 | -0.9 | 4210 | 44.24 | -4.1 | 4270 | 14.58 | -5.4 |
| 3791 | 28.85 | 0.7 | 3851 | 50.76 | 4.5 | 3911 | 1.76 | 0.0 | 3971 | 45.99 | 0.0 | 4031 | 49.00 | -2.5 | 4091 | 73.36 | 1.4 | 4151 | 64.25 | 1.3 | 4211 | 43.74 | -1.4 | 4271 | 14.96 | -1.0 |
| 3792 | 28.85 | 5.0 | 3852 | 50.56 | 4.5 | 3912 | 2.98 | 0.0 | 3972 | 46.49 | 0.9 | 4032 | 48.02 | -2.1 | 4092 | 72.36 | 3.7 | 4152 | 64.26 | -1.6 | 4212 | 43.17 | -0.9 | 4272 | 16.08 | 5.4 |
| 3793 | 28.76 | -5.4 | 3853 | 50.95 | 0.8 | 3913 | 4.87 | 0.0 | 3973 | 46.84 | 0.4 | 4033 | 48.39 | -1.7 | 4093 | 71.82 | 2.8 | 4153 | 63.97 | 2.2 | 4213 | 42.48 | -2.9 | 4273 | 18.04 | 5.1 |
| 3794 | 30.80 | 3.6 | 3854 | 50.34 | 2.0 | 3914 | 6.26 | 0.0 | 3974 | 47.02 | 0.4 | 4034 | 48.39 | -0.9 | 4094 | 71.54 | 1.1 | 4154 | 64.26 | 0.0 | 4214 | 43.10 | -1.9 | 4274 | 18.09 | 1.1 |
| 3795 | 31.74 | -4.0 | 3855 | 50.13 | 5.4 | 3915 | 8.02 | -5.4 | 3975 | 47.32 | 0.9 | 4035 | 48.93 | -1.3 | 4095 | 70.12 | 1.2 | 4155 | 63.47 | -0.6 | 4215 | 43.76 | 0.0 | 4275 | 18.21 | 5.4 |
| 3796 | 34.32 | -5.2 | 3856 | 49.91 | 5.3 | 3916 | 10.06 | 5.1 | 3976 | 48.02 | -0.9 | 4036 | 49.73 | -0.4 | 4096 | 68.43 | 4.7 | 4156 | 62.95 | 1.6 | 4216 | 44.52 | -2.4 | 4276 | 16.89 | 1.1 |
| 3797 | 35.35 | 5.4 | 3857 | 49.30 | 3.3 | 3917 | 14.04 | 5.4 | 3977 | 47.56 | 1.3 | 4037 | 50.89 | -0.8 | 4097 | 65.80 | 2.1 | 4157 | 62.69 | -0.3 | 4217 | 45.00 | 0.9 | 4277 | 16.78 | -5.4 |
| 3798 | 35.60 | -1.8 | 3858 | 47.91 | 3.3 | 3918 | 15.74 | 5.4 | 3978 | 47.95 | 0.4 | 4038 | 50.80 | 1.2 | 4098 | 67.54 | 0.9 | 4158 | 64.65 | -1.3 | 4218 | 45.00 | -1.4 | 4278 | 16.76 | -5.4 |
| 3799 | 35.50 | -1.7 | 3859 | 48.24 | 2.2 | 3919 | 16.45 | -2.6 | 3979 | 48.47 | 0.9 | 4039 | 52.50 | -0.8 | 4099 | 68.21 | 0.3 | 4159 | 62.58 | -1.3 | 4219 | 45.30 | -0.5 | 4279 | 17.26 | -5.4 |
| 3800 | 35.11 | -1.2 | 3860 | 48.34 | 2.1 | 3920 | 17.85 | 1.3 | 3980 | 49.95 | 0.9 | 4040 | 53.95 | 1.2 | 4100 | 68.38 | 1.2 | 4160 | 64.08 | -0.7 | 4220 | 44.10 | 0.9 | 4280 | 16.74 | -5.4 |
| 3801 | 34.80 | 5.4 | 3861 | 44.28 | 0.9 | 3921 | 19.30 | -4.6 | 3981 | 51.23 | -1.2 | 4041 | 54.52 | -1.5 | 4101 | 69.54 | -0.9 | 4161 | 65.30 | 0.0 | 4221 | 44.23 | 2.3 | 4281 | 17.54 | -5.4 |
| 3802 | 35.63 | 1.8 | 3862 | 41.43 | 4.6 | 3922 | 20.26 | -4.3 | 3982 | 51.50 | 1.2 | 4042 | 55.23 | 0.4 | 4102 | 67.28 | 0.0 | 4162 | 65.49 | -0.9 | 4222 | 46.06 | 0.9 | 4282 | 18.39 | -4.7 |
| 3803 | 35.35 | -4.6 | 3863 | 38.39 | 4.0 | 3923 | 19.76 | -2.0 | 3983 | 51.34 | 0.0 | 4043 | 56.43 | 0.0 | 4103 | 69.56 | 1.2 | 4163 | 65.65 | -1.6 | 4223 | 47.95 | 1.3 | 4283 | 19.13 | -5.4 |
| 3804 | 35.39 | 2.3 | 3864 | 35.11 | 0.5 | 3924 | 18.72 | 2.1 | 3984 | 51.74 | -2.0 | 4044 | 57.15 | 1.1 | 4104 | 69.52 | -2.4 | 4164 | 65.88 | -1.3 | 4224 | 49.08 | 0.9 | 4284 | 16.63 | 2.2 |
| 3805 | 37.15 | -1.2 | 3865 | 30.28 | -1.2 | 3925 | 17.09 | 3.3 | 3985 | 52.21 | 0.4 | 4045 | 57.36 | 0.0 | 4105 | 68.97 | -3.6 | 4165 | 66.39 | -2.5 | 4225 | 49.99 | 0.4 | 4285 | 16.58 | -1.2 |
| 3806 | 38.15 | -5.4 | 3866 | 22.08 | -1.4 | 3926 | 16.20 | 4.8 | 3986 | 52.60 | -1.6 | 4046 | 57.10 | -0.7 | 4106 | 69.23 | -4.5 | 4166 | 65.38 | -3.4 | 4226 | 50.89 | 0.0 | 4286 | 16.50 | -5.4 |
| 3807 | 38.87 | -0.5 | 3867 | 19.46 | 5.4 | 3927 | 18.46 | 5.4 | 3987 | 52.97 | -0.8 | 4047 | 56.78 | 0.4 | 4107 | 67.47 | -0.6 | 4167 | 64.80 | -1.9 | 4227 | 51.80 | 2.8 | 4287 | 15.69 | -5.4 |
| 3808 | 40.63 | -2.7 | 3868 | 17.17 | -2.1 | 3928 | 22.74 | 5.4 | 3988 | 53.28 | -1.2 | 4048 | 55.08 | -0.7 | 4108 | 66.91 | -2.7 | 4168 | 64.75 | -0.6 | 4228 | 51.89 | 2.8 | 4288 | 15.82 | -5.4 |
| 3809 | 42.58 | -4.1 | 3869 | 15.32 | -1.2 | 3929 | 24.80 | 3.6 | 3989 | 53.12 | 0.0 | 4049 | 54.17 | 0.0 | 4109 | 67.14 | -2.2 | 4169 | 64.52 | -1.9 | 4229 | 52.58 | 0.8 | 4289 | 16.28 | -5.4 |
| 3810 | 44.32 | -3.4 | 3870 | 14.35 | 5.4 | 3930 | 26.32 | 1.7 | 3990 | 52.60 | -1.6 | 4050 | 53.15 | -0.4 | 4110 | 66.21 | -3.7 | 4170 | 65.41 | -1.9 | 4230 | 53.80 | 2.0 | 4290 | 17.30 | -5.4 |
| 3811 | 44.86 | -2.3 | 3871 | 13.43 | -4.3 | 3931 | 27.59 | 0.8 | 3991 | 51.78 | -1.2 | 4051 | 52.65 | -0.8 | 4111 | 64.73 | -1.2 | 4171 | 66.62 | -1.9 | 4231 | 51.32 | 0.4 | 4291 | 18.21 | -5.4 |
| 3812 | 45.04 | -1.4 | 3872 | 12.98 | -3.1 | 3932 | 28.50 | 2.2 | 3992 | 50.24 | 0.0 | 4052 | 53.62 | -0.8 | 4112 | 61.04 | -4.5 | 4172 | 65.86 | -0.9 | 4232 | 50.23 | -1.2 | 4292 | 18.33 | -5.4 |
| 3813 | 45.04 | -2.7 | 3873 | 10.78 | -5.4 | 3933 | 29.89 | 1.4 | 3993 | 49.61 | 0.0 | 4053 | 54.62 | -1.5 | 4113 | 60.36 | -5.1 | 4173 | 64.25 | 0.0 | 4233 | 50.12 | -5.4 | 4293 | 18.08 | -5.4 |
| 3814 | 45.15 | 1.8 | 3874 | 10.17 | -5.4 | 3934 | 31.80 | 0.0 | 3994 | 43.50 | -1.3 | 4054 | 52.00 | -1.5 | 4114 | 58.97 | -0.7 | 4174 | 64.88 | -0.3 | 4234 | 47.76 | -5.4 | 4294 | 17.46 | -2.3 |
| 3815 | 44.30 | -2.7 | 3875 | 9.50 | -4.1 | 3935 | 33.08 | -0.6 | 3995 | 41.60 | -4.3 | 4055 | 50.21 | -2.0 | 4115 | 57.00 | 0.0 | 4175 | 64.75 | -1.9 | 4235 | 45.39 | -5.2 | 4295 | 16.45 | 0.0 |
| 3816 | 43.97 | -1.9 | 3876 | 9.15 | -4.3 | 3936 | 34.21 | 0.0 | 3996 | 39.74 | -3.0 | 4056 | 49.47 | -2.1 | 4116 | 54.41 | 1.8 | 4176 | 64.75 | 1.9 | 4236 | 43.32 | -0.9 | 4296 | 15.43 | -3.8 |
| 3817 | 44.24 | -0.9 | 3877 | 8.89 | -5.4 | 3937 | 32.04 | -1.2 | 3997 | 37.85 | -1.0 | 4057 | 47.50 | -2.9 | 4117 | 51.89 | 2.7 | 4177 | 63.80 | 0.6 | 4237 | 42.10 | -1.0 | 4297 | 15.02 | 0.0 |
| 3818 | 45.61 | -5.1 | 3878 | 9.22 | -5.4 | 3938 | 33.56 | -3.2 | 3998 | 34.67 | -1.6 | 4058 | 46.39 | 0.0 | 4118 | 51.50 | 0.0 | 4178 | 63.21 | 1.0 | 4238 | 41.67 | -2.4 | 4298 | 15.61 | -1.4 |
| 3819 | 46.91 | 5.0 | 3879 | 8.52 | -2.2 | 3939 | 34.41 | -0.6 | 3999 | 31.61 | -4.7 | 4059 | 44.34 | -0.9 | 4119 | 51.89 | 1.2 | 4179 | 63.01 | 2.6 | 4239 | 41.24 | 0.5 | 4299 | 15.63 | 1.3 |
| 3820 | 46.50 | -2.6 | 3880 | 8.45 | 5.4 | 3940 | 35.47 | -1.2 | 4000 | 30.32 | -4.6 | 4060 | 44.32 | -1.4 | 4120 | 51.93 | -0.4 | 4180 | 61.80 | 1.6 | 4240 | 41.10 | 1.0 | 4300 | 16.33 | -1.3 |
| 3821 | 46.63 | -1.8 | 3881 | 8.39 | 0.0 | 3941 | 35.76 | -2.3 | 4001 | 29.72 | -4.1 | 4061 | 45.39 | -1.9 | 4121 | 52.24 | 1.2 | 4181 | 62.84 | 3.0 | 4241 | 31.52 | -2.0 | 4301 | 16.02 | -2.5 |
| 3822 | 46.78 | -0.4 | 3882 | 8.13 | 0.0 | 3942 | 35.48 | -0.6 | 4002 | 28.91 | -3.5 | 4062 | 48.36 | -3.6 | 4122 | 53.47 | 0.8 | 4182 | 61.71 | 2.0 | 4242 | 25.34 | -2.0 | 4302 | 15.37 | 0.0 |
| 3823 | 46.21 | -0.9 | 3883 | 7.67 | -5.4 | 3943 | 36.32 | 0.0 | 4003 | 28.45 | -2.9 | 4063 | 48.56 | -1.3 | 4123 | 56.25 | 2.3 | 4183 | 61.41 | -3.7 | 4243 | 21.34 | 3.3 | 4303 | 15.61 | 5.4 |
| 3824 | 45.74 | 0.4 | 3884 | 6.33 | -5.4 | 3944 | 37.32 | -1.7 | 4004 | 28.72 | -0.7 | 4064 | 47.91 | -1.3 | 4124 | 56.32 | 1.5 | 4184 | 62.10 | 3.0 | 4244 | 20.17 | -5.4 | 4304 | 15.28 | 5.4 |
| 3825 | 45.41 | -1.4 | 3885 | 6.28 | -5.4 | 3945 | 37.43 | -0.6 | 4005 | 29.24 | -1.4 | 4065 | 50.21 | -2.6 | 4125 | 59.02 | 1.5 | 4185 | 62.60 | 0.3 | 4245 | 25.50 | 3.1 | 4305 | 15.00 | 5.4 |
| 3826 | 45.56 | -1.4 | 3886 | 5.33 | -5.4 | 3946 | 37.23 | 1.7 | 4006 | 30.50 | -0.7 | 4066 | 52.73 | -0.4 | 4126 | 61.63 | 1.7 | 4186 | 62.49 | 0.3 | 4246 | 30.24 | -3.2 | 4306 | 14.22 | 2.8 |
| 3827 | 44.95 | 0.0 | 3887 | 2.83 | 0.0 | 3947 | 37.54 | -0.6 | 4007 | 32.56 | 0.7 | 4067 | 52.82 | 2.0 | 4127 | 62.71 | 0.7 | 4187 | 63.13 | -0.7 | 4247 | 30.22 | -0.7 | 4307 | 12.85 | 5.4 |
| 3828 | 44.43 | 3.2 | 3888 | 0.78 | 0.0 | 3948 | 38.19 | 1.6 | 4008 | 34.06 | 0.0 | 4068 | 52.34 | 2.7 | 4128 | 63.82 | 0.0 | 4188 | 63.36 | -2.0 | 4248 | 27.39 | -2.0 | 4308 | 11.91 | 4.8 |
| 3829 | 43.74 | 0.5 | 3889 | 0.11 | 0.0 | 3949 | 39.78 | 1.1 | 4009 | 35.87 | 0.6 | 4069 | 55.06 | 1.2 | 4129 | 64.67 | 0.6 | 4189 | 63.13 | 2.0 | 4249 | 25.80 | 5.3 | 4309 | 12.02 | 0.0 |
| 3830 | 42.97 | 2.4 | 3890 | 0.41 | 0.0 | 3950 | 40.32 | 0.0 | 4010 | 37. | | | | | | | | | | | | | | | | |

rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
 (9 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabecero (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|--------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-----|------|-------|------|--|--|--|--|--|--|
| 4321 | 15.65 | 0.0 | 4381 | 15.33 | 1.3 | 4441 | 11.83 | -1.8 | 4501 | 8.48 | -5.4 | 4561 | 15.72 | -5.4 | 4621 | 44.82 | 3.2 | 4681 | 50.39 | 1.2 | 4741 | 69.51 | 0.9 | 4801 | 60.36 | 0.0 | | | | | | |
| 4322 | 17.28 | 4.0 | 4382 | 15.11 | 5.4 | 4442 | 11.24 | -1.7 | 4502 | 9.76 | -5.4 | 4562 | 16.00 | -1.3 | 4622 | 45.28 | 3.2 | 4682 | 51.56 | 0.0 | 4742 | 70.01 | 0.9 | 4802 | 57.82 | 0.0 | | | | | | |
| 4323 | 17.28 | 0.0 | 4383 | 16.32 | 5.4 | 4443 | 10.39 | -5.4 | 4503 | 9.83 | -5.4 | 4563 | 15.52 | -3.9 | 4623 | 46.15 | 4.1 | 4683 | 53.10 | -0.4 | 4743 | 69.54 | 0.9 | 4803 | 57.69 | 3.6 | | | | | | |
| 4324 | 17.28 | 0.0 | 4384 | 16.09 | 5.0 | 4444 | 13.74 | -5.4 | 4504 | 11.35 | -5.4 | 4564 | 15.37 | -5.3 | 4624 | 47.15 | 4.9 | 4684 | 54.75 | -0.4 | 4744 | 70.08 | 1.5 | 4804 | 59.13 | 1.4 | | | | | | |
| 4325 | 17.28 | 0.0 | 4385 | 15.91 | -2.6 | 4445 | 13.35 | -5.4 | 4505 | 10.76 | -5.4 | 4565 | 15.08 | -1.3 | 4625 | 47.28 | 4.4 | 4685 | 56.60 | -0.8 | 4745 | 69.47 | 1.8 | 4805 | 59.67 | 1.7 | | | | | | |
| 4326 | 17.28 | 0.0 | 4386 | 14.58 | -3.9 | 4446 | 12.83 | -5.4 | 4506 | 10.39 | -5.4 | 4566 | 14.85 | 1.4 | 4626 | 47.17 | 4.8 | 4686 | 56.76 | -0.7 | 4746 | 69.04 | 1.5 | 4806 | 62.93 | 2.8 | | | | | | |
| 4327 | 17.28 | 0.0 | 4387 | 14.30 | -5.4 | 4447 | 12.02 | -5.4 | 4507 | 7.82 | -2.0 | 4567 | 15.30 | 1.4 | 4627 | 48.00 | 3.9 | 4687 | 56.67 | -0.4 | 4747 | 69.04 | 1.2 | 4807 | 64.19 | 2.6 | | | | | | |
| 4328 | 17.28 | 0.0 | 4388 | 13.95 | -4.3 | 4448 | 10.61 | -5.4 | 4508 | 6.30 | 2.6 | 4568 | 15.95 | -1.3 | 4628 | 47.67 | 2.6 | 4688 | 57.21 | 1.1 | 4748 | 67.28 | 1.2 | 4808 | 65.28 | 1.9 | | | | | | |
| 4329 | 19.82 | 0.0 | 4389 | 16.24 | -5.4 | 4449 | 8.56 | 0.0 | 4509 | 5.32 | 5.4 | 4569 | 17.08 | 1.3 | 4629 | 48.39 | 2.2 | 4689 | 56.93 | 0.0 | 4749 | 66.02 | 1.2 | 4809 | 66.80 | 1.3 | | | | | | |
| 4330 | 18.69 | 5.4 | 4390 | 16.93 | -1.3 | 4450 | 6.74 | -2.4 | 4510 | 4.59 | 0.0 | 4570 | 19.21 | 0.0 | 4630 | 46.78 | 1.7 | 4690 | 56.97 | 0.7 | 4750 | 64.78 | 1.6 | 4810 | 67.39 | 1.2 | | | | | | |
| 4331 | 16.87 | -1.1 | 4391 | 17.85 | -3.7 | 4451 | 5.59 | -3.1 | 4511 | 6.06 | 0.0 | 4571 | 20.37 | 0.0 | 4631 | 46.95 | 1.8 | 4691 | 56.41 | 3.3 | 4751 | 63.56 | 1.9 | 4811 | 69.04 | 0.3 | | | | | | |
| 4332 | 15.85 | -4.9 | 4392 | 17.13 | -2.3 | 4452 | 3.96 | 0.0 | 4512 | 7.04 | 3.4 | 4572 | 20.74 | -5.4 | 4632 | 46.36 | 3.1 | 4692 | 56.73 | 1.8 | 4752 | 62.47 | 1.9 | 4812 | 69.62 | 1.5 | | | | | | |
| 4333 | 12.35 | -2.6 | 4393 | 13.11 | -2.4 | 4453 | 3.37 | 0.0 | 4513 | 8.17 | 0.0 | 4573 | 20.21 | -5.4 | 4633 | 45.69 | 0.9 | 4693 | 56.43 | 1.5 | 4753 | 61.38 | 2.0 | 4813 | 71.64 | 0.6 | | | | | | |
| 4334 | 10.00 | -1.7 | 4394 | 12.87 | -4.7 | 4454 | 3.57 | 0.0 | 4514 | 9.11 | 5.1 | 4574 | 18.98 | -5.4 | 4634 | 44.69 | -1.4 | 4694 | 55.89 | 0.4 | 4754 | 58.26 | 1.3 | 4814 | 73.19 | 1.4 | | | | | | |
| 4335 | 7.59 | -5.4 | 4395 | 13.11 | 0.0 | 4455 | 4.24 | 0.0 | 4515 | 8.85 | 5.4 | 4575 | 18.69 | -5.4 | 4635 | 45.50 | -1.4 | 4695 | 56.32 | 0.0 | 4755 | 53.04 | 2.5 | 4815 | 73.36 | 1.1 | | | | | | |
| 4336 | 7.15 | -5.4 | 4396 | 13.06 | -1.6 | 4456 | 5.89 | 0.0 | 4516 | 7.67 | 2.3 | 4576 | 17.67 | -3.3 | 4636 | 45.54 | 1.4 | 4696 | 55.89 | 1.5 | 4756 | 48.84 | 1.6 | 4816 | 72.08 | -1.7 | | | | | | |
| 4337 | 7.52 | -5.4 | 4397 | 12.89 | -4.7 | 4457 | 5.82 | -5.4 | 4517 | 6.59 | 5.4 | 4577 | 16.52 | -2.3 | 4637 | 46.17 | -0.9 | 4697 | 55.41 | 1.1 | 4757 | 46.78 | 1.7 | 4817 | 70.47 | 0.3 | | | | | | |
| 4338 | 7.85 | 2.8 | 4398 | 11.30 | -4.8 | 4458 | 6.82 | -5.4 | 4518 | 5.13 | 5.4 | 4578 | 15.17 | 5.4 | 4638 | 46.36 | -3.6 | 4698 | 54.49 | 0.4 | 4758 | 45.00 | 1.3 | 4818 | 72.64 | 2.0 | | | | | | |
| 4339 | 7.96 | -5.2 | 4399 | 9.91 | -3.7 | 4459 | 7.70 | -5.4 | 4519 | 3.39 | 0.0 | 4579 | 14.39 | 5.4 | 4639 | 45.23 | 2.7 | 4699 | 54.49 | 2.3 | 4759 | 42.45 | 2.3 | 4819 | 73.28 | 2.3 | | | | | | |
| 4340 | 8.70 | 5.4 | 4400 | 7.20 | -5.4 | 4460 | 6.72 | -5.4 | 4520 | 3.33 | 0.0 | 4580 | 12.09 | 5.4 | 4640 | 44.28 | 3.6 | 4700 | 54.62 | 0.0 | 4760 | 40.04 | 1.9 | 4820 | 73.32 | 0.3 | | | | | | |
| 4341 | 10.20 | -5.4 | 4401 | 5.41 | -5.4 | 4461 | 8.06 | -5.4 | 4521 | 2.70 | 0.0 | 4581 | 10.26 | 5.4 | 4641 | 44.78 | 1.4 | 4701 | 54.78 | 1.1 | 4761 | 38.47 | 3.6 | 4821 | 72.93 | -0.3 | | | | | | |
| 4342 | 9.67 | -5.4 | 4402 | 5.13 | -5.4 | 4462 | 8.37 | -5.4 | 4522 | 2.22 | 0.0 | 4582 | 9.93 | 5.4 | 4642 | 43.11 | 2.3 | 4702 | 54.26 | 0.0 | 4762 | 37.26 | 3.2 | 4822 | 73.99 | 0.6 | | | | | | |
| 4343 | 8.28 | 2.1 | 4403 | 6.07 | 0.0 | 4463 | 9.07 | -5.4 | 4523 | 2.87 | 0.0 | 4583 | 9.74 | 5.4 | 4643 | 41.73 | -2.4 | 4703 | 53.95 | -0.4 | 4763 | 36.10 | 3.2 | 4823 | 72.91 | 1.1 | | | | | | |
| 4344 | 7.00 | 2.5 | 4404 | 7.19 | -5.4 | 4464 | 8.28 | -5.4 | 4524 | 3.24 | 0.0 | 4584 | 10.70 | 5.4 | 4644 | 41.39 | 0.5 | 4704 | 53.60 | -0.4 | 4764 | 35.13 | 3.4 | 4824 | 71.99 | 1.1 | | | | | | |
| 4345 | 6.35 | 3.0 | 4405 | 6.93 | -5.4 | 4465 | 8.24 | -5.4 | 4525 | 2.83 | 0.0 | 4585 | 12.69 | 5.4 | 4645 | 40.08 | 0.0 | 4705 | 53.36 | -0.8 | 4765 | 34.15 | 3.5 | 4825 | 71.54 | 1.7 | | | | | | |
| 4346 | 6.11 | 5.4 | 4406 | 5.74 | 0.0 | 4466 | 6.59 | -5.4 | 4526 | 3.54 | 0.0 | 4586 | 14.41 | 4.9 | 4646 | 37.69 | -1.0 | 4706 | 52.17 | -0.8 | 4766 | 35.10 | 3.0 | 4826 | 72.25 | 0.6 | | | | | | |
| 4347 | 5.89 | 5.4 | 4407 | 4.41 | -5.4 | 4467 | 6.56 | -5.4 | 4527 | 3.43 | 0.0 | 4587 | 15.33 | 5.4 | 4647 | 35.39 | 0.0 | 4707 | 51.87 | -1.6 | 4767 | 37.08 | 3.5 | 4827 | 72.78 | 1.1 | | | | | | |
| 4348 | 6.85 | 5.4 | 4408 | 2.22 | 0.0 | 4468 | 6.83 | -3.1 | 4528 | 3.52 | 0.0 | 4588 | 15.32 | 4.0 | 4648 | 33.84 | -5.4 | 4708 | 51.43 | -1.6 | 4768 | 40.36 | 5.4 | 4828 | 72.62 | 2.0 | | | | | | |
| 4349 | 7.96 | 5.4 | 4409 | 2.11 | 0.0 | 4469 | 7.85 | -3.0 | 4529 | 3.69 | 0.0 | 4589 | 15.61 | 2.7 | 4649 | 33.93 | -1.8 | 4709 | 51.04 | 0.0 | 4769 | 43.39 | 4.6 | 4829 | 73.47 | 0.9 | | | | | | |
| 4350 | 8.37 | 5.4 | 4410 | 2.15 | 0.0 | 4470 | 7.26 | -2.6 | 4530 | 4.02 | 0.0 | 4590 | 15.85 | 1.3 | 4650 | 33.95 | -1.8 | 4710 | 51.41 | -0.8 | 4770 | 46.36 | 2.4 | 4830 | 73.06 | 0.8 | | | | | | |
| 4351 | 9.06 | 5.4 | 4411 | 1.70 | 0.0 | 4471 | 7.50 | -2.8 | 4531 | 4.13 | 0.0 | 4591 | 15.85 | 2.6 | 4651 | 33.85 | 0.0 | 4711 | 49.19 | -0.4 | 4771 | 48.17 | 2.7 | 4831 | 73.34 | 0.8 | | | | | | |
| 4352 | 9.26 | 4.6 | 4412 | 1.44 | 0.0 | 4472 | 8.09 | 5.4 | 4532 | 4.85 | 0.0 | 4592 | 15.87 | 0.0 | 4652 | 34.26 | 0.0 | 4712 | 47.02 | -0.8 | 4772 | 48.95 | 1.3 | 4832 | 73.38 | 1.4 | | | | | | |
| 4353 | 9.26 | 5.4 | 4413 | 2.67 | 0.0 | 4473 | 9.65 | -5.4 | 4533 | 5.67 | 0.0 | 4593 | 15.02 | -2.6 | 4653 | 34.60 | 0.0 | 4713 | 46.71 | -2.6 | 4773 | 49.37 | 2.1 | 4833 | 72.41 | 1.4 | | | | | | |
| 4354 | 8.91 | 4.4 | 4414 | 3.28 | 0.0 | 4474 | 10.33 | -5.4 | 4534 | 5.19 | -5.4 | 4594 | 14.98 | -1.4 | 4654 | 35.21 | -1.2 | 4714 | 44.41 | -4.0 | 4774 | 50.26 | 2.1 | 4834 | 72.17 | 0.9 | | | | | | |
| 4355 | 10.91 | 2.3 | 4415 | 2.43 | 0.0 | 4475 | 9.65 | -5.4 | 4535 | 5.63 | 0.0 | 4595 | 15.09 | 5.4 | 4655 | 36.37 | 0.0 | 4715 | 46.04 | -2.3 | 4775 | 52.86 | 1.6 | 4835 | 71.39 | 1.7 | | | | | | |
| 4356 | 11.24 | 1.9 | 4416 | 0.76 | 0.0 | 4476 | 9.48 | -5.4 | 4536 | 5.93 | -5.4 | 4596 | 15.91 | 5.4 | 4656 | 37.61 | 0.6 | 4716 | 49.58 | -3.1 | 4776 | 54.30 | 2.0 | 4836 | 71.14 | 2.6 | | | | | | |
| 4357 | 10.56 | 5.4 | 4417 | 1.26 | 0.0 | 4477 | 8.39 | -5.4 | 4537 | 6.35 | -5.4 | 4597 | 20.96 | -5.4 | 4657 | 37.65 | 1.1 | 4717 | 52.17 | -1.2 | 4777 | 55.47 | 2.3 | 4837 | 70.52 | 1.4 | | | | | | |
| 4358 | 10.46 | 5.4 | 4418 | 1.48 | 0.0 | 4478 | 8.85 | -5.4 | 4538 | 5.94 | -3.3 | 4598 | 23.06 | -5.4 | 4658 | 39.84 | 2.2 | 4718 | 53.19 | -1.6 | 4778 | 55.87 | 1.9 | 4838 | 70.06 | 2.9 | | | | | | |
| 4359 | 11.91 | 2.0 | 4419 | 2.56 | 0.0 | 4479 | 10.20 | -5.4 | 4539 | 5.04 | 3.5 | 4599 | 25.85 | -5.4 | 4659 | 40.67 | 2.1 | 4719 | 53.62 | -0.8 | 4779 | 56.06 | 2.6 | 4839 | 70.19 | 1.8 | | | | | | |
| 4360 | 14.02 | 5.2 | 4420 | 3.61 | 0.0 | 4480 | 9.89 | -5.4 | 4540 | 4.83 | 0.0 | 4600 | 31.50 | -5.4 | 4660 | 40.80 | 2.0 | 4720 | 55.39 | 0.0 | 4780 | 56.41 | 1.1 | 4840 | 69.51 | 1.5 | | | | | | |
| 4361 | 14.93 | 5.4 | 4421 | 4.07 | 0.0 | 4481 | 9.39 | -5.4 | 4541 | 3.91 | 0.0 | 4601 | 34.30 | 5.4 | 4661 | 42.19 | 1.5 | 4721 | 56.54 | -2.2 | 4781 | 56.89 | 1.5 | 4841 | 69.28 | 0.3 | | | | | | |
| 4362 | 14.70 | 5.4 | 4422 | 5.69 | 0.0 | 4482 | 9.61 | -5.4 | 4542 | 4.09 | 0.0 | 4602 | 36.13 | 4.2 | 4662 | 42.11 | 1.0 | 4722 | 57.80 | -5.4 | 4782 | 57.43 | 0.4 | 4842 | 68.30 | 2.1 | | | | | | |
| 4363 | 14.00 | 1.4 | 4423 | 5.83 | -3.6 | 4483 | 9.65 | -5.4 | 4543 | 3.76 | 0.0 | 4603 | 37.26 | 1.1 | 4663 | 42.78 | 0.5 | 4723 | 58.36 | -1.8 | 4783 | 58.41 | 0.7 | 4843 | 67.71 | 0.0 | | | | | | |
| 4364 | 12.54 | 5.4 | 4424 | 6.28 | -3.6 | 4484 | 9.82 | -5.4 | 4544 | 4.17 | 0.0 | 4604 | 37.30 | 1.7 | 4664 | 43.86 | 1.0 | 4724 | 59.25 | -1.8 | 4784 | 59.00 | 0.7 | 4844 | 67.73 | 0.3 | | | | | | |
| 4365 | 12.20 | 3.3 | 4425 | 6.96 | -3.3 | 4485 | 11.24 | -5.4 | 4545 | 4.82 | 0.0 | 4605 | 37.43 | 0.6 | 4665 | 43.54 | 1.9 | 4725 | 59.13 | -1.4 | 4785 | 59.49 | 1.0 | 4845 | 66.86 | 1.2 | | | | | | |
| 4366 | 11.69 | 1.7 | 4426 | 6.17 | 0.0 | 4486 | 10.28 | -5.4 | 4546 | 6.04 | 0.0 | 4606 | 37.67 | 1.1 | 4666 | 44.19 | 1.4 | 4726 | 58.63 | -0.7 | 4786 | 60.10 | 1.7 | 4846 | 66.25 | 0.9 | | | | | | |
| 4367 | 9.48 | 5.4 | 4427 | 9.19 | -3.3 | 4487 | 10.13 | -5.4 | 4547 | 11.67 | -5.4 | 4607 | 37.80 | -5.4 | 4667 | 43.48 | 0.0 | 4727 | 58.75 | 0.0 | 4787 | 60.26 | 1.1 | 4847 | 65.38 | 0.6 | | | | | | |
| 4368 | 9.13 | 5.4 | 4428 | 9.69 | 0.0 | 4488 | 10.28 | -5.4 | 4548 | 12.52 | -5.4 | 4608 | 38.84 | -5.4 | 4668 | 44.26 | 0.5 | 4728 | 59.25 | -1.1 | 4788 | 60.30 | 2.1 | 4848 | 65.45 | 0.9 | | | | | | |
| 4369 | 9.11 | 0.0 | 4429 | 10.52 | -2.1 | 4489 | 10.33 | -5.4 | 4549 | 12.22 | -5.4 | 4609 | 38.52 | -5.4 | 4669 | 45.10 | 0.0 | 4729 | 60.54 | -0.3 | 4789 | 60.95 | 1.7 | 4849 | 65.65 | 2.5 | | | | | | |
| 4370 | 8.82 | 5.4 | 4430 | 10.52 | 0.0 | 4490 | 8.61 | -5.4 | 4550 | 11.48 | -5.4 | 4610 | 39.02 | -5.4 | 4670 | 46.23 | 0.5 | 4730 | 61.71 | 0.0 | 47 | | | | | | | | | | | |

rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI

(10 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | | cabeceo (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|-------|-------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| 4861 | 64.95 | 3.5 | 4921 | 29.84 | 0.0 | 4981 | 52.13 | -1.2 | 5041 | 69.78 | -0.6 | 5101 | 65.62 | 0.3 | 5161 | 63.38 | 1.0 | 5221 | 66.10 | 0.0 | 5281 | 68.99 | 0.9 | 5341 | 73.43 | -1.1 |
| 4862 | 64.60 | 2.2 | 4922 | 31.67 | -1.4 | 4982 | 53.15 | -1.2 | 5042 | 70.25 | -0.3 | 5102 | 65.02 | 1.6 | 5162 | 63.47 | 1.3 | 5222 | 65.39 | 0.3 | 5282 | 68.75 | 0.0 | 5342 | 73.30 | 1.4 |
| 4863 | 64.49 | 2.2 | 4923 | 33.17 | 0.0 | 4983 | 54.17 | -1.2 | 5043 | 70.76 | -0.6 | 5103 | 64.02 | -2.2 | 5163 | 63.54 | 0.3 | 5223 | 65.58 | 0.6 | 5283 | 68.01 | 0.0 | 5343 | 73.69 | 0.6 |
| 4864 | 63.43 | 1.3 | 4924 | 34.97 | 0.0 | 4984 | 55.13 | -0.4 | 5044 | 71.08 | 0.6 | 5104 | 62.02 | -1.0 | 5164 | 64.41 | 1.0 | 5224 | 65.80 | -0.6 | 5284 | 68.75 | 0.6 | 5344 | 73.58 | -0.6 |
| 4865 | 60.67 | 1.6 | 4925 | 36.41 | -1.2 | 4985 | 56.06 | 0.4 | 5045 | 71.04 | -0.3 | 5105 | 60.39 | 0.3 | 5165 | 64.32 | 1.3 | 5225 | 66.21 | 0.0 | 5285 | 68.86 | -0.3 | 5345 | 73.97 | 0.0 |
| 4866 | 56.25 | 1.4 | 4926 | 37.63 | -0.6 | 4986 | 57.10 | 0.4 | 5046 | 70.97 | 0.3 | 5106 | 57.47 | -2.0 | 5166 | 65.26 | 0.3 | 5226 | 66.62 | -0.3 | 5286 | 68.67 | -0.6 | 5346 | 74.78 | 0.0 |
| 4867 | 51.06 | 1.5 | 4927 | 39.13 | -1.1 | 4987 | 57.89 | -0.4 | 5047 | 69.78 | -0.9 | 5107 | 54.56 | -2.9 | 5167 | 65.65 | 0.6 | 5227 | 66.12 | -0.6 | 5287 | 67.89 | 0.6 | 5347 | 74.14 | -0.3 |
| 4868 | 46.45 | 1.6 | 4928 | 40.28 | -1.1 | 4988 | 58.06 | 0.4 | 5048 | 69.34 | -0.6 | 5108 | 53.15 | -1.5 | 5168 | 64.32 | 0.9 | 5228 | 65.34 | -0.3 | 5288 | 68.34 | -5.4 | 5348 | 75.62 | -1.1 |
| 4869 | 43.50 | 0.4 | 4929 | 40.71 | 0.0 | 4989 | 57.49 | 0.4 | 5049 | 69.02 | -0.3 | 5109 | 51.73 | 0.4 | 5169 | 65.62 | 2.6 | 5229 | 65.80 | 0.3 | 5289 | 66.30 | -0.6 | 5349 | 75.47 | -0.8 |
| 4870 | 42.41 | 3.8 | 4930 | 41.24 | -0.5 | 4990 | 56.93 | 0.7 | 5050 | 69.26 | -0.9 | 5110 | 49.82 | -3.6 | 5170 | 66.30 | 0.9 | 5230 | 64.28 | 1.3 | 5290 | 66.93 | 0.9 | 5350 | 76.45 | 1.1 |
| 4871 | 43.19 | 1.0 | 4931 | 42.97 | 0.0 | 4991 | 56.36 | -0.4 | 5051 | 69.51 | -0.3 | 5111 | 49.49 | -5.4 | 5171 | 67.80 | 0.3 | 5231 | 64.54 | 1.6 | 5291 | 70.67 | 0.6 | 5351 | 76.01 | 0.0 |
| 4872 | 45.15 | -1.0 | 4932 | 43.93 | -1.9 | 4992 | 56.08 | -1.1 | 5052 | 69.75 | -0.3 | 5112 | 50.74 | 2.5 | 5172 | 68.14 | 0.9 | 5232 | 64.97 | 0.0 | 5292 | 70.93 | 0.0 | 5352 | 76.36 | -0.8 |
| 4873 | 48.41 | 0.9 | 4933 | 44.00 | -0.5 | 4993 | 55.65 | 0.4 | 5053 | 69.76 | 0.0 | 5113 | 51.91 | 2.4 | 5173 | 68.99 | -0.3 | 5233 | 62.97 | 0.0 | 5293 | 70.86 | 0.0 | 5353 | 77.65 | -0.5 |
| 4874 | 51.41 | 2.1 | 4934 | 43.76 | 0.0 | 4994 | 55.97 | 0.0 | 5054 | 70.93 | 0.0 | 5114 | 53.13 | -0.4 | 5174 | 69.41 | 1.2 | 5234 | 59.08 | 0.7 | 5294 | 70.47 | -0.6 | 5354 | 77.15 | 0.3 |
| 4875 | 53.58 | 1.2 | 4935 | 43.50 | 0.5 | 4995 | 55.89 | -0.7 | 5055 | 70.84 | 0.0 | 5115 | 55.76 | 1.2 | 5175 | 70.10 | -0.3 | 5235 | 54.58 | 0.7 | 5295 | 71.56 | 1.2 | 5355 | 78.65 | -0.5 |
| 4876 | 54.97 | 1.2 | 4936 | 42.73 | 0.0 | 4996 | 55.25 | -0.4 | 5056 | 69.34 | 0.6 | 5116 | 55.93 | -2.2 | 5176 | 70.25 | 0.9 | 5236 | 51.80 | 0.8 | 5296 | 72.51 | 1.4 | 5356 | 78.65 | 0.3 |
| 4877 | 55.76 | 0.8 | 4937 | 42.37 | -0.5 | 4997 | 55.62 | 0.4 | 5057 | 69.04 | 0.6 | 5117 | 57.43 | -0.7 | 5177 | 69.82 | 0.3 | 5237 | 50.34 | 0.4 | 5297 | 71.64 | 0.0 | 5357 | 78.54 | -0.8 |
| 4878 | 56.30 | 0.4 | 4938 | 42.36 | 0.5 | 4998 | 56.76 | 0.0 | 5058 | 65.56 | 0.0 | 5118 | 57.21 | -2.9 | 5178 | 70.32 | 0.9 | 5238 | 50.63 | 0.4 | 5298 | 72.27 | 1.4 | 5358 | 77.80 | -0.3 |
| 4879 | 57.26 | 1.5 | 4939 | 41.69 | 1.0 | 4999 | 57.13 | 0.0 | 5059 | 67.14 | 1.6 | 5119 | 58.17 | -0.4 | 5179 | 70.21 | 0.3 | 5239 | 50.91 | -0.4 | 5299 | 72.04 | 0.9 | 5359 | 79.32 | 0.3 |
| 4880 | 57.60 | 0.7 | 4940 | 41.37 | 0.0 | 5000 | 57.75 | 0.0 | 5060 | 66.86 | -0.6 | 5120 | 59.19 | -1.4 | 5180 | 71.19 | 0.3 | 5240 | 51.69 | 2.0 | 5300 | 71.89 | 0.6 | 5360 | 80.36 | -0.3 |
| 4881 | 57.78 | 1.4 | 4941 | 40.76 | -1.0 | 5001 | 58.43 | 0.4 | 5061 | 68.15 | -0.3 | 5121 | 58.97 | -1.0 | 5181 | 70.12 | 0.6 | 5241 | 54.23 | 2.0 | 5301 | 72.32 | 0.9 | 5361 | 79.27 | -1.0 |
| 4882 | 57.32 | 1.8 | 4942 | 41.32 | 0.0 | 5002 | 59.15 | 0.4 | 5062 | 68.15 | -0.6 | 5122 | 59.50 | -1.0 | 5182 | 69.80 | -1.2 | 5242 | 55.69 | 3.8 | 5302 | 72.45 | 1.1 | 5362 | 78.27 | 0.8 |
| 4883 | 56.43 | 1.8 | 4943 | 40.76 | 0.0 | 5003 | 61.15 | 0.7 | 5063 | 68.52 | -0.3 | 5123 | 58.50 | 1.7 | 5183 | 71.10 | 0.6 | 5243 | 57.71 | 0.4 | 5303 | 72.15 | 0.0 | 5363 | 78.67 | -1.6 |
| 4884 | 56.15 | 1.1 | 4944 | 40.37 | -1.5 | 5004 | 62.02 | 0.7 | 5064 | 68.02 | -0.9 | 5124 | 57.50 | 0.0 | 5184 | 71.41 | 0.3 | 5244 | 58.65 | 0.4 | 5304 | 70.76 | -0.3 | 5364 | 79.12 | 0.5 |
| 4885 | 54.67 | 1.8 | 4945 | 39.95 | -3.1 | 5005 | 63.17 | 0.0 | 5065 | 69.52 | -1.2 | 5125 | 57.62 | -1.8 | 5185 | 70.41 | -0.3 | 5245 | 60.62 | -0.7 | 5305 | 71.93 | 0.9 | 5365 | 79.28 | 1.0 |
| 4886 | 52.32 | 1.5 | 4946 | 39.13 | -2.6 | 5006 | 63.91 | 0.0 | 5066 | 69.14 | 0.0 | 5126 | 56.56 | -0.4 | 5186 | 70.65 | 0.6 | 5246 | 61.65 | 1.0 | 5306 | 71.43 | -0.6 | 5366 | 79.58 | 0.8 |
| 4887 | 50.36 | 2.4 | 4947 | 39.24 | -2.6 | 5007 | 64.32 | 0.3 | 5067 | 69.88 | -1.8 | 5127 | 55.86 | -1.1 | 5187 | 70.82 | 0.9 | 5247 | 61.84 | 3.0 | 5307 | 73.15 | -0.6 | 5367 | 75.97 | 1.3 |
| 4888 | 47.93 | 3.7 | 4948 | 39.24 | -1.6 | 5008 | 65.08 | -0.6 | 5068 | 70.88 | -1.2 | 5128 | 54.41 | 0.0 | 5188 | 71.69 | 0.0 | 5248 | 62.41 | 0.7 | 5308 | 74.62 | 0.0 | 5368 | 76.65 | -0.5 |
| 4889 | 46.63 | 2.6 | 4949 | 39.24 | 0.0 | 5009 | 65.67 | -0.6 | 5069 | 67.36 | -1.5 | 5129 | 53.52 | 2.7 | 5189 | 72.14 | 0.3 | 5249 | 64.34 | 1.0 | 5309 | 74.25 | 0.6 | 5369 | 77.43 | 0.0 |
| 4890 | 44.80 | -0.4 | 4950 | 39.24 | 0.0 | 5010 | 66.76 | -0.3 | 5070 | 67.64 | -0.3 | 5130 | 52.15 | 0.8 | 5190 | 72.32 | 0.0 | 5250 | 65.28 | 0.0 | 5310 | 75.25 | 0.6 | 5370 | 76.71 | 0.0 |
| 4891 | 42.80 | 0.0 | 4951 | 40.06 | 0.0 | 5011 | 67.75 | 1.2 | 5071 | 65.32 | -0.3 | 5131 | 53.32 | 0.4 | 5191 | 71.97 | -1.4 | 5251 | 66.73 | 0.0 | 5311 | 74.56 | 1.1 | 5371 | 75.97 | -1.6 |
| 4892 | 39.10 | 0.0 | 4952 | 41.93 | -0.5 | 5012 | 67.71 | 0.3 | 5072 | 66.54 | -0.3 | 5132 | 52.04 | 1.5 | 5192 | 72.39 | 0.6 | 5252 | 66.88 | 0.3 | 5312 | 74.51 | -0.3 | 5372 | 75.25 | -1.4 |
| 4893 | 37.00 | 2.1 | 4953 | 43.10 | -1.5 | 5013 | 69.08 | 1.2 | 5073 | 66.71 | -0.6 | 5133 | 54.21 | 0.0 | 5193 | 72.78 | 0.0 | 5253 | 67.97 | 1.2 | 5313 | 74.86 | -1.1 | 5373 | 74.64 | -0.3 |
| 4894 | 32.72 | 2.2 | 4954 | 43.78 | 0.5 | 5014 | 68.95 | -1.5 | 5074 | 66.32 | -2.2 | 5134 | 54.91 | 1.5 | 5194 | 73.39 | -0.3 | 5254 | 68.67 | 0.3 | 5314 | 75.15 | -0.8 | 5374 | 74.10 | -0.3 |
| 4895 | 30.61 | 0.6 | 4955 | 44.78 | 0.0 | 5015 | 68.56 | 0.0 | 5075 | 67.67 | -1.9 | 5135 | 55.82 | 2.6 | 5195 | 73.97 | -0.6 | 5255 | 68.25 | 0.6 | 5315 | 73.17 | -0.3 | 5375 | 73.51 | 0.6 |
| 4896 | 28.17 | -1.3 | 4956 | 45.21 | -0.5 | 5016 | 68.54 | 0.3 | 5076 | 65.95 | -2.4 | 5136 | 56.91 | 0.7 | 5196 | 75.15 | -0.6 | 5256 | 68.23 | 0.6 | 5316 | 72.88 | 0.0 | 5376 | 72.56 | 1.1 |
| 4897 | 27.58 | -2.2 | 4957 | 44.56 | 0.5 | 5017 | 68.43 | 0.0 | 5077 | 66.43 | -2.5 | 5137 | 57.69 | 1.5 | 5197 | 74.02 | -0.8 | 5257 | 68.49 | -0.6 | 5317 | 72.71 | 1.1 | 5377 | 71.38 | 0.6 |
| 4898 | 25.89 | 1.5 | 4958 | 45.30 | -2.8 | 5018 | 68.67 | -0.3 | 5078 | 66.38 | -2.2 | 5138 | 58.13 | 0.4 | 5198 | 74.60 | -0.6 | 5258 | 68.30 | 0.3 | 5318 | 73.58 | -0.3 | 5378 | 70.78 | -0.3 |
| 4899 | 26.91 | 0.8 | 4959 | 45.45 | -1.4 | 5019 | 68.93 | 0.3 | 5079 | 65.75 | -3.4 | 5139 | 59.04 | -0.4 | 5199 | 74.45 | -0.8 | 5259 | 68.26 | 0.6 | 5319 | 71.65 | 1.4 | 5379 | 70.47 | 2.9 |
| 4900 | 28.52 | 0.0 | 4960 | 45.78 | -2.3 | 5020 | 67.97 | 0.3 | 5080 | 65.21 | -2.8 | 5140 | 59.23 | 1.0 | 5200 | 75.30 | -0.6 | 5260 | 67.88 | 0.3 | 5320 | 71.91 | 1.4 | 5380 | 69.88 | 1.2 |
| 4901 | 28.67 | 2.2 | 4961 | 45.93 | -3.2 | 5021 | 67.36 | 0.9 | 5081 | 65.78 | -4.4 | 5141 | 58.99 | 0.7 | 5201 | 74.56 | -1.1 | 5261 | 67.88 | 0.6 | 5321 | 72.52 | -2.0 | 5381 | 70.08 | 0.3 |
| 4902 | 29.90 | 2.2 | 4962 | 46.43 | 0.0 | 5022 | 66.69 | -0.3 | 5082 | 64.23 | -3.8 | 5142 | 58.69 | 1.4 | 5202 | 73.27 | -0.3 | 5262 | 68.02 | 0.9 | 5322 | 71.76 | -0.9 | 5382 | 69.15 | -0.9 |
| 4903 | 30.32 | 2.8 | 4963 | 46.43 | 2.2 | 5023 | 65.84 | -0.6 | 5083 | 64.41 | -2.9 | 5143 | 57.67 | 3.9 | 5203 | 72.93 | -0.3 | 5263 | 67.97 | 1.8 | 5323 | 71.30 | -0.9 | 5383 | 68.15 | 1.2 |
| 4904 | 29.74 | 2.0 | 4964 | 46.89 | 0.0 | 5024 | 65.08 | 0.3 | 5084 | 62.78 | -2.6 | 5144 | 57.41 | 2.1 | 5204 | 72.49 | -1.7 | 5264 | 67.80 | 1.5 | 5324 | 71.36 | -0.3 | 5384 | 66.08 | 0.9 |
| 4905 | 30.91 | -0.7 | 4965 | 47.49 | 1.8 | 5025 | 64.19 | 0.0 | 5085 | 63.86 | -1.3 | 5145 | 56.80 | 2.2 | 5205 | 71.34 | -1.4 | 5265 | 66.91 | 1.5 | 5325 | 71.54 | 0.0 | 5385 | 68.88 | -1.9 |
| 4906 | 32.65 | 0.0 | 4966 | 49.21 | 0.0 | 5026 | 63.34 | 0.3 | 5086 | 63.82 | -3.6 | 5146 | 57.41 | 1.8 | 5206 | 70.58 | -0.9 | 5266 | 67.12 | 0.3 | 5326 | 72.88 | -0.9 | 5386 | 66.21 | 2.7 |
| 4907 | 33.02 | 1.3 | 4967 | 50.34 | 2.5 | 5027 | 62.47 | 1.0 | 5087 | 64.17 | -1.6 | 5147 | 58.13 | 4.7 | 5207 | 70.71 | 0.9 | 5267 | 66.99 | 0.6 | 5327 | 73.08 | -0.6 | 5387 | 65.67 | 0.0 |
| 4908 | 34.30 | -1.2 | 4968 | 51.91 | 0.4 | 5028 | 62.60 | 1.0 | 5088 | 64.60 | -1.9 | 5148 | 58.97 | 3.5 | 5208 | 70.25 | 0.5 | 5268 | 66.19 | 1.5 | 5328 | 73.69 | -0.8 | 5388 | 65.41 | 0.3 |
| 4909 | 34.98 | -0.6 | 4969 | 52.62 | 0.4 | 5029 | 63.32 | 0.3 | 5089 | 64.78 | -4.1 | 5149 | 59.75 | 3.5 | 5209 | 69.84 | -0.6 | 5269 | 66.02 | 1.2 | 5329 | 71.95 | -0.6 | 5389 | 65.26 | 0.6 |
| 4910 | 35.26 | 0.0</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
 (11 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|-------------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|-------|------|------|-------|------|
| 5401 | 66.25 | -1.2 | 5461 | 67.26 | 2.1 | 5521 | 65.78 | 0.3 | 5581 | 0.19 | 0.0 | 5641 | 5.70 | -5.4 | 5701 | 0.61 | 0.0 | 5761 | 2.26 | 0.0 | 5821 | 16.76 | -1.2 | 5881 | 72.62 | 0.0 |
| 5402 | 67.65 | -1.9 | 5462 | 67.52 | -0.6 | 5522 | 65.54 | -0.3 | 5582 | 0.61 | 0.0 | 5642 | 3.09 | 5.4 | 5702 | 1.09 | 0.0 | 5762 | 1.24 | 0.0 | 5822 | 15.58 | -2.5 | 5882 | 73.04 | 0.9 |
| 5403 | 67.04 | 0.0 | 5463 | 68.80 | -0.3 | 5523 | 64.71 | -0.9 | 5583 | 0.89 | 0.0 | 5643 | 0.78 | 0.0 | 5703 | 1.81 | 0.0 | 5763 | 1.22 | 0.0 | 5823 | 16.00 | -4.0 | 5883 | 72.93 | 0.6 |
| 5404 | 67.88 | 0.0 | 5464 | 69.26 | -0.6 | 5524 | 63.52 | 0.3 | 5584 | 0.63 | 0.0 | 5644 | 0.19 | 0.0 | 5704 | 2.67 | 0.0 | 5764 | 0.65 | 0.0 | 5824 | 19.39 | 0.0 | 5884 | 72.91 | 0.0 |
| 5405 | 67.91 | 0.3 | 5465 | 68.69 | 0.3 | 5525 | 62.71 | 0.6 | 5585 | 0.56 | 0.0 | 5645 | 0.35 | 0.0 | 5705 | 3.52 | 0.0 | 5765 | 0.70 | 0.0 | 5825 | 24.35 | 1.1 | 5885 | 73.23 | 0.3 |
| 5406 | 69.88 | 1.5 | 5466 | 68.01 | 0.0 | 5526 | 61.45 | 1.0 | 5586 | 0.33 | 0.0 | 5646 | 0.17 | 0.0 | 5706 | 4.96 | 0.0 | 5766 | 0.33 | 0.0 | 5826 | 28.84 | 1.7 | 5886 | 73.82 | -0.3 |
| 5407 | 67.69 | 0.9 | 5467 | 68.58 | 0.3 | 5527 | 61.04 | 1.3 | 5587 | 0.41 | 0.0 | 5647 | 0.43 | 0.0 | 5707 | 5.06 | 0.0 | 5767 | 0.35 | 0.0 | 5827 | 32.32 | -2.1 | 5887 | 74.58 | 0.3 |
| 5408 | 67.41 | -0.6 | 5468 | 67.60 | 0.3 | 5528 | 58.12 | 0.3 | 5588 | 1.48 | 0.0 | 5648 | 0.48 | 0.0 | 5708 | 4.50 | 0.0 | 5768 | 0.13 | 0.0 | 5828 | 34.95 | 0.6 | 5888 | 75.58 | 0.8 |
| 5409 | 68.62 | 0.9 | 5469 | 67.12 | 0.3 | 5529 | 54.75 | 1.4 | 5589 | 1.48 | 0.0 | 5649 | 1.72 | 0.0 | 5709 | 4.54 | 0.0 | 5769 | 1.43 | 0.0 | 5829 | 36.02 | -0.6 | 5889 | 75.34 | 0.8 |
| 5410 | 68.30 | -0.6 | 5470 | 67.51 | -0.3 | 5530 | 50.91 | 1.1 | 5590 | 1.26 | 0.0 | 5650 | 3.50 | 0.0 | 5710 | 4.44 | 0.0 | 5770 | 1.09 | 0.0 | 5830 | 37.78 | 0.0 | 5890 | 76.99 | -0.3 |
| 5411 | 68.75 | 1.5 | 5471 | 67.32 | -1.2 | 5531 | 47.80 | 2.4 | 5591 | 0.50 | 0.0 | 5651 | 6.91 | 0.0 | 5711 | 5.02 | 0.0 | 5771 | 0.50 | 0.0 | 5831 | 40.11 | -1.6 | 5891 | 77.54 | 0.0 |
| 5412 | 69.45 | 0.0 | 5472 | 68.25 | 1.5 | 5532 | 44.17 | 1.3 | 5592 | 0.91 | 0.0 | 5652 | 6.70 | 0.0 | 5712 | 5.26 | 0.0 | 5772 | 1.17 | 0.0 | 5832 | 42.63 | -1.0 | 5892 | 77.80 | -0.3 |
| 5413 | 69.58 | 2.7 | 5473 | 68.89 | 2.1 | 5533 | 38.82 | 2.3 | 5593 | 1.31 | 0.0 | 5653 | 4.80 | 3.1 | 5713 | 4.78 | 0.0 | 5773 | 1.09 | 0.0 | 5833 | 44.84 | -0.5 | 5893 | 77.97 | -0.3 |
| 5414 | 68.01 | 1.8 | 5474 | 68.71 | 0.0 | 5534 | 33.39 | -0.5 | 5594 | 1.59 | 0.0 | 5654 | 2.00 | 0.0 | 5714 | 4.09 | 0.0 | 5774 | 2.20 | 0.0 | 5834 | 45.93 | 0.0 | 5894 | 77.28 | 0.0 |
| 5415 | 69.89 | 0.3 | 5475 | 68.25 | -1.2 | 5535 | 26.95 | -1.9 | 5595 | 0.76 | 0.0 | 5655 | 0.57 | 0.0 | 5715 | 4.48 | 0.0 | 5775 | 2.54 | 0.0 | 5835 | 46.69 | 1.3 | 5895 | 76.51 | -1.6 |
| 5416 | 68.12 | 0.9 | 5476 | 67.99 | -0.3 | 5536 | 22.06 | 0.0 | 5596 | 1.15 | 0.0 | 5656 | 0.17 | 0.0 | 5716 | 4.91 | 0.0 | 5776 | 2.04 | 0.0 | 5836 | 47.52 | 1.3 | 5896 | 76.02 | -1.1 |
| 5417 | 69.04 | -2.1 | 5477 | 68.95 | -2.7 | 5537 | 17.91 | 2.8 | 5597 | 1.98 | 0.0 | 5657 | 0.04 | 0.0 | 5717 | 4.35 | 0.0 | 5777 | 1.83 | 0.0 | 5837 | 48.39 | 0.0 | 5897 | 75.25 | -0.3 |
| 5418 | 69.08 | -0.6 | 5478 | 70.04 | 0.6 | 5538 | 14.26 | -3.5 | 5598 | 2.70 | 0.0 | 5658 | 0.31 | 0.0 | 5718 | 4.89 | 0.0 | 5778 | 0.93 | 0.0 | 5838 | 50.60 | -0.4 | 5898 | 75.10 | -0.8 |
| 5419 | 67.86 | 2.1 | 5479 | 69.93 | 1.5 | 5539 | 11.70 | -4.3 | 5599 | 4.06 | 0.0 | 5659 | 1.98 | 0.0 | 5719 | 4.96 | 0.0 | 5779 | 0.31 | 0.0 | 5839 | 51.89 | -0.8 | 5899 | 74.89 | -1.1 |
| 5420 | 66.69 | 1.5 | 5480 | 69.58 | 1.2 | 5540 | 8.63 | -1.8 | 5600 | 3.67 | 0.0 | 5660 | 3.56 | 0.0 | 5720 | 3.00 | 0.0 | 5780 | 0.59 | 0.0 | 5840 | 52.49 | -0.8 | 5900 | 74.62 | -1.4 |
| 5421 | 67.19 | 0.6 | 5481 | 69.28 | 0.6 | 5541 | 6.76 | 2.4 | 5601 | 2.89 | 0.0 | 5661 | 6.13 | 0.0 | 5721 | 1.15 | 0.0 | 5781 | 0.98 | 0.0 | 5841 | 53.04 | 0.4 | 5901 | 74.52 | -0.8 |
| 5422 | 67.02 | -1.5 | 5482 | 69.34 | 0.0 | 5542 | 4.82 | -5.4 | 5602 | 2.61 | 0.0 | 5662 | 5.94 | -3.4 | 5722 | 0.80 | 0.0 | 5782 | 0.15 | 0.0 | 5842 | 55.73 | -0.8 | 5902 | 74.04 | -1.1 |
| 5423 | 67.64 | -0.6 | 5483 | 70.17 | 0.0 | 5543 | 2.94 | 0.0 | 5603 | 2.32 | 0.0 | 5663 | 5.72 | 0.0 | 5723 | 0.13 | 0.0 | 5783 | 0.17 | 0.0 | 5843 | 57.80 | -0.7 | 5903 | 73.99 | -0.3 |
| 5424 | 68.28 | 0.3 | 5484 | 70.78 | -1.2 | 5544 | 2.93 | 0.0 | 5604 | 2.24 | 0.0 | 5664 | 5.85 | 3.6 | 5724 | 0.19 | 0.0 | 5784 | 0.19 | 0.0 | 5844 | 59.65 | -0.4 | 5904 | 73.69 | -0.6 |
| 5425 | 68.14 | 0.0 | 5485 | 71.12 | -2.3 | 5545 | 3.56 | 0.0 | 5605 | 2.72 | 0.0 | 5665 | 5.48 | 3.5 | 5725 | 0.02 | 0.0 | 5785 | 0.15 | 0.0 | 5845 | 61.75 | 2.4 | 5905 | 73.84 | -1.1 |
| 5426 | 67.82 | -0.6 | 5486 | 71.69 | 1.2 | 5546 | 4.91 | 0.0 | 5606 | 4.54 | 0.0 | 5666 | 5.24 | 5.4 | 5726 | 0.04 | 0.0 | 5786 | 0.35 | 0.0 | 5846 | 64.89 | -0.7 | 5906 | 73.30 | -1.1 |
| 5427 | 67.43 | -1.2 | 5487 | 70.75 | 0.0 | 5547 | 5.22 | 0.0 | 5607 | 5.56 | 0.0 | 5667 | 4.46 | 0.0 | 5727 | 0.15 | 0.0 | 5787 | 0.41 | 0.0 | 5847 | 67.10 | 2.5 | 5907 | 73.34 | -0.6 |
| 5428 | 67.56 | 0.6 | 5488 | 70.23 | 0.3 | 5548 | 5.52 | 0.0 | 5608 | 4.87 | -3.7 | 5668 | 2.96 | 0.0 | 5728 | 0.24 | 0.0 | 5788 | 0.35 | 0.0 | 5848 | 68.60 | -1.2 | 5908 | 73.38 | -1.4 |
| 5429 | 69.78 | -1.8 | 5489 | 69.64 | 0.3 | 5549 | 5.82 | 5.4 | 5609 | 4.22 | 0.0 | 5669 | 2.50 | 0.0 | 5729 | 0.22 | 0.0 | 5789 | 1.85 | 0.0 | 5849 | 71.71 | 0.3 | 5909 | 72.82 | -1.7 |
| 5430 | 70.51 | -0.3 | 5490 | 68.84 | -1.8 | 5550 | 5.20 | 5.4 | 5610 | 2.93 | 0.0 | 5670 | 1.98 | 0.0 | 5730 | 0.37 | 0.0 | 5790 | 3.13 | 0.0 | 5850 | 73.21 | 2.9 | 5910 | 73.41 | -2.5 |
| 5431 | 67.89 | 0.0 | 5491 | 68.30 | -0.3 | 5551 | 3.69 | 0.0 | 5611 | 2.37 | 0.0 | 5671 | 1.39 | 0.0 | 5731 | 0.63 | 0.0 | 5791 | 2.52 | 0.0 | 5851 | 74.45 | 1.4 | 5911 | 73.41 | -0.6 |
| 5432 | 67.76 | -0.6 | 5492 | 67.82 | 0.3 | 5552 | 1.35 | 0.0 | 5612 | 3.15 | 0.0 | 5672 | 1.46 | 0.0 | 5732 | 0.81 | 0.0 | 5792 | 2.82 | 0.0 | 5852 | 74.97 | 1.4 | 5912 | 73.19 | -2.0 |
| 5433 | 67.23 | 0.6 | 5493 | 67.21 | -0.9 | 5553 | 0.65 | 0.0 | 5613 | 5.82 | 0.0 | 5673 | 1.61 | 0.0 | 5733 | 0.44 | 0.0 | 5793 | 2.41 | 0.0 | 5853 | 74.99 | 1.7 | 5913 | 72.99 | -2.5 |
| 5434 | 65.45 | 0.3 | 5494 | 67.36 | 1.2 | 5554 | 0.48 | 0.0 | 5614 | 8.76 | -5.4 | 5674 | 2.22 | 0.0 | 5734 | 0.35 | 0.0 | 5794 | 1.91 | 0.0 | 5854 | 74.62 | 1.9 | 5914 | 73.56 | -1.4 |
| 5435 | 65.28 | 0.3 | 5495 | 66.65 | 0.9 | 5555 | 0.24 | 0.0 | 5615 | 9.50 | 0.0 | 5675 | 3.22 | 0.0 | 5735 | 0.20 | 0.0 | 5795 | 0.91 | 0.0 | 5855 | 73.69 | 2.2 | 5915 | 74.69 | -0.8 |
| 5436 | 66.30 | -0.6 | 5496 | 66.04 | 1.2 | 5556 | 0.24 | 0.0 | 5616 | 7.41 | -4.3 | 5676 | 3.69 | 0.0 | 5736 | 0.37 | 0.0 | 5796 | 2.22 | 0.0 | 5856 | 73.06 | 1.7 | 5916 | 76.56 | -2.5 |
| 5437 | 67.95 | -1.9 | 5497 | 65.21 | 0.3 | 5557 | 0.46 | 0.0 | 5617 | 6.56 | -5.4 | 5677 | 4.59 | 0.0 | 5737 | 0.50 | 0.0 | 5797 | 1.83 | 0.0 | 5857 | 72.49 | 0.8 | 5917 | 78.15 | -0.8 |
| 5438 | 70.10 | -1.8 | 5498 | 64.80 | 0.3 | 5558 | 0.26 | 0.0 | 5618 | 5.65 | -3.1 | 5678 | 4.69 | 0.0 | 5738 | 0.69 | 0.0 | 5798 | 2.48 | 0.0 | 5858 | 71.99 | 1.7 | 5918 | 79.10 | -1.3 |
| 5439 | 66.97 | -1.5 | 5499 | 64.38 | -1.3 | 5559 | 0.28 | 0.0 | 5619 | 1.13 | -5.4 | 5679 | 4.82 | 0.0 | 5739 | 0.33 | 0.0 | 5799 | 2.28 | 0.0 | 5859 | 71.75 | 2.3 | 5919 | 79.71 | -1.3 |
| 5440 | 65.30 | 2.5 | 5500 | 63.93 | -0.3 | 5560 | 0.20 | 0.0 | 5620 | 0.98 | 0.0 | 5680 | 5.17 | 0.0 | 5740 | 0.17 | 0.0 | 5800 | 0.69 | 0.0 | 5860 | 71.34 | 2.0 | 5920 | 80.43 | -0.8 |
| 5441 | 66.12 | 1.6 | 5501 | 63.71 | 1.0 | 5561 | 0.19 | 0.0 | 5621 | 0.74 | 0.0 | 5681 | 3.96 | 0.0 | 5741 | 0.15 | 0.0 | 5801 | 1.70 | 0.0 | 5861 | 71.65 | 0.9 | 5921 | 80.78 | -2.1 |
| 5442 | 67.21 | -1.2 | 5502 | 64.73 | -1.3 | 5562 | 0.33 | 0.0 | 5622 | 0.04 | 0.0 | 5682 | 3.02 | 0.0 | 5742 | 0.46 | 0.0 | 5802 | 1.76 | 0.0 | 5862 | 71.58 | 0.6 | 5922 | 82.75 | -2.0 |
| 5443 | 68.36 | -0.9 | 5503 | 65.23 | 1.0 | 5563 | 0.09 | 0.0 | 5623 | 0.56 | 0.0 | 5683 | 1.89 | 0.0 | 5743 | 0.28 | 0.0 | 5803 | 2.22 | 0.0 | 5863 | 71.80 | 1.2 | 5923 | 82.93 | -1.5 |
| 5444 | 67.88 | -0.6 | 5504 | 66.28 | 0.0 | 5564 | 0.13 | 0.0 | 5624 | 0.52 | 0.0 | 5684 | 0.83 | 0.0 | 5744 | 0.04 | 0.0 | 5804 | 1.65 | 0.0 | 5864 | 72.93 | 1.4 | 5924 | 83.49 | -0.7 |
| 5445 | 67.51 | -0.3 | 5505 | 67.17 | 0.9 | 5565 | 0.13 | 0.0 | 5625 | 0.11 | 0.0 | 5685 | 0.59 | 0.0 | 5745 | 0.07 | 0.0 | 5805 | 1.26 | 0.0 | 5865 | 72.58 | 0.0 | 5925 | 84.01 | -1.5 |
| 5446 | 68.38 | 0.3 | 5506 | 67.49 | 0.3 | 5566 | 0.44 | 0.0 | 5626 | 0.37 | 0.0 | 5686 | 0.20 | 0.0 | 5746 | 0.22 | 0.0 | 5806 | 1.59 | 0.0 | 5866 | 72.56 | 0.3 | 5926 | 83.19 | -1.5 |
| 5447 | 66.62 | -0.6 | 5507 | 67.99 | 0.3 | 5567 | 0.80 | 0.0 | 5627 | 2.61 | 0.0 | 5687 | 0.24 | 0.0 | 5747 | 0.46 | 0.0 | 5807 | 1.87 | 0.0 | 5867 | 73.28 | 0.6 | 5927 | 83.10 | -1.5 |
| 5448 | 67.54 | -1.2 | 5508 | 68.14 | 0.6 | 5568 | 0.26 | 0.0 | 5628 | 5.94 | 0.0 | 5688 | 0.30 | 0.0 | 5748 | 0.76 | 0.0 | 5808 | 0.74 | 0.0 | 5868 | 73.86 | 0.0 | 5928 | 83.49 | -1.2 |
| 5449 | 68.78 | -0.9 | 5509 | 68.43 | -0.6 | 5569 | 0.67 | 0.0 | 5629 | 6.33 | 5.4 | 5689 | 0.96 | 0.0 | 5749 | 1.43 | 0.0 | 5809 | 0.83 | 0.0 | 5869 | 73.91 | -0.6 | 5929 | 83.56 | -0.2 |
| 5450 | 69.75 | -2.4 | 5510 | 69.23 | 0.0 | 5570 | 0.31 | 0.0 | 5630 | 6.85 | -3.3 | 5690 | 0.41 | 0.0 | 5750 | 2.80 | 0.0 | 5810 | 0.87 | 0.0 | 5870 | 74.28 | -0.3 | 5930 | 83.95 | -0.5 |
| 5451 | 68.08 | -0.3 | 5511 | 69.47 | -0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

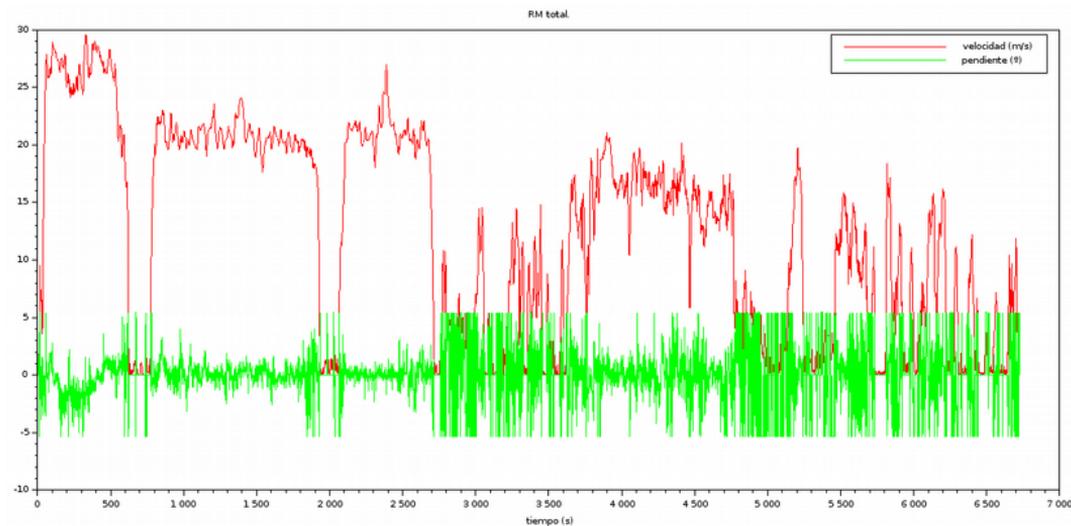
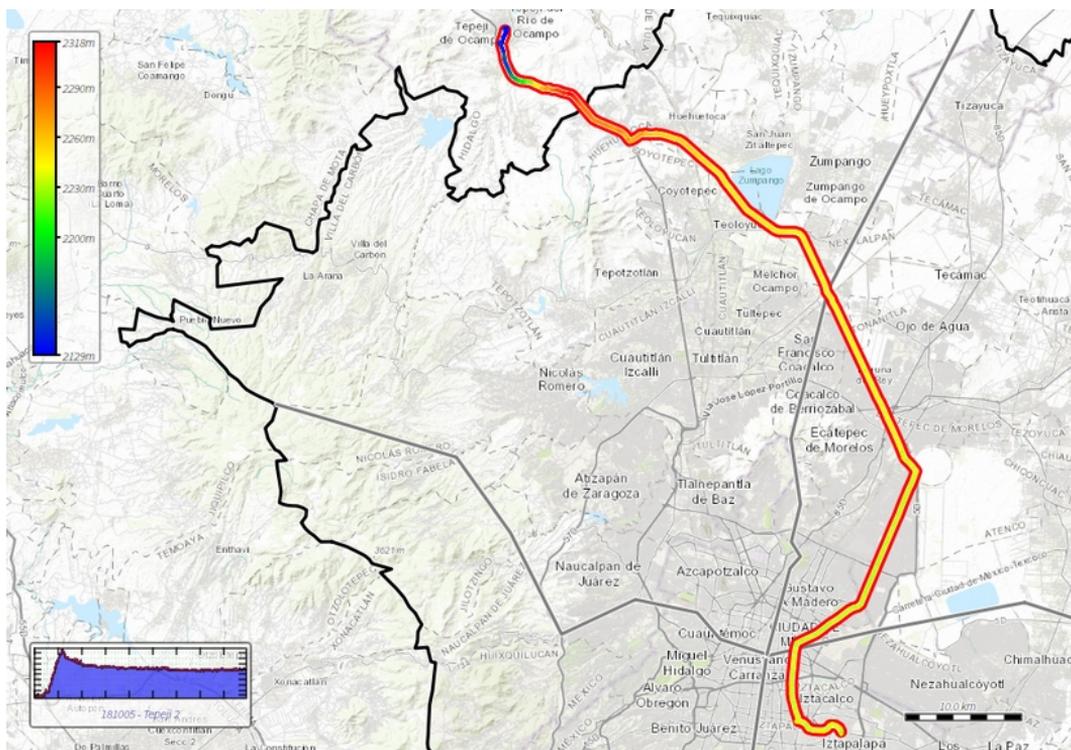
rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
(12 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabecero (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|--------------|------|-------|------|------|-------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|-------|------|-------|------|------|-------|------|--|--|--|--|--|
| 5941 | 85.25 | 1.0 | 6001 | 84.86 | 0.5 | 6061 | 84.82 | -0.2 | 6121 | 80.10 | -1.3 | 6181 | 99.84 | 1.9 | 6241 | 74.47 | 0.8 | 6301 | 102.47 | 0.6 | 6361 | 99.58 | -0.4 | 6421 | 97.42 | 0.6 | | | | | |
| 5942 | 85.21 | 0.0 | 6002 | 84.27 | -0.5 | 6062 | 84.54 | -0.5 | 6122 | 79.71 | -1.0 | 6182 | 100.12 | 2.1 | 6242 | 73.32 | 0.8 | 6302 | 102.77 | 0.0 | 6362 | 98.84 | 0.0 | 6422 | 96.69 | 0.2 | | | | | |
| 5943 | 85.17 | 0.5 | 6003 | 83.78 | -0.7 | 6063 | 84.67 | -0.2 | 6123 | 79.80 | -1.0 | 6183 | 100.10 | 2.5 | 6243 | 73.45 | 0.3 | 6303 | 103.01 | 0.4 | 6363 | 98.54 | -0.2 | 6423 | 96.16 | 0.2 | | | | | |
| 5944 | 85.78 | 0.5 | 6004 | 83.41 | -0.5 | 6064 | 85.06 | -0.5 | 6124 | 80.19 | -1.0 | 6184 | 99.84 | 2.5 | 6244 | 73.75 | 0.6 | 6304 | 102.62 | 1.0 | 6364 | 97.90 | -0.2 | 6424 | 95.42 | 0.4 | | | | | |
| 5945 | 84.99 | 1.2 | 6005 | 83.21 | -0.7 | 6065 | 85.62 | -0.2 | 6125 | 80.93 | -1.0 | 6185 | 99.36 | 2.3 | 6245 | 74.77 | 0.3 | 6305 | 102.69 | 1.0 | 6365 | 97.30 | -0.6 | 6425 | 95.42 | 0.4 | | | | | |
| 5946 | 85.73 | -0.5 | 6006 | 82.28 | -0.7 | 6066 | 86.04 | -0.5 | 6126 | 81.10 | -2.0 | 6186 | 99.21 | 1.7 | 6246 | 76.52 | 0.3 | 6306 | 102.45 | 0.6 | 6366 | 95.79 | -0.8 | 6426 | 95.27 | 0.4 | | | | | |
| 5947 | 85.86 | 1.0 | 6007 | 81.67 | -0.3 | 6067 | 86.53 | -0.7 | 6127 | 81.30 | -1.3 | 6187 | 98.27 | 0.8 | 6247 | 78.52 | 0.3 | 6307 | 102.01 | 0.2 | 6367 | 94.19 | -0.6 | 6427 | 95.01 | 0.4 | | | | | |
| 5948 | 85.95 | 0.2 | 6008 | 81.41 | -0.3 | 6068 | 86.73 | -0.5 | 6128 | 81.45 | -1.3 | 6188 | 97.92 | 0.6 | 6248 | 80.02 | 0.0 | 6308 | 101.67 | 0.2 | 6368 | 93.71 | -0.2 | 6428 | 95.21 | 0.0 | | | | | |
| 5949 | 86.17 | 1.0 | 6009 | 80.88 | 0.0 | 6069 | 86.82 | -1.0 | 6129 | 80.99 | -1.3 | 6189 | 97.38 | 0.6 | 6249 | 80.65 | -0.3 | 6309 | 100.73 | 0.0 | 6369 | 94.43 | -1.3 | 6429 | 94.62 | 0.0 | | | | | |
| 5950 | 86.56 | 1.0 | 6010 | 80.60 | -0.5 | 6070 | 86.95 | -1.0 | 6130 | 80.32 | -1.5 | 6190 | 96.80 | 0.4 | 6250 | 82.15 | 0.5 | 6310 | 100.14 | 0.4 | 6370 | 94.29 | -1.7 | 6430 | 94.17 | -0.2 | | | | | |
| 5951 | 86.77 | 1.9 | 6011 | 80.49 | -0.8 | 6071 | 87.38 | -1.2 | 6131 | 79.19 | -1.5 | 6191 | 96.12 | 0.6 | 6251 | 83.97 | 0.5 | 6311 | 99.60 | 0.2 | 6371 | 93.47 | 0.2 | 6431 | 93.90 | 0.2 | | | | | |
| 5952 | 85.80 | 1.2 | 6012 | 79.73 | -1.0 | 6072 | 87.19 | -0.7 | 6132 | 79.17 | -1.6 | 6192 | 96.08 | 1.3 | 6252 | 85.36 | 0.7 | 6312 | 98.97 | 0.0 | 6372 | 94.21 | 1.8 | 6432 | 94.40 | 0.4 | | | | | |
| 5953 | 85.51 | 1.0 | 6013 | 79.47 | -0.3 | 6073 | 86.28 | -1.4 | 6133 | 79.27 | -1.3 | 6193 | 95.95 | 0.2 | 6253 | 86.90 | 1.2 | 6313 | 99.10 | 0.0 | 6373 | 94.45 | -0.4 | 6433 | 94.84 | 0.2 | | | | | |
| 5954 | 85.93 | 0.7 | 6014 | 78.86 | -0.8 | 6074 | 85.32 | -1.0 | 6134 | 81.08 | -1.3 | 6194 | 95.97 | 0.2 | 6254 | 88.60 | 1.7 | 6314 | 99.42 | 0.2 | 6374 | 95.62 | 0.2 | 6434 | 94.17 | 0.9 | | | | | |
| 5955 | 85.88 | 1.0 | 6015 | 78.17 | -1.0 | 6075 | 84.53 | -1.0 | 6135 | 82.69 | -0.3 | 6195 | 96.56 | 0.2 | 6255 | 89.78 | 1.6 | 6315 | 100.05 | 0.2 | 6375 | 97.36 | 0.2 | 6435 | 94.38 | 0.7 | | | | | |
| 5956 | 85.34 | 0.5 | 6016 | 79.54 | 0.0 | 6076 | 84.23 | -1.5 | 6136 | 82.53 | 0.0 | 6196 | 96.45 | 0.2 | 6256 | 91.32 | 3.2 | 6316 | 100.42 | 0.0 | 6376 | 96.90 | 1.5 | 6436 | 94.21 | 0.0 | | | | | |
| 5957 | 85.06 | 1.0 | 6017 | 80.99 | 0.5 | 6077 | 84.03 | -1.2 | 6137 | 82.14 | 0.2 | 6197 | 96.54 | 0.4 | 6257 | 94.49 | 0.5 | 6317 | 100.73 | 0.4 | 6377 | 97.36 | 0.2 | 6437 | 94.34 | -0.2 | | | | | |
| 5958 | 84.82 | 1.0 | 6018 | 81.86 | 1.3 | 6078 | 83.67 | -1.0 | 6138 | 81.97 | -0.8 | 6198 | 96.56 | 0.2 | 6258 | 96.62 | 0.2 | 6318 | 100.93 | 0.2 | 6378 | 97.51 | 0.2 | 6438 | 94.66 | -0.4 | | | | | |
| 5959 | 84.84 | 1.0 | 6019 | 82.12 | 0.5 | 6079 | 83.32 | -0.7 | 6139 | 80.69 | 1.3 | 6199 | 96.60 | 0.2 | 6259 | 97.53 | -0.4 | 6319 | 100.19 | 0.4 | 6379 | 97.47 | -0.2 | 6439 | 95.32 | 0.2 | | | | | |
| 5960 | 84.43 | 0.5 | 6020 | 82.14 | 0.8 | 6080 | 83.21 | -1.5 | 6140 | 79.86 | 0.8 | 6200 | 96.79 | 0.0 | 6260 | 98.40 | 0.0 | 6320 | 99.54 | 0.8 | 6380 | 97.75 | 0.0 | 6440 | 95.36 | 1.3 | | | | | |
| 5961 | 84.03 | 0.0 | 6021 | 82.36 | 0.8 | 6081 | 82.91 | -0.5 | 6141 | 79.41 | 1.3 | 6201 | 96.69 | -1.1 | 6261 | 98.95 | 0.4 | 6321 | 99.21 | 0.0 | 6381 | 98.12 | 0.2 | 6441 | 95.27 | 0.6 | | | | | |
| 5962 | 84.23 | 0.2 | 6022 | 82.67 | 0.3 | 6082 | 82.38 | -0.7 | 6142 | 78.86 | -0.3 | 6202 | 96.42 | -0.6 | 6262 | 99.73 | -0.2 | 6322 | 99.14 | 0.6 | 6382 | 98.45 | 0.2 | 6442 | 95.92 | 0.4 | | | | | |
| 5963 | 84.47 | 0.2 | 6023 | 83.21 | 0.7 | 6083 | 82.04 | -1.5 | 6143 | 78.02 | -0.5 | 6203 | 96.10 | -1.1 | 6263 | 100.49 | 0.2 | 6323 | 99.12 | 1.0 | 6383 | 98.32 | 0.2 | 6443 | 95.47 | 0.6 | | | | | |
| 5964 | 84.41 | 1.0 | 6024 | 84.47 | 0.2 | 6084 | 82.25 | -0.5 | 6144 | 78.08 | 0.0 | 6204 | 95.03 | -1.1 | 6264 | 100.73 | 0.6 | 6324 | 99.30 | 0.4 | 6384 | 98.12 | 0.2 | 6444 | 95.06 | 0.6 | | | | | |
| 5965 | 83.93 | 0.7 | 6025 | 84.73 | 1.5 | 6085 | 82.41 | -1.3 | 6145 | 78.19 | 0.3 | 6205 | 94.73 | -0.7 | 6265 | 101.19 | 1.4 | 6325 | 98.45 | -0.2 | 6385 | 97.99 | 0.4 | 6445 | 94.88 | -0.2 | | | | | |
| 5966 | 83.64 | 0.7 | 6026 | 86.03 | 1.0 | 6086 | 82.97 | -1.3 | 6146 | 79.65 | -0.3 | 6206 | 94.45 | -1.1 | 6266 | 101.53 | 0.2 | 6326 | 97.04 | 0.2 | 6386 | 96.90 | 0.2 | 6446 | 95.29 | 0.4 | | | | | |
| 5967 | 82.97 | 1.5 | 6027 | 86.41 | 0.5 | 6087 | 83.04 | 0.0 | 6147 | 83.03 | 0.5 | 6207 | 94.47 | -1.1 | 6267 | 101.84 | 0.6 | 6327 | 95.32 | 1.3 | 6387 | 98.58 | 0.4 | 6447 | 95.25 | -0.2 | | | | | |
| 5968 | 83.01 | 0.2 | 6028 | 86.36 | 0.2 | 6088 | 83.28 | -1.5 | 6148 | 85.77 | 0.0 | 6208 | 94.29 | -1.7 | 6268 | 102.25 | 0.6 | 6328 | 94.82 | 1.7 | 6388 | 98.67 | 0.4 | 6448 | 95.17 | 0.2 | | | | | |
| 5969 | 82.77 | 0.7 | 6029 | 86.66 | 0.0 | 6089 | 83.21 | -0.7 | 6149 | 88.56 | -0.5 | 6209 | 93.56 | -1.3 | 6269 | 102.40 | 0.8 | 6329 | 93.69 | -0.4 | 6389 | 98.80 | 0.4 | 6449 | 96.23 | 0.4 | | | | | |
| 5970 | 82.40 | 0.5 | 6030 | 86.54 | -0.2 | 6090 | 83.06 | -1.2 | 6150 | 90.99 | -0.9 | 6210 | 93.16 | -0.9 | 6270 | 103.10 | 1.4 | 6330 | 93.73 | 0.0 | 6390 | 98.88 | 0.4 | 6450 | 97.06 | 1.1 | | | | | |
| 5971 | 82.40 | 0.8 | 6031 | 86.53 | 0.2 | 6091 | 82.77 | -0.7 | 6151 | 92.38 | -0.9 | 6211 | 93.30 | -1.3 | 6271 | 103.71 | 1.2 | 6331 | 94.23 | -0.7 | 6391 | 98.71 | 0.0 | 6451 | 97.62 | 0.0 | | | | | |
| 5972 | 82.32 | 0.8 | 6032 | 86.23 | -0.5 | 6092 | 82.80 | -0.7 | 6152 | 93.23 | -2.0 | 6212 | 93.80 | -1.1 | 6272 | 104.08 | 1.6 | 6332 | 95.82 | -0.4 | 6392 | 98.42 | 0.0 | 6452 | 98.14 | 0.4 | | | | | |
| 5973 | 82.12 | 0.3 | 6033 | 86.06 | 0.7 | 6093 | 83.32 | -1.2 | 6153 | 93.91 | -0.4 | 6213 | 93.12 | -1.1 | 6273 | 104.86 | 1.2 | 6333 | 95.90 | -0.9 | 6393 | 98.40 | 0.0 | 6453 | 97.60 | 0.4 | | | | | |
| 5974 | 82.19 | 0.3 | 6034 | 86.32 | -0.2 | 6094 | 84.10 | -1.7 | 6154 | 95.69 | 0.2 | 6214 | 91.93 | -0.7 | 6274 | 104.45 | 1.2 | 6334 | 95.82 | 0.6 | 6394 | 98.93 | 0.4 | 6454 | 97.67 | 0.2 | | | | | |
| 5975 | 82.38 | 1.0 | 6035 | 85.86 | 0.2 | 6095 | 84.60 | -1.2 | 6155 | 96.53 | -0.6 | 6215 | 91.54 | -0.9 | 6275 | 103.95 | 1.2 | 6335 | 95.66 | 0.2 | 6395 | 99.08 | -0.2 | 6455 | 97.21 | 0.8 | | | | | |
| 5976 | 82.69 | 1.0 | 6036 | 85.78 | 0.2 | 6096 | 85.19 | -1.7 | 6156 | 96.67 | 0.4 | 6216 | 91.54 | -1.1 | 6276 | 103.21 | 0.8 | 6336 | 95.49 | 0.2 | 6396 | 99.12 | 0.0 | 6456 | 98.01 | 0.0 | | | | | |
| 5977 | 82.77 | 1.0 | 6037 | 85.64 | -0.2 | 6097 | 85.19 | -1.0 | 6157 | 97.82 | 0.0 | 6217 | 91.47 | -0.2 | 6277 | 102.73 | 1.0 | 6337 | 95.45 | 1.1 | 6397 | 99.29 | 0.2 | 6457 | 99.06 | 0.6 | | | | | |
| 5978 | 83.25 | 0.5 | 6038 | 85.25 | 0.5 | 6098 | 84.65 | -1.5 | 6158 | 98.97 | 0.0 | 6218 | 90.73 | -0.5 | 6278 | 102.58 | 0.6 | 6338 | 94.64 | 0.2 | 6398 | 99.53 | 0.2 | 6458 | 99.54 | 0.6 | | | | | |
| 5979 | 83.32 | 0.2 | 6039 | 84.91 | 0.2 | 6099 | 83.86 | -1.0 | 6159 | 99.84 | 0.0 | 6219 | 90.06 | -1.1 | 6279 | 101.90 | 0.6 | 6339 | 94.25 | 0.0 | 6399 | 98.51 | 0.4 | 6459 | 98.93 | 0.0 | | | | | |
| 5980 | 83.84 | 0.2 | 6040 | 84.56 | 0.2 | 6100 | 83.49 | -1.2 | 6160 | 100.55 | 0.2 | 6220 | 90.14 | 0.0 | 6280 | 101.77 | 1.0 | 6340 | 94.01 | 0.9 | 6400 | 98.14 | 0.0 | 6460 | 98.21 | -0.2 | | | | | |
| 5981 | 84.04 | 0.7 | 6041 | 84.15 | -0.2 | 6101 | 82.21 | -1.7 | 6161 | 100.43 | 0.2 | 6221 | 90.21 | -0.2 | 6281 | 101.30 | 0.6 | 6341 | 93.79 | 0.2 | 6401 | 98.56 | 0.2 | 6461 | 97.45 | -0.2 | | | | | |
| 5982 | 84.64 | 0.7 | 6042 | 83.78 | 0.0 | 6102 | 81.53 | -1.3 | 6162 | 100.10 | 0.0 | 6222 | 89.62 | -0.5 | 6282 | 100.71 | 0.6 | 6342 | 93.56 | 0.4 | 6402 | 98.17 | 0.4 | 6462 | 97.51 | 0.0 | | | | | |
| 5983 | 84.58 | 0.0 | 6043 | 83.25 | -0.5 | 6103 | 80.71 | -1.5 | 6163 | 100.14 | -0.6 | 6223 | 89.36 | -0.2 | 6283 | 100.17 | 1.2 | 6343 | 93.73 | 0.9 | 6403 | 97.79 | 0.2 | 6463 | 97.71 | 0.4 | | | | | |
| 5984 | 85.30 | -0.2 | 6044 | 82.73 | -0.5 | 6104 | 80.15 | -1.5 | 6164 | 99.19 | -0.4 | 6224 | 89.49 | -0.9 | 6284 | 99.51 | 0.8 | 6344 | 93.41 | 0.7 | 6404 | 97.23 | 1.1 | 6464 | 98.01 | 1.1 | | | | | |
| 5985 | 85.62 | 0.2 | 6045 | 82.56 | -0.7 | 6105 | 79.56 | -0.8 | 6165 | 98.69 | 0.4 | 6225 | 88.69 | -0.5 | 6285 | 99.10 | 1.0 | 6345 | 93.12 | 0.4 | 6405 | 96.27 | 0.6 | 6465 | 97.49 | 0.6 | | | | | |
| 5986 | 85.62 | 1.0 | 6046 | 82.36 | -0.2 | 6106 | 79.27 | -1.0 | 6166 | 98.21 | -0.2 | 6226 | 88.47 | 0.0 | 6286 | 98.69 | 1.2 | 6346 | 93.17 | 0.7 | 6406 | 95.95 | -0.2 | 6466 | 98.56 | 0.2 | | | | | |
| 5987 | 85.27 | -0.2 | 6047 | 82.19 | 0.3 | 6107 | 78.78 | -1.0 | 6167 | 97.82 | -0.4 | 6227 | 88.56 | -0.5 | 6287 | 98.17 | 1.7 | 6347 | 92.97 | 0.9 | 6407 | 95.95 | 0.0 | 6467 | 98.58 | 1.3 | | | | | |
| 5988 | 85.49 | -0.7 | 6048 | 81.99 | 0.3 | 6108 | 78.60 | -1.0 | 6168 | 97.38 | 0.0 | 6228 | 88.16 | -0.9 | 6288 | 98.04 | 1.5 | 6348 | 93.38 | 1.3</ | | | | | | | | | | | |

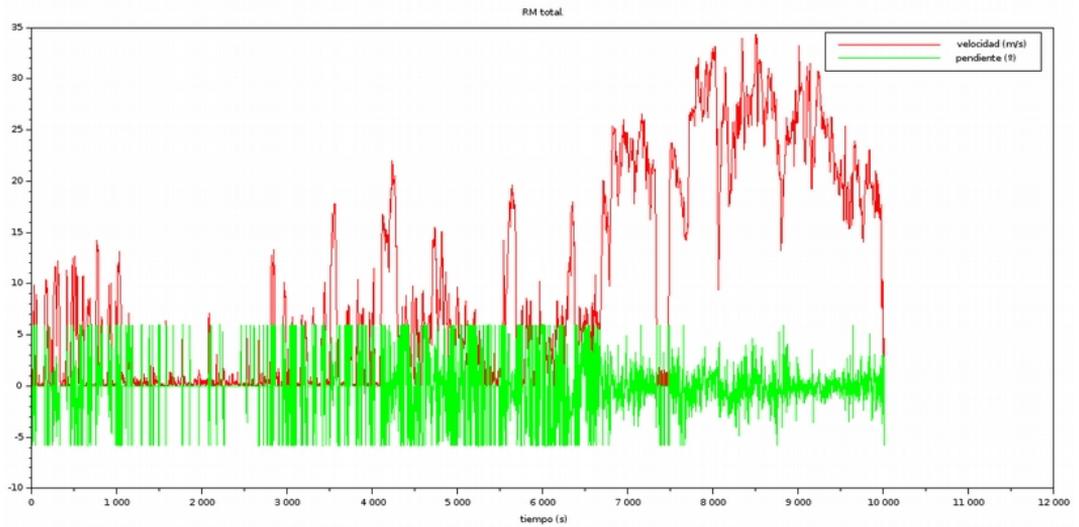
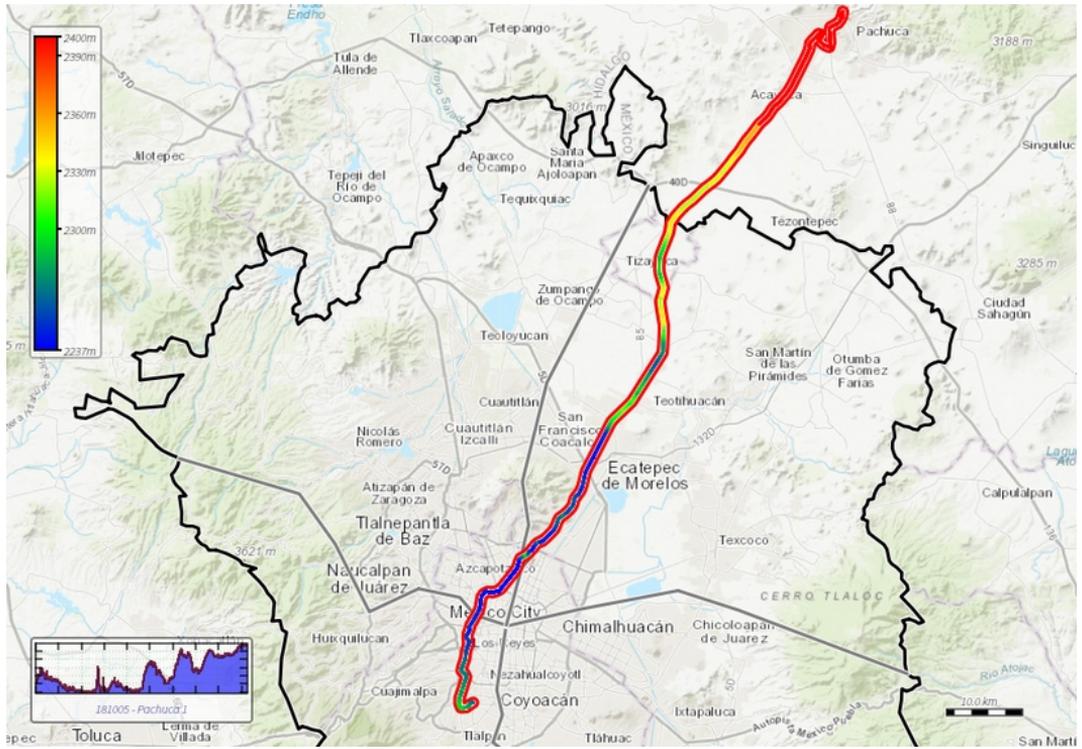
rutina de manejo
IZTAPALAPA - TEPEJI
 (13 / 13)

| punto | velocidad (km / h) | cabeceo (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|-------------|------|--------|------|------|--------|-----|------|--------|-----|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| 6481 | 94.67 | -1.1 | 6541 | 101.29 | -1.6 | 6601 | 91.54 | 0.7 | 6661 | 101.43 | 2.2 | 6721 | 92.41 | 2.0 | 6781 | 91.03 | 1.1 | 6841 | 89.30 | 0.9 | 6901 | 14.41 | 5.4 |
| 6482 | 93.77 | -2.4 | 6542 | 101.77 | -0.8 | 6602 | 91.71 | 0.5 | 6662 | 101.30 | 1.2 | 6722 | 92.25 | 1.6 | 6782 | 91.30 | 1.6 | 6842 | 89.41 | 0.2 | 6902 | 13.28 | 5.4 |
| 6483 | 93.21 | -1.8 | 6543 | 102.03 | -1.4 | 6603 | 92.29 | 0.7 | 6663 | 101.25 | 2.0 | 6723 | 91.93 | 2.0 | 6783 | 92.14 | 1.4 | 6843 | 88.53 | 2.1 | 6903 | 12.11 | 4.7 |
| 6484 | 92.77 | -1.8 | 6544 | 101.95 | -1.8 | 6604 | 92.51 | 0.7 | 6664 | 100.90 | 2.0 | 6724 | 91.88 | 2.0 | 6784 | 92.91 | 1.3 | 6844 | 88.40 | 1.6 | 6904 | 9.70 | 5.4 |
| 6485 | 92.30 | -2.0 | 6545 | 102.14 | -1.0 | 6605 | 93.38 | 1.6 | 6665 | 100.64 | 2.2 | 6725 | 92.04 | 2.0 | 6785 | 93.56 | 0.4 | 6845 | 88.32 | 1.4 | 6905 | 10.63 | 5.4 |
| 6486 | 91.86 | -0.4 | 6546 | 102.53 | -1.2 | 6606 | 94.01 | 0.7 | 6666 | 100.51 | 2.0 | 6726 | 92.64 | 1.3 | 6786 | 94.51 | 0.7 | 6846 | 87.93 | 1.4 | 6906 | 13.09 | 3.9 |
| 6487 | 91.71 | -0.4 | 6547 | 103.29 | -1.0 | 6607 | 94.49 | 0.7 | 6667 | 100.58 | 2.3 | 6727 | 93.21 | 1.6 | 6787 | 95.04 | 0.7 | 6847 | 87.17 | 0.9 | 6907 | 13.08 | -4.7 |
| 6488 | 91.14 | -0.2 | 6548 | 103.58 | -1.4 | 6608 | 94.40 | 1.3 | 6668 | 100.62 | 2.7 | 6728 | 94.06 | 2.2 | 6788 | 95.93 | 0.0 | 6848 | 86.16 | 0.7 | 6908 | 15.76 | -5.4 |
| 6489 | 90.29 | -0.2 | 6549 | 103.32 | -1.0 | 6609 | 93.56 | 0.9 | 6669 | 100.82 | 5.4 | 6729 | 94.80 | 2.2 | 6789 | 96.10 | 0.4 | 6849 | 85.88 | 0.7 | 6909 | 19.39 | -5.2 |
| 6490 | 89.91 | -0.9 | 6550 | 103.45 | -1.2 | 6610 | 93.64 | 1.1 | 6670 | 100.40 | 2.2 | 6730 | 95.84 | 2.2 | 6790 | 96.01 | -0.2 | 6850 | 85.88 | 0.0 | 6910 | 23.41 | 4.3 |
| 6491 | 89.97 | -0.7 | 6551 | 103.17 | -1.4 | 6611 | 93.66 | 0.4 | 6671 | 100.53 | 2.9 | 6731 | 96.06 | 1.5 | 6791 | 96.29 | 0.2 | 6851 | 86.12 | -0.7 | 6911 | 25.04 | 0.9 |
| 6492 | 90.36 | -0.5 | 6552 | 102.99 | -1.0 | 6612 | 93.66 | 0.9 | 6672 | 100.49 | 2.1 | 6732 | 96.64 | 2.1 | 6792 | 96.43 | 0.9 | 6852 | 85.73 | -1.0 | 6912 | 26.17 | -5.4 |
| 6493 | 89.54 | -0.7 | 6553 | 102.99 | -0.8 | 6613 | 93.27 | 1.1 | 6673 | 100.42 | 2.1 | 6733 | 96.30 | 1.1 | 6793 | 96.34 | 0.9 | 6853 | 84.43 | 0.0 | 6913 | 28.24 | -5.4 |
| 6494 | 88.67 | -0.5 | 6554 | 103.47 | -0.8 | 6614 | 93.36 | 1.5 | 6674 | 100.16 | 1.6 | 6734 | 95.58 | 1.7 | 6794 | 96.73 | 0.2 | 6854 | 84.23 | -0.7 | 6914 | 29.69 | -5.4 |
| 6495 | 88.78 | -1.4 | 6555 | 103.99 | -1.0 | 6615 | 94.08 | 0.9 | 6675 | 100.29 | 2.1 | 6735 | 95.62 | 2.4 | 6795 | 97.06 | 0.6 | 6855 | 82.15 | -0.2 | 6915 | 31.30 | -3.5 |
| 6496 | 88.47 | -1.2 | 6556 | 103.88 | -1.0 | 6616 | 94.23 | 0.7 | 6676 | 100.12 | 2.1 | 6736 | 95.32 | 1.1 | 6796 | 97.32 | 0.4 | 6856 | 79.75 | -2.8 | 6916 | 32.32 | 1.3 |
| 6497 | 89.62 | -0.2 | 6557 | 103.21 | -0.8 | 6617 | 94.54 | 1.3 | 6677 | 100.42 | 2.9 | 6737 | 95.71 | 1.5 | 6797 | 97.64 | 1.1 | 6857 | 77.71 | 0.3 | 6917 | 33.48 | 0.0 |
| 6498 | 90.86 | -0.5 | 6558 | 102.23 | -1.4 | 6618 | 95.21 | 1.1 | 6678 | 100.69 | 2.5 | 6738 | 95.75 | 1.1 | 6798 | 98.29 | 0.6 | 6858 | 76.32 | 0.8 | 6918 | 34.41 | -1.2 |
| 6499 | 90.62 | -0.2 | 6559 | 101.92 | -1.2 | 6619 | 95.19 | 0.9 | 6679 | 100.82 | 2.7 | 6739 | 95.49 | 1.1 | 6799 | 98.36 | 0.2 | 6859 | 74.71 | 1.1 | 6919 | 34.39 | -2.4 |
| 6500 | 90.40 | 0.2 | 6560 | 101.92 | -1.6 | 6620 | 95.47 | 0.9 | 6680 | 101.30 | 2.7 | 6740 | 95.14 | 1.3 | 6800 | 97.86 | 0.4 | 6860 | 73.97 | 0.8 | 6920 | 34.76 | -1.2 |
| 6501 | 90.23 | -0.2 | 6561 | 101.90 | -1.2 | 6621 | 95.88 | 0.6 | 6681 | 101.90 | 2.2 | 6741 | 94.21 | 1.7 | 6801 | 97.19 | 0.6 | 6861 | 70.97 | 2.2 | 6921 | 34.72 | -1.2 |
| 6502 | 90.34 | 0.0 | 6562 | 101.27 | -1.2 | 6622 | 96.38 | 0.6 | 6682 | 102.12 | 2.6 | 6742 | 93.51 | 1.3 | 6802 | 96.51 | 0.2 | 6862 | 70.30 | 3.2 | 6922 | 34.71 | 1.2 |
| 6503 | 89.95 | -0.5 | 6563 | 101.29 | -1.4 | 6623 | 97.62 | 1.1 | 6683 | 101.79 | 2.0 | 6743 | 92.45 | 1.3 | 6803 | 96.14 | 0.6 | 6863 | 70.23 | 1.8 | 6923 | 30.00 | 1.2 |
| 6504 | 89.36 | 0.0 | 6564 | 100.99 | -1.6 | 6624 | 98.10 | 0.8 | 6684 | 101.29 | 2.2 | 6744 | 92.43 | 1.1 | 6804 | 95.90 | 0.4 | 6864 | 70.02 | 0.3 | 6924 | 30.87 | 2.4 |
| 6505 | 89.40 | -1.4 | 6565 | 100.49 | -3.5 | 6625 | 98.45 | 1.1 | 6685 | 100.95 | 2.2 | 6745 | 90.62 | 0.9 | 6805 | 95.54 | 0.0 | 6865 | 70.32 | -0.9 | 6925 | 26.35 | 2.0 |
| 6506 | 89.32 | -1.2 | 6566 | 99.60 | -1.2 | 6626 | 98.79 | 1.3 | 6686 | 100.36 | 2.5 | 6746 | 89.49 | -0.5 | 6806 | 95.32 | 1.5 | 6866 | 70.32 | -0.9 | 6926 | 19.50 | -1.6 |
| 6507 | 88.88 | -1.2 | 6567 | 99.29 | -0.4 | 6627 | 99.97 | 1.0 | 6687 | 100.62 | 3.1 | 6747 | 89.43 | 1.8 | 6807 | 95.04 | 0.4 | 6867 | 69.21 | 0.3 | 6927 | 14.59 | -4.2 |
| 6508 | 88.78 | -1.4 | 6568 | 98.92 | -1.4 | 6628 | 100.40 | 0.6 | 6688 | 101.10 | 2.3 | 6748 | 89.45 | 1.8 | 6808 | 94.80 | 1.5 | 6868 | 68.34 | -1.5 | 6928 | 11.65 | 2.8 |
| 6509 | 89.23 | -1.4 | 6569 | 98.82 | -1.0 | 6629 | 100.17 | 0.2 | 6689 | 100.92 | 2.4 | 6749 | 88.53 | 1.8 | 6809 | 94.82 | 1.3 | 6869 | 65.49 | 0.6 | 6929 | 8.76 | 1.8 |
| 6510 | 89.99 | -1.4 | 6570 | 98.56 | -0.4 | 6630 | 100.71 | 0.6 | 6690 | 100.69 | 1.8 | 6750 | 88.25 | 1.4 | 6810 | 95.04 | 1.7 | 6870 | 60.60 | -0.9 | 6930 | 8.91 | 4.7 |
| 6511 | 90.97 | -0.7 | 6571 | 97.95 | -0.6 | 6631 | 100.75 | 0.8 | 6691 | 100.34 | 2.7 | 6751 | 87.47 | 1.9 | 6811 | 95.32 | 1.7 | 6871 | 54.06 | -1.0 | 6931 | 10.56 | 4.6 |
| 6512 | 92.54 | -1.8 | 6572 | 97.66 | -0.4 | 6632 | 100.99 | 1.2 | 6692 | 99.32 | 1.4 | 6752 | 86.27 | 2.1 | 6812 | 95.64 | 1.5 | 6872 | 46.45 | -3.8 | 6932 | 11.87 | 2.0 |
| 6513 | 93.64 | -1.3 | 6573 | 97.56 | -0.6 | 6633 | 101.40 | 1.0 | 6693 | 97.64 | 0.0 | 6753 | 86.14 | 1.4 | 6813 | 95.25 | 1.7 | 6873 | 38.65 | -0.4 | 6933 | 16.08 | 1.7 |
| 6514 | 94.77 | -0.2 | 6574 | 97.42 | -0.2 | 6634 | 101.93 | 1.0 | 6694 | 96.47 | 0.6 | 6754 | 86.40 | 1.2 | 6814 | 94.86 | 2.2 | 6874 | 31.97 | -1.1 | 6934 | 17.93 | -3.8 |
| 6515 | 96.34 | 0.0 | 6575 | 97.73 | 0.4 | 6635 | 102.17 | 2.2 | 6695 | 95.45 | 1.5 | 6755 | 86.03 | 1.0 | 6815 | 93.53 | 1.7 | 6875 | 27.45 | 5.4 | 6935 | 18.41 | 2.3 |
| 6516 | 97.67 | 0.0 | 6576 | 98.30 | -0.2 | 6636 | 101.75 | 1.6 | 6696 | 94.29 | 1.5 | 6756 | 85.86 | 1.4 | 6816 | 93.12 | 2.2 | 6876 | 25.72 | 4.5 | 6936 | 18.71 | -2.2 |
| 6517 | 98.82 | -0.8 | 6577 | 98.60 | 0.4 | 6637 | 102.47 | 1.8 | 6697 | 93.43 | 1.5 | 6757 | 85.75 | 1.2 | 6817 | 91.97 | 1.3 | 6877 | 24.32 | 4.8 | 6937 | 20.56 | -2.2 |
| 6518 | 100.93 | 0.0 | 6578 | 97.99 | 0.2 | 6638 | 102.10 | 1.6 | 6698 | 92.30 | 1.3 | 6758 | 85.80 | 1.4 | 6818 | 91.79 | 1.1 | 6878 | 21.56 | 1.7 | 6938 | 22.26 | -1.0 |
| 6519 | 101.30 | 0.4 | 6579 | 95.01 | 0.2 | 6639 | 102.93 | 0.8 | 6699 | 91.23 | 1.1 | 6759 | 88.10 | 1.7 | 6819 | 91.14 | 0.7 | 6879 | 21.56 | 5.4 | 6939 | 22.85 | -1.9 |
| 6520 | 101.64 | 0.2 | 6580 | 92.71 | 1.7 | 6640 | 102.36 | 0.6 | 6700 | 89.95 | 0.9 | 6760 | 89.58 | 1.6 | 6820 | 91.73 | 1.6 | 6880 | 21.22 | 4.8 | 6940 | 22.67 | -0.9 |
| 6521 | 101.58 | 0.2 | 6581 | 90.82 | 0.0 | 6641 | 102.38 | 0.8 | 6701 | 89.58 | 2.1 | 6761 | 91.29 | 1.8 | 6821 | 91.47 | 2.0 | 6881 | 19.50 | 5.4 | 6941 | 20.58 | -1.8 |
| 6522 | 101.19 | -0.4 | 6582 | 89.64 | -0.7 | 6642 | 102.36 | 1.2 | 6702 | 88.97 | 1.8 | 6762 | 93.17 | 1.6 | 6822 | 91.32 | 0.7 | 6882 | 16.85 | 5.3 | 6942 | 17.63 | -1.0 |
| 6523 | 101.32 | -0.2 | 6583 | 89.27 | -0.7 | 6643 | 102.32 | 0.2 | 6703 | 88.67 | 2.1 | 6763 | 94.30 | 0.9 | 6823 | 92.08 | 0.5 | 6883 | 13.22 | -1.2 | 6943 | 12.96 | -2.3 |
| 6524 | 101.16 | -0.2 | 6584 | 87.95 | -0.5 | 6644 | 102.05 | 0.6 | 6704 | 88.69 | 2.1 | 6764 | 95.04 | 1.5 | 6824 | 92.10 | -1.3 | 6884 | 13.87 | -5.4 | 6944 | 10.15 | -4.8 |
| 6525 | 101.03 | 0.0 | 6585 | 86.51 | -0.7 | 6645 | 102.19 | 1.0 | 6705 | 88.23 | 1.2 | 6765 | 95.38 | 1.1 | 6825 | 92.30 | 0.4 | 6885 | 15.69 | 5.4 | 6945 | 7.39 | -2.0 |
| 6526 | 100.99 | -0.2 | 6586 | 88.45 | 0.2 | 6646 | 102.69 | 1.0 | 6706 | 87.90 | 2.1 | 6766 | 95.69 | 0.2 | 6826 | 92.04 | 0.9 | 6886 | 16.02 | 5.4 | 6946 | 4.52 | 0.0 |
| 6527 | 101.51 | -0.2 | 6587 | 88.45 | -0.2 | 6647 | 102.43 | 1.4 | 6707 | 87.75 | 1.9 | 6767 | 95.69 | 1.7 | 6827 | 91.51 | 0.9 | 6887 | 15.72 | 5.4 | 6947 | 3.28 | 0.0 |
| 6528 | 101.40 | -1.8 | 6588 | 88.47 | -0.2 | 6648 | 102.38 | 2.0 | 6708 | 88.47 | 2.1 | 6768 | 95.62 | 1.5 | 6828 | 91.77 | 0.2 | 6888 | 16.89 | 5.4 | 6948 | 2.46 | 0.0 |
| 6529 | 101.34 | -0.8 | 6589 | 89.53 | -0.5 | 6649 | 102.03 | 2.2 | 6709 | 88.67 | 2.3 | 6769 | 94.66 | 1.3 | 6829 | 92.16 | 1.3 | 6889 | 15.26 | -2.4 | 6949 | 1.44 | 0.0 |
| 6530 | 101.27 | -1.0 | 6590 | 89.30 | 0.0 | 6650 | 101.27 | 2.6 | 6710 | 89.95 | 1.2 | 6770 | 94.19 | 1.3 | 6830 | 92.62 | 0.4 | 6890 | 15.50 | 4.1 | 6950 | 1.52 | 0.0 |
| 6531 | 101.73 | -1.2 | 6591 | 89.99 | 1.6 | 6651 | 102.08 | 4.7 | 6711 | 90.60 | 1.6 | 6771 | 93.60 | 1.3 | 6831 | 92.56 | 3.1 | 6891 | 15.89 | 5.3 | 6951 | 1.11 | 0.0 |
| 6532 | 102.10 | -1.2 | 6592 | 90.86 | 0.9 | 6652 | 102.49 | 3.0 | 6712 | 90.93 | 2.0 | 6772 | 93.29 | 2.6 | 6832 | 92.53 | -0.2 | 6892 | 18.65 | 2.6 | 6952 | 1.06 | 0.0 |
| 6533 | 102.45 | -0.8 | 6593 | 91.21 | 2.9 | 6653 | 102.05 | 3.0 | 6713 | 91.32 | 3.2 | 6773 | 92.80 | 1.3 | 6833 | 92.67 | 1.8 | 6893 | 19.65 | 2.2 | 6953 | 1.11 | 0.0 |
| 6534 | 102.21 | -1.0 | 6594 | 91.79 | 1.4 | 6654 | 102.43 | 2.6 | 6714 | 91.86 | 1.6 | 6774 | 92.14 | 1.8 | 6834 | 92.75 | 1.8 | 6894 | 20.89 | 5.2 | 6954 | 1.67 | 0.0 |
| 6535 | 102.56 | -0.8 | 6595 | 92.32 | 0.4 | 6655 | 102.88 | 2.0 | 6715 | 92.27 | 2.0 | 6775 | 91.45 | 0.4 | 6835 | 93.03 | 1.1 | 6895 | 20.71 | 5.4 | | | |

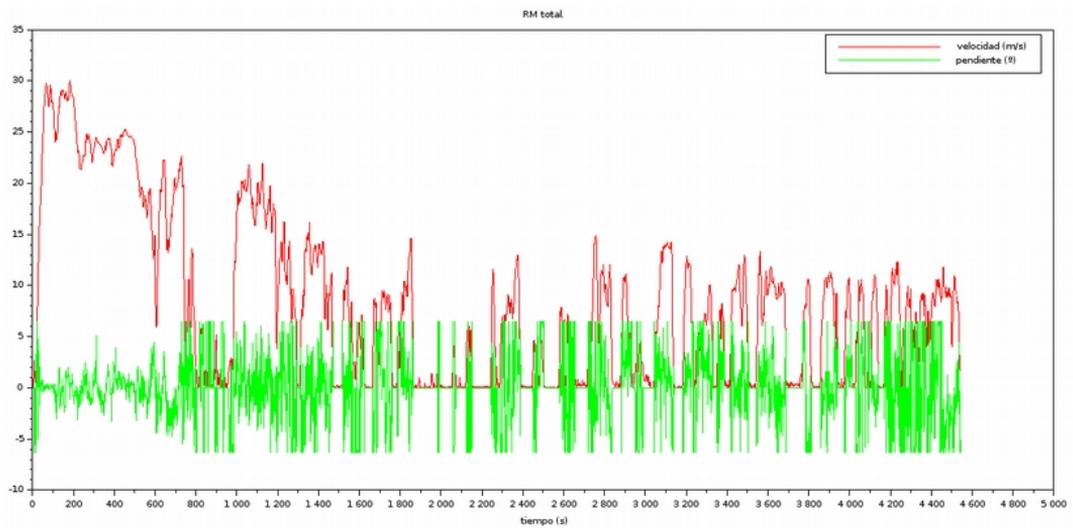
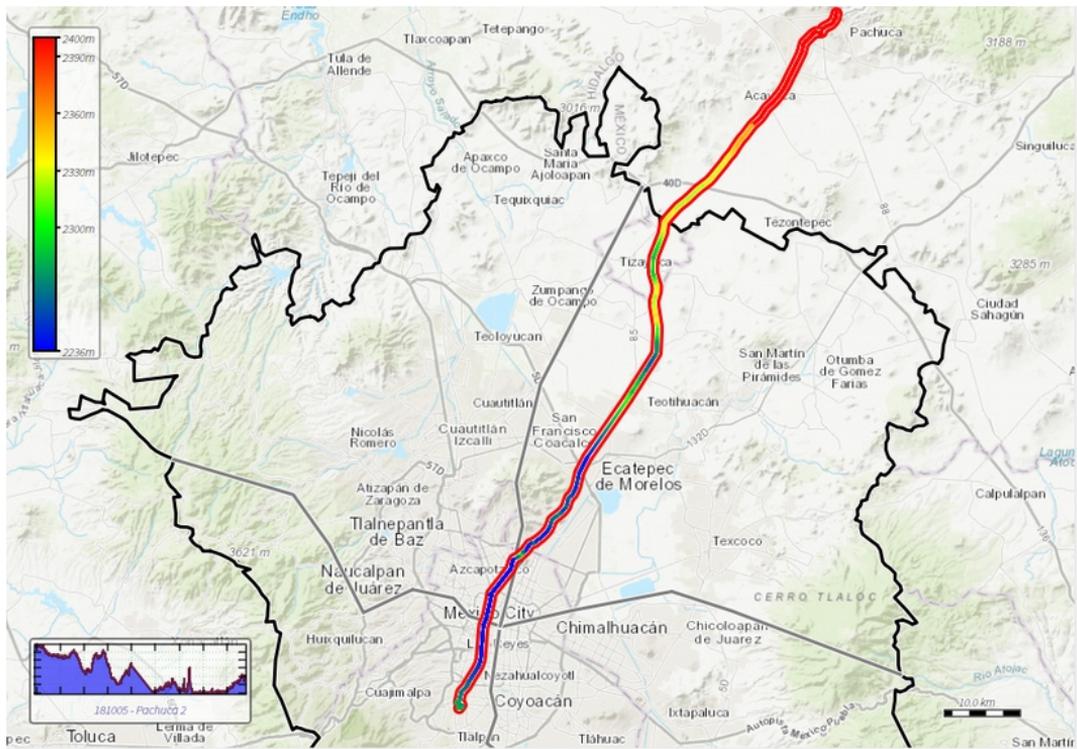
(2) TEPEJI - IZTAPALAPA



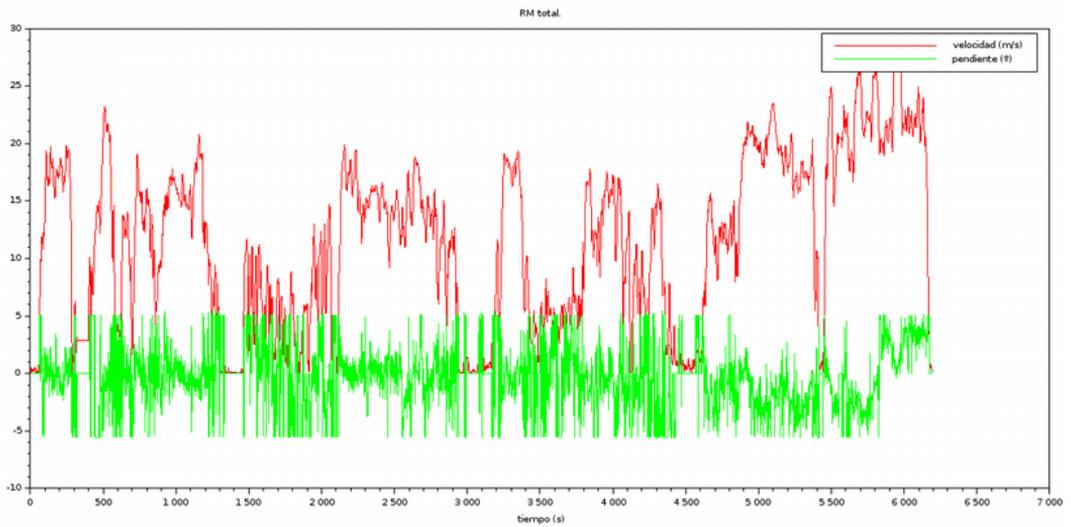
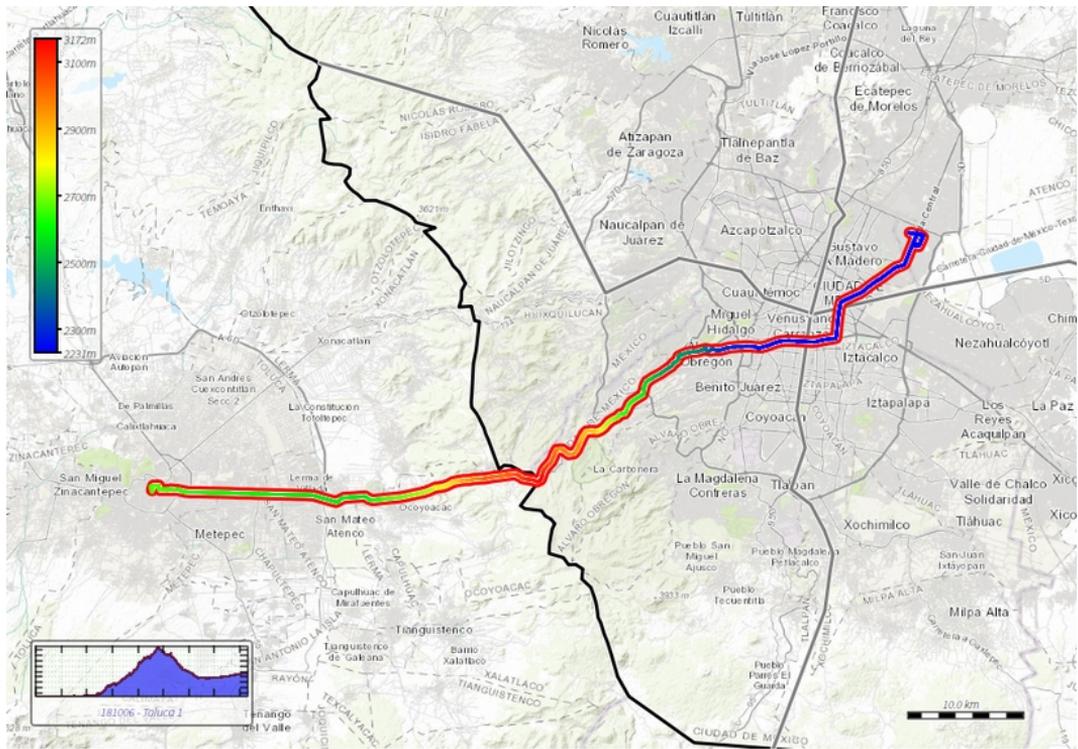
(3) COYOACÁN - PACHUCA



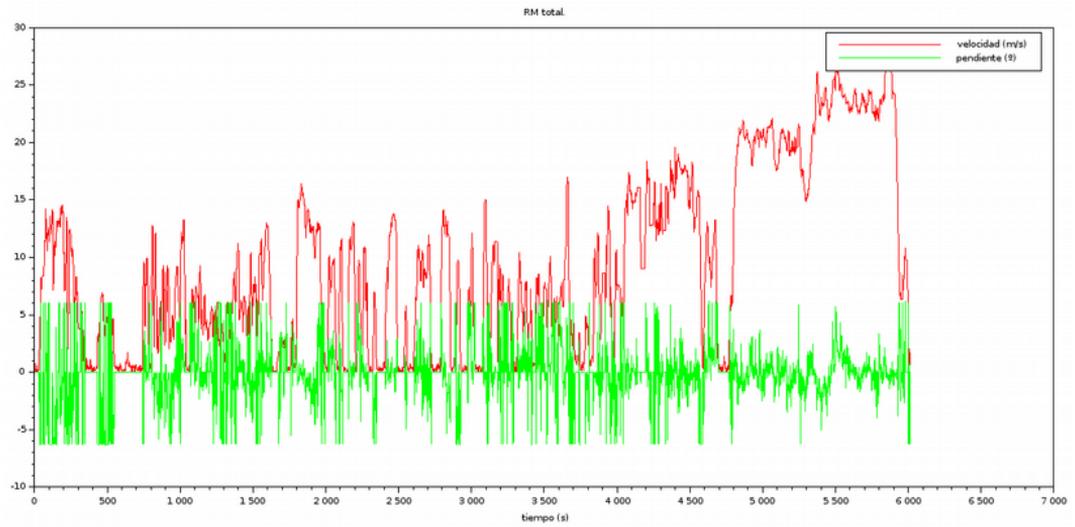
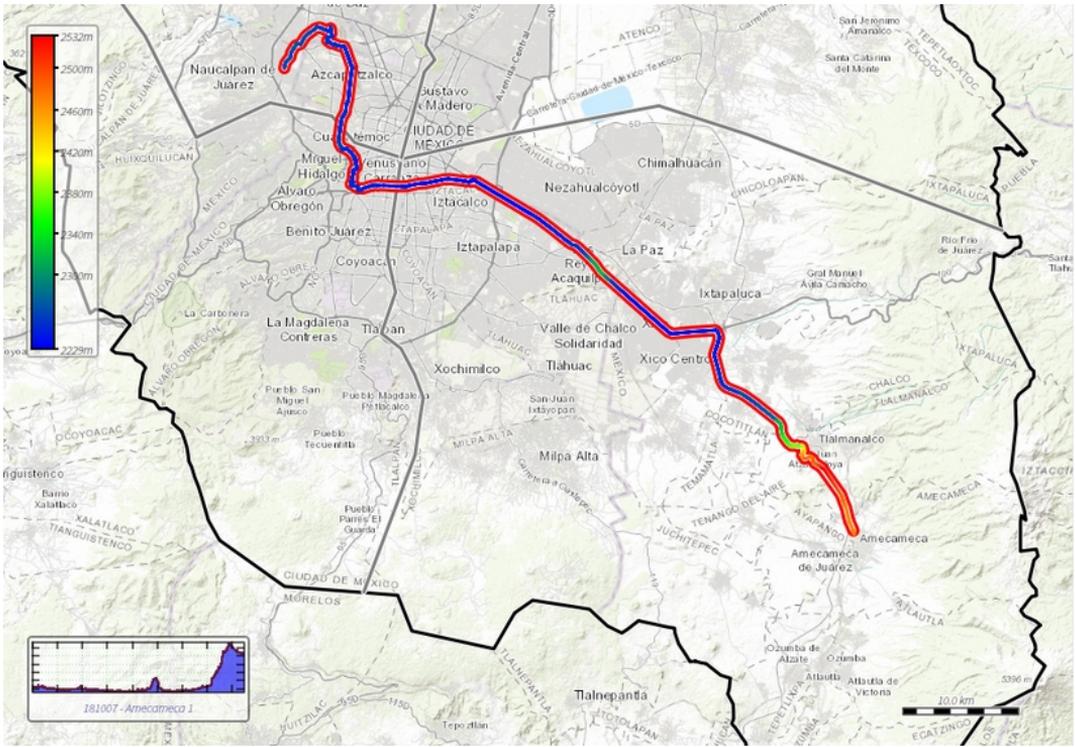
(4) PACHUCA - COYOACÁN



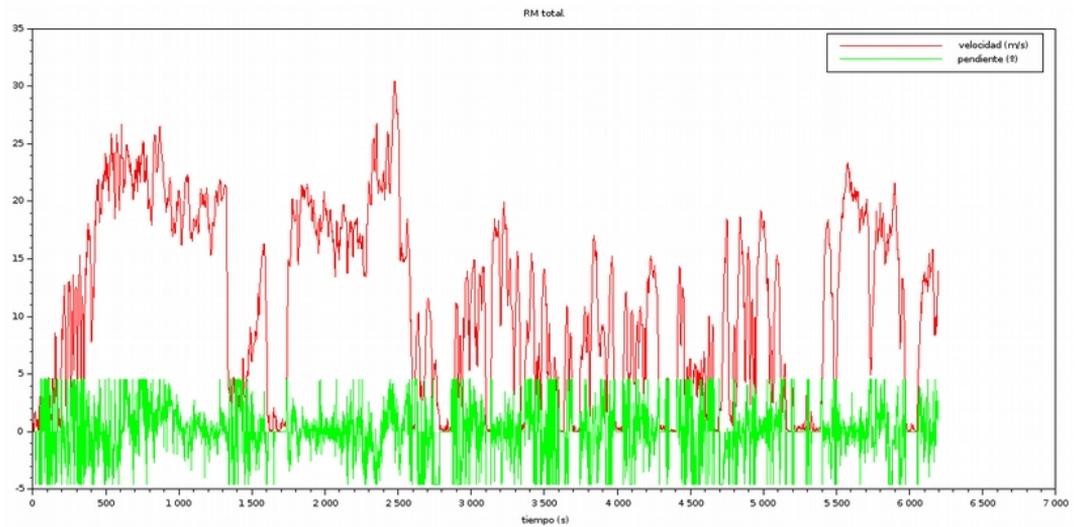
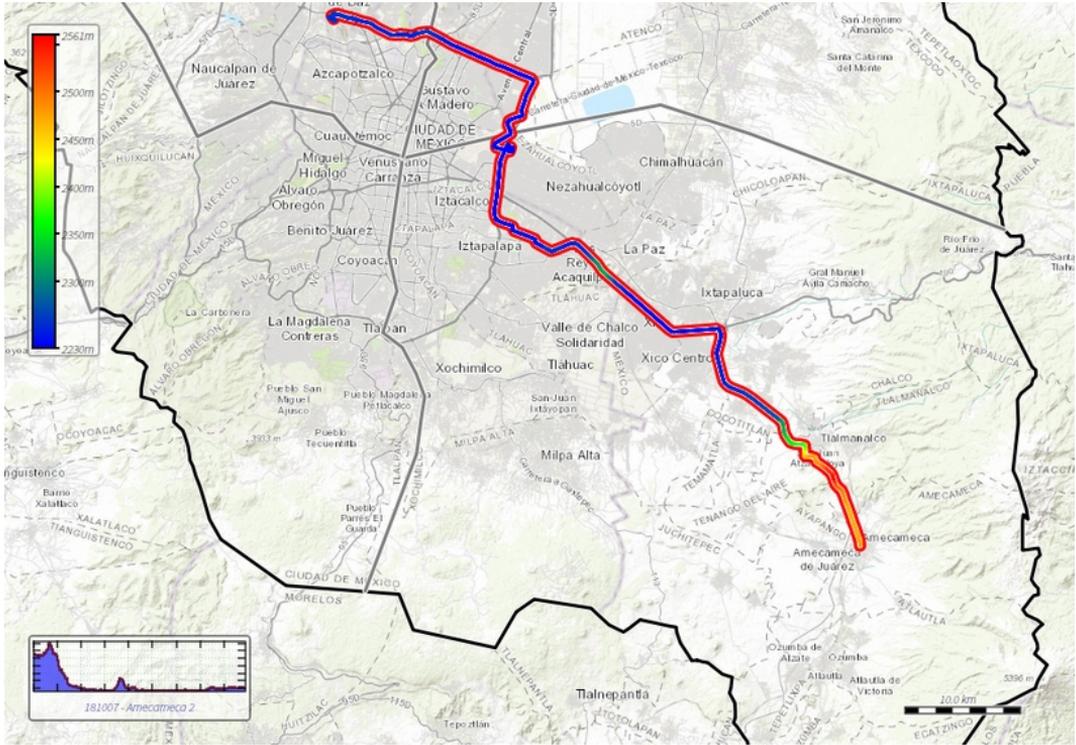
(5) ARAGÓN - TOLUCA



(6) IZTACALA - AMECAMECA



(7) AMECAMECA - IZTACALA



C. PROCEDIMIENTO SINTETIZADOR

Este apéndice contiene el algoritmo del procedimiento para sintetizar ciclos de manejo vehicular, implementado con programación *Scilab*.

```
// '4-18-44 : Chiuccentochtli
// '17-9 : extecpatl
// febrero-6 : miércoles

// México, Ciudad Universitaria.
// Cedillo Quetzalpixqui.

// DC-synth.sce
//
// Este procedimiento procesa registros "CSV" iniciales con datos
// de rutinas de manejo (RM), para construir un ciclo de manejo
// (CM) con sus datos ordenados en un registro "CSV" final.
//
// i : "integer" (número entero)
// d : "decimal" (número decimal)
// l : "list" (lista)
// m : "matrix" (matriz)
// h : "hypermatrix" (hipermatriz)
// s : "string" (texto)

// [ 0. ACTIVACIÓN. ]

// BORRA todas las variables existentes.
// LIMPIA la consola.
// LIMPIA el cuadro de figura.
// GUARDA en texto el directorio de trabajo.
// BORRA el registro de CM anterior (si existe).
//
// MUESTRA versión de Scilab y nombre del programa.
// MUESTRA los comandos.
// MUESTRA el directorio de trabajo.
//
// BORRA variables auxiliares.

clear()
clc()
clf()
s_pwdDirectory = pwd()
mdelete( "CM.csv" )

disp( "< " + getversion() + " : DC-synth" + " >" )
disp( "clc()" )
disp( "clf()" )
disp( "Directorio de trabajo : " + s_pwdDirectory )
disp( "" )
```

```

clear( "s_pwDirectory" )

// [ 1. LISTAS para "RM total". ]

// GUARDA en lista el nombre de todos los registros CSV en el
// directorio de trabajo.
//
// INICIALIZA listas para estado, velocidad y cabeceo de las RM.
//
// PARA todos los "registros" desde el primero:
//
//     GUARDA en matriz los decimales del registro CSV.
//
//     PARA todos los "estados de RM" desde el segundo (sin el
//     encabezado):
//
//         AGREGA en lista los decimales "estado" en la matriz
//         (medibles con segundos).
//         AGREGA en lista los decimales "velocidad" en la matriz
//         (medibles con metros en segundo).
//         AGREGA en lista los decimales "cabeceo" en la matriz
//         (medibles con grados).
//
//     BORRA la matriz CSV.
//
// GUARDA en entero la cantidad total de "estados de RM".
// INICIALIZA lista para "tiempo" de la RM total.
//
// PARA todos los "estados" desde el segundo:
//
//     AGREGA en lista el entero del "estado" actual.
//
// ACTIVA el espacio izquierdo del cuadro de figura.
// MUESTRA las curvas "velocidad" (roja) y "cabeceo" (verde)
// de la RM total.
//
// BORRA variables auxiliares.

l_csvFileName = listfiles( "*.csv" )

l_DRstate( 1 ) = 1
l_DRspeed( 1 ) = 0.0
l_DRpitch( 1 ) = 0.0

for i_file = 1 : size( l_csvFileName , "r" ) //
    m_DRcsv = csvRead( l_csvFileName( i_file ) ) //
    for i_DRstate = 2 : size( m_DRcsv , "r" ) // //
        l_DRstate( $ + 1 ) ... // //
        = m_DRcsv( i_DRstate , 1 ) // //
        l_DRspeed( $ + 1 ) ... // //
        = m_DRcsv( i_DRstate , 2 ) / 3.6 // //
        l_DRpitch( $ + 1 ) ... // //
        = m_DRcsv( i_DRstate , 3 ) // //
    end // //

```

```

clear( "m_DRcsv" ) //
end //
//
i_DRperiod = size( l_DRstate , "r" )
l_DRtime( 1 ) = 0

for i_DRstate = 2 : i_DRperiod //
    l_DRtime( $ + 1 ) = i_DRstate //
end //

subplot( 1 , 2 , 1 )
plot( l_DRtime , l_DRspeed , "r" )
plot( l_DRtime , l_DRpitch , "g" )

clear( "i_file" )
clear( "l_DRstate" )
clear( "l_DRtime" )

// [ 2. MATRIZ para "microviajes" y para "cabecero". ]

// GUARDA en decimal un "nivel de velocidad nula" definido.
// INICIALIZA un entero para "microviaje (MV)".
// INICIALIZA un entero para "estado de MV".
//
// INICIALIZA la matriz para "microviajes" con sólo 1 elemento
// nulo.
//
// PARA todos los "estados" de RM desde el segundo:
//
// SI en el estado anterior la velocidad es nula, y en el
// estado actual es no nula, entonces:
//
//     INCREMENTA "MV".
//     REINICIA "estado de MV".
//     ESCRIBE la velocidad actual en el MV agregado.
//
// SI en el estado anterior la velocidad es no nula, y en el
// estado actual es nula, entonces:
//
//     ESCRIBE la velocidad actual en el MV actual.
//     INCREMENTA "MV".
//     REINICIA "estado de MV".
//
// SI en ambos estados la velocidad es nula, o en ambos es
// no nula, entonces:
//
//     INCREMENTA "estado de MV".
//     ESCRIBE la velocidad actual en el MV actual.
//
// MUESTRA la cantidad de etapas en matriz.
//
// BORRA variables auxiliares.

d_nullSL = 1.5
i_Mmicrotrip = 1

```

```

i_Mstate = 1

m_M( 1 , i_Mmicrotrip ) = l_DRspeed( 1 )

for i_DRstate = 2 : i_DRperiod // //
// //
    if ( l_DRspeed( i_DRstate - 1 ) < d_nullSL ... // //
        & d_nullSL < l_DRspeed( i_DRstate ) ) then // //
// //
        i_Mmicrotrip = i_Mmicrotrip + 1 // //
        i_Mstate = 1 // //
        m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) ... // //
        = l_DRspeed( i_DRstate ) // //
        m_P( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) ... // //
        = l_DRpitch( i_DRstate ) // //
// //
    end // //
// //
    if ( d_nullSL < l_DRspeed( i_DRstate - 1 ) ... // //
        & l_DRspeed( i_DRstate ) < d_nullSL ) then // //
// //
        m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) ... // //
        = l_DRspeed( i_DRstate ) // //
        m_P( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) ... // //
        = l_DRpitch( i_DRstate ) // //
        i_Mmicrotrip = i_Mmicrotrip + 1 // //
        i_Mstate = 1 // //
// //
    end // //
// //
    if ( ( l_DRspeed( i_DRstate - 1 ) < d_nullSL ... // //
        & l_DRspeed( i_DRstate ) < d_nullSL ) ... // //
        | ( d_nullSL < l_DRspeed( i_DRstate - 1 ) ... // //
        & d_nullSL < l_DRspeed( i_DRstate ) ) ) then // //
// //
        i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
        m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) ... // //
        = l_DRspeed( i_DRstate ) // //
        m_P( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) ... // //
        = l_DRpitch( i_DRstate ) // //
// //
    end // //
// //
end // //
// //

disp( "Etapas : " + string( size( m_M , "c" ) ) )

clear( "i_DRstate" )
clear( "l_DRspeed" )
clear( "l_DRpitch" )

// [ 3. MATRIZ para "indicadores de MV". ]

// INICIALIZA un entero para "microviajes de RM".
// INICIALIZA un entero para "microviajes extraurbanos (EU)".
// INICIALIZA un entero para "microviajes urbanos (U)".
// INICIALIZA un entero para "microviajes intraurbanos (IU)".
//
// PARA todos los microviajes desde el primero:

```

```

//
// INICIALIZA "estado de MV".
// AGREGA en lista la primer "velocidad de MV".
// INCREMENTA "estado de MV".
//
// MIENTRAS el valor de "velocidad de MV" sea no nulo y
// "estado de MV" existe en la matriz:
//
//     AGREGA en lista "velocidad de MV".
//     INCREMENTA el "índice de estado".
//
// AGREGA en lista la última "velocidad de MV".
//
// GUARDA en entero el "periodo de MV" (medible con
// segundos).
// GUARDA en decimal la "distancia de MV" (medible con
// metros).
// GUARDA en decimal la "velocidad media de MV" (medible con
// metros en segundo).
//
// INICIALIZA el entero para "régimen de MV".
//
// SI "velocidad media de MV" es mayor que 10.32:
//
//     ASIGNA el "régimen de MV" 1 (EU).
//     INCREMENTA "microviajes EU".
//
// SI "velocidad media de MV" es menor que 10.32 y
// mayor que 5.66:
//
//     ASIGNA el "régimen de MV" 2 (U).
//     INCREMENTA "microviajes U".
//
// SI "velocidad media de MV" es menor que 5.66 y
// mayor que 1.01:
//
//     ASIGNA el "régimen de MV" 3 (IU).
//     INCREMENTA "microviajes IU".
//
// GUARDA en lista la "aceleración de MV" (medible con
// metros en segundo cuadrado).
// AGREGA en lista la última "aceleración de MV".
//
// INICIALIZA un entero para "estado de ganancia de velocidad
// en MV (GV-MV)".
// INICIALIZA un entero para "periodo de aceleración
// positiva en MV (PAP-MV)".
// INICIALIZA un decimal para "ganancia de velocidad en MV
// (GV-MV)".
//
// PARA el primer "estado de MV"
//
//     SI "aceleración de MV" es positiva:
//
//         INCREMENTA "PAP-MV".
//
// PARA todo "estado de MV" desde el segundo:
//
//     SI "aceleración de MV" actual es positiva:
//
//         INCREMENTA "PAP-MV".

```

```

//
//      SI "aceleración de MV" anterior es negativa
//      y "aceleración de MV" actual es positiva:
//
//          BORRA la lista para "velocidad con aceleración
//          positiva (VAP)".
//          REINICIA "estado GV-MV".
//          GUARDA "velocidad" actual en "VAP".
//
//      SI "aceleración de MV" anterior y actual son negativas
//      o "aceleración de MV" anterior y actual son positivas:
//
//          INCREMENTA "estado GV_MV".
//          GUARDA "velocidad" actual en "VAP".
//
//      SI "aceleración de MV" anterior es positiva
//      y "aceleración de MV" actual es negativa:
//
//          ACUMULA en decimal "GV-MV".
//          REINICIA "estado GV-MV"
//          BORRA "VAP".
//          INICIALIZA una lista para "VAP".
//
//      SI "GV-MV" es positiva:
//
//          INCREMENTA "microviajes de RM"
//
//      SI "GV-MV" y "periodo de MV" son positivos:
//
//          GUARDA en decimal la "constante de MV".
//
//      SI NO:
//
//          ASIGNA valor nulo a la "constante de MV".
//
//      GUARDA en "matriz para indicadores de MV" el
//      "periodo de MV".
//      GUARDA en "matriz para indicadores de MV" la
//      "velocidad media de MV".
//      GUARDA en "matriz para indicadores de MV" el
//      "régimen de MV".
//      GUARDA en "matriz para indicadores de MV" el
//      "PAP-MV".
//      GUARDA en "matriz para indicadores de MV" la
//      "GV-MV".
//      GUARDA en "matriz para indicadores de MV" la
//      "constante de MV".
//
//      BORRA variables auxiliares.
//
//      GUARDA en entero la cantidad de "microviajes estáticos".
//
//      INICIALIZA un entero para "periodo EU de MV".
//      INICIALIZA un entero para "periodo U de MV".
//      INICIALIZA un entero para "periodo IU de MV".
//
//      PARA todos los microviajes desde el primero:
//
//          SELECCIONA según el "régimen de MV":
//
//      En el CASO 1:

```

```

//
//      ACUMULA el "periodo EU de MV".
//
//      En el CASO 2:
//
//      ACUMULA el "periodo U de MV".
//
//      En el CASO 3:
//
//      ACUMULA el "periodo IU de MV".
//
//      GUARDA en entero el "periodo estático de MV".
//
//      GUARDA en decimal la "fracción EU de RM".
//      GUARDA en decimal la "fracción U de RM".
//      GUARDA en decimal la "fracción IU de RM".
//      GUARDA en decimal la "fracción nula de RM".
//
//      MUESTRA las cantidades de microviajes.
//      MUESTRA los periodos y fracciones de RM.
//
//      BORRA variables auxiliares.

i_DRmicrotrips = 0
i_Mextraurban = 0
i_Murban = 0
i_Mintraurban = 0

for i_Mmicrotrip = 1 : size( m_M , "c" ) //
//
//
//      i_Mstate = 1 //
//      l_Mspeed( 1 ) = m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) //
//      i_Mstate = i_Mstate + 1 //
//
//
//      while ( d_nullSL < m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) ... //
//              & i_Mstate < size( m_M , "r" ) ) //
//              //
//              //
//              l_Mspeed( i_Mstate ) = m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) //
//              i_Mstate = i_Mstate + 1 //
//              //
//              //
//      end //
//
//      l_Mspeed( i_Mstate ) = m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) //
//
//      i_Mperiod = size( l_Mspeed , "r" ) //
//      d_Mdistance = intrap( l_Mspeed ) //
//      d_MmeanSpeed = d_Mdistance / i_Mperiod //
//
//      i_Mregime = 0 //
//
//      if ( 10.32 < d_MmeanSpeed ) then //
//              //
//              //
//              i_Mregime = 1 //
//              i_Mextraurban = i_Mextraurban + 1 //
//              //
//              //
//      end //
//
//      if ( 5.66 < d_MmeanSpeed & d_MmeanSpeed < 10.32 ) then //
//              //
//              //
//              i_Mregime = 2 //
//              i_Murban = i_Murban + 1 //

```

```

end // //
if ( 1.01 < d_MmeanSpeed & d_MmeanSpeed < 5.66 ) then // //
    i_Mregime = 3 // //
    i_Mintraurban = i_Mintraurban + 1 // //
end // //
l_Macceleration = diff( l_Mspeed ) // //
l_Macceleration( $ + 1 ) = 0.0 // //
i_MSGstate = 1 // //
i_MPAPERiod = 0 // //
d_MspeedGain = 0.0 // //
for i_Mstate = 1 // //
    if ( 0.0 < l_Macceleration( i_Mstate ) ) then // // //
        i_MPAPERiod = i_MPAPERiod + 1 // // //
    end // // //
end // // //
for i_Mstate = 2 : size( l_Mspeed , "r" ) // // //
    if ( 0.0 < l_Macceleration( i_Mstate ) ) then // // //
        i_MPAPERiod = i_MPAPERiod + 1 // // //
    end // // //
    if ( l_Macceleration( i_Mstate - 1 ) < 0.0 ... // // //
        & 0.0 < l_Macceleration( i_Mstate ) ) then // // //
        clear( "l_PAS" ) // // //
        i_MSGstate = 1 // // //
        l_PAS( i_MSGstate ) = l_Mspeed( i_Mstate ) // // //
    end // // //
    if ( ( l_Macceleration( i_Mstate - 1 ) < 0.0 ... // // //
        & l_Macceleration( i_Mstate ) < 0.0 ) ... // // //
        | ( 0.0 < l_Macceleration( i_Mstate - 1 ) ... // // //
        & 0.0 < l_Macceleration( i_Mstate ) ) ) then // // //
        i_MSGstate = i_MSGstate + 1 // // //
        l_PAS( i_MSGstate ) = l_Mspeed( i_Mstate ) // // //
    end // // //
    if ( 0.0 < l_Macceleration( i_Mstate - 1 ) ... // // //
        & l_Macceleration( i_Mstate ) < 0.0 ) then // // //
        d_MspeedGain ... // // //
        = d_MspeedGain + max( l_PAS ) - min( l_PAS ) // // //
        i_MSGstate = 1 // // //
        clear( "l_PAS" ) // // //

```

```

        l_PAS( i_MSGstate ) = 0.0 // // //
    end // // //
end // // //
if ( 0.0 < d_MspeedGain ) then // // //
    i_DRmicrotrips = i_DRmicrotrips + 1 // // //
end // // //
if ( 0.0 < d_MmeanSpeed & 0.0 < i_Mperiod ) then // // //
    d_Mconstant ... // // //
    = ( d_MspeedGain / d_MmeanSpeed ) ... // // //
    * ( i_MPAperiod / i_Mperiod ) // // //
else // // //
    d_Mconstant = 0.0 // // //
end // // //
m_MI( 1 , i_Mmicrotrip ) = i_Mperiod // // //
m_MI( 2 , i_Mmicrotrip ) = d_MmeanSpeed // // //
m_MI( 3 , i_Mmicrotrip ) = i_Mregime // // //
m_MI( 4 , i_Mmicrotrip ) = i_MPAperiod // // //
m_MI( 5 , i_Mmicrotrip ) = d_MspeedGain // // //
m_MI( 6 , i_Mmicrotrip ) = d_Mconstant // // //
clear( "l_Mspeed" ) // // //
clear( "l_Macceleration" ) // // //
end // // //

i_Mnull = size( m_M , "c" ) ...
- i_Mextraurban - i_Murban - i_Mintraurban

i_MEUperiod = 0
i_MUperiod = 0
i_MIUperiod = 0

for i_Mmicrotrip = 1 : size( m_M , "c" ) // // //
    select m_MI( 3 , i_Mmicrotrip ) // // //
    case 1 // // //
        i_MEUperiod = i_MEUperiod + m_MI( 1 , i_Mmicrotrip ) // // //
    case 2 // // //
        i_MUperiod = i_MUperiod + m_MI( 1 , i_Mmicrotrip ) // // //
    case 3 // // //
        i_MIUperiod = i_MIUperiod + m_MI( 1 , i_Mmicrotrip ) // // //
    end // // //
end // // //
end // // //

```

```

i_MNperiod = i_DRperiod ...
- i_MEUperiod - i_MUperiod - i_MIUperiod

d_DREUfraction = i_MEUperiod / i_DRperiod
d_DRUfraction = i_MUperiod / i_DRperiod
d_DRIUfraction = i_MIUperiod / i_DRperiod
d_DRNfraction = i_MNperiod / i_DRperiod

disp( "Microviajes : " + string( i_DRmicrotrips ) )
disp( "Microviajes extraurbanos : " + string( i_Mextraurban ) )
disp( "Microviajes urbanos : " + string( i_Murban ) )
disp( "Microviajes intraurbanos : " + string( i_Mintraurban ) )
disp( "Microviajes estáticos : " + string( i_Mnull ) )

disp( "Periodo extraurbano (s) : " + string( i_MEUperiod ) ...
+ " : " + string( d_DREUfraction ) )
disp( "Periodo urbano (s) : " + string( i_MUperiod ) ...
+ " : " + string( d_DRUfraction ) )
disp( "Periodo intraurbano (s) : " + string( i_MIUperiod ) ...
+ " : " + string( d_DRIUfraction ) )
disp( "Periodo estático (s) : " + string( i_MNperiod ) ...
+ " : " + string( d_DRNfraction ) )

clear( "i_Mregime" )
clear( "i_MSGstate" )
clear( "i_Mperiod" )
clear( "i_MPaperiod" )
clear( "d_Mdistance" )
clear( "d_MmeanSpeed" )
clear( "d_MspeedGain" )
clear( "d_Mconstant" )
clear( "l_PAS" )

// [ 4. MATRICES para "catálogos de microviaje". ]

// INICIALIZA un entero para "microviaje EU".
// INICIALIZA un entero para "microviaje U".
// INICIALIZA un entero para "microviaje IU".
//
// PARA todos los microviajes desde el primero:
//
//     SELECCIONA según el "régimen de MV":
//
//     En el CASO 1:
//
//         GUARDA en matriz para "indicadores de MV-EU" la
//         "constante de MV".
//         INCREMENTA "microviaje EU".
//
//     En el CASO 2:
//
//         GUARDA en matriz para "indicadores de MV-U" la
//         "constante de MV".
//         INCREMENTA "microviaje U".
//
//     En el CASO 3:
//
//         GUARDA en matriz para "indicadores de MV-IU" la

```

```

//      "constante de MV".
//      INCREMENTA "microviaje IU".
//
//  GUARDA en decimal la "constante media de microviaje EU".
//  GUARDA en decimal la "constante media de microviaje U".
//  GUARDA en decimal la "constante media de microviaje IU".
//
//  REINICIA "microviaje EU".
//  REINICIA "microviaje U".
//  REINICIA "microviaje IU".
//
//  PARA todos los microviajes desde el primero:
//
//      SELECCIONA según el "régimen de MV":
//
//      En el CASO 1:
//
//          GUARDA en matriz para "indicadores de MV-EU" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//          INCREMENTA "microviaje EU".
//
//      En el CASO 2:
//
//          GUARDA en matriz para "indicadores de MV-U" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//          INCREMENTA "microviaje U".
//
//      En el CASO 3:
//
//          GUARDA en matriz para "indicadores de MV-IU" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//          INCREMENTA "microviaje IU".
//
//  REINICIA "microviaje EU".
//  REINICIA "microviaje U".
//  REINICIA "microviaje IU".
//
//  PARA todos los microviajes desde el primero:
//
//      SELECCIONA según el "régimen de MV":
//
//      En el CASO 1:
//
//          GUARDA en matriz para "microviajes EU" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//          GUARDA en matriz para "cabeceo EU" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//
//      En el CASO 2:
//
//          GUARDA en matriz para "microviajes U" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//          GUARDA en matriz para "cabeceo U" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//
//      En el CASO 3:
//
//          GUARDA en matriz para "microviajes IU" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".
//          GUARDA en matriz para "cabeceo IU" la
//          "diferencia entre promedio y constante de MV".

```

```

//
// PARA todos los "estados de MV" desde el primero:
//
// SELECCIONA según el "régimen de MV":
//
// En el CASO 1:
//
// GUARDA en "microviajes EU" la "velocidad" actual.
// GUARDA en "cabeceo EU" el "cabeceo" actual.
//
// En el CASO 2:
//
// GUARDA en "microviajes U" la "velocidad" actual.
// GUARDA en "cabeceo U" el "cabeceo" actual.
//
// En el CASO 3:
//
// GUARDA en "microviajes IU" la "velocidad" actual.
// GUARDA en "cabeceo EU" el "cabeceo" actual.
//
// SELECCIONA según el "régimen de MV":
//
// En el CASO 1:
//
// INCREMENTA "microviaje EU".
//
// En el CASO 2:
//
// INCREMENTA "microviaje U".
//
// En el CASO 3:
//
// INCREMENTA "microviaje IU".
//
// GUARDA en matriz para "catálogo de microviaje EU" los
// microviajes ordenados según crece la magnitud de su
// "diferencia entre promedio y constante de MV".
// GUARDA en matriz para "catálogo de microviaje U" los
// microviajes ordenados según crece la magnitud de su
// "diferencia entre promedio y constante de MV".
// GUARDA en matriz para "catálogo de microviaje IU" los
// microviajes ordenados según crece la magnitud de su
// "diferencia entre promedio y constante de MV".
//
// GUARDA en matriz para "catálogo de cabeceo EU" los
// cabeceos ordenados según crece la magnitud de su
// "diferencia entre promedio y constante de MV".
// GUARDA en matriz para "catálogo de cabeceo U" los
// cabeceos ordenados según crece la magnitud de su
// "diferencia entre promedio y constante de MV".
// GUARDA en matriz para "catálogo de cabeceo IU" los
// cabeceos ordenados según crece la magnitud de su
// "diferencia entre promedio y constante de MV".
//
// BORRA variables auxiliares.

i_EUmicrotrip = 1
i_Umicrotrip = 1
i_IUmicrotrip = 1

for i_Mmicrotrip = 1 : size( m_M , "c" ) //

```

```

select m_MI( 3 , i_Mmicrotrip ) // //
// //
case 1 // //
// //
m_MIextraurban( 1 , i_EUmicrotrip ) ... // //
= m_MI( 6 , i_Mmicrotrip ) // //
i_EUmicrotrip = i_EUmicrotrip + 1 // //
// //
case 2 // //
// //
m_MIurban( 1 , i_UMicrotrip ) ... // //
= m_MI( 6 , i_Mmicrotrip ) // //
i_UMicrotrip = i_UMicrotrip + 1 // //
// //
case 3 // //
// //
m_MIintraurban( 1 , i_IUmicrotrip ) ... // //
= m_MI( 6 , i_Mmicrotrip ) // //
i_IUmicrotrip = i_IUmicrotrip + 1 // //
// //
end // //
// //
end // //

d_MEUCmean = mean( m_MIextraurban )
d_MUCmean = mean( m_MIurban )
d_MIUCmean = mean( m_MIintraurban )

i_EUmicrotrip = 1
i_UMicrotrip = 1
i_IUmicrotrip = 1

for i_Mmicrotrip = 1 : size( m_M , "c" ) // //
// //
select m_MI( 3 , i_Mmicrotrip ) // //
// //
case 1 // //
// //
m_MIextraurban( 2 , i_EUmicrotrip ) ... // //
= abs( d_MEUCmean ... // //
- m_MIextraurban( 1 , i_EUmicrotrip ) ) // //
i_EUmicrotrip = i_EUmicrotrip + 1 // //
// //
case 2 // //
// //
m_MIurban( 2 , i_UMicrotrip ) ... // //
= abs( d_MUCmean ... // //
- m_MIurban( 1 , i_UMicrotrip ) ) // //
i_UMicrotrip = i_UMicrotrip + 1 // //
// //
case 3 // //
// //
m_MIintraurban( 2 , i_IUmicrotrip ) ... // //
= abs( d_MIUCmean ... // //
- m_MIintraurban( 1 , i_IUmicrotrip ) ) // //
i_IUmicrotrip = i_IUmicrotrip + 1 // //
// //
end // //
// //
end // //

```

```

i_EUmicrotrip = 1
i_Umicrotrip = 1
i_IUmicrotrip = 1

for i_Mmicrotrip = 1 : size( m_M , "c" ) //
//
  select m_MI( 3 , i_Mmicrotrip ) // //
// //
  case 1 // //
// //
    m_MEU( 1 , i_EUmicrotrip ) ... // //
    = abs( d_MEUCmean ... // //
      - m_MIextraurban( 1 , i_EUmicrotrip ) ) // //
    m_PEU( 1 , i_EUmicrotrip ) ... // //
    = abs( d_MEUCmean ... // //
      - m_MIextraurban( 1 , i_EUmicrotrip ) ) // //
// //
  case 2 // //
// //
    m_MU( 1 , i_Umicrotrip ) ... // //
    = abs( d_MUCmean ... // //
      - m_MIurban( 1 , i_Umicrotrip ) ) // //
    m_PU( 1 , i_Umicrotrip ) ... // //
    = abs( d_MUCmean ... // //
      - m_MIurban( 1 , i_Umicrotrip ) ) // //
// //
  case 3 // //
// //
    m_MIU( 1 , i_IUmicrotrip ) ... // //
    = abs( d_MIUCmean ... // //
      - m_MIintraurban( 1 , i_IUmicrotrip ) ) // //
    m_PIU( 1 , i_IUmicrotrip ) ... // //
    = abs( d_MIUCmean ... // //
      - m_MIintraurban( 1 , i_IUmicrotrip ) ) // //
// //
end // //
// //
for i_Mstate = 1 : size( m_M , "r" ) // //
// //
  select m_MI( 3 , i_Mmicrotrip ) // // //
// // //
  case 1 // // //
// // //
    m_MEU( i_Mstate + 2 , i_EUmicrotrip ) ... // // //
    = m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) // // //
    m_PEU( i_Mstate + 2 , i_EUmicrotrip ) ... // // //
    = m_P( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) // // //
// // //
  case 2 // // //
// // //
    m_MU( i_Mstate + 2 , i_Umicrotrip )... // // //
    = m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) // // //
    m_PU( i_Mstate + 2 , i_Umicrotrip )... // // //
    = m_P( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) // // //
// // //
  case 3 // // //
// // //
    m_MIU( i_Mstate + 2 , i_IUmicrotrip )... // // //
    = m_M( i_Mstate , i_Mmicrotrip ) // // //
    m_PIU( i_Mstate + 2 , i_IUmicrotrip )... // // //

```

```

                = m_P( i_Mstate , i_Mmicrotrip )           // // //
            end                                           // // //
        end                                             // // //
    end                                               // // //
select m_MI( 3 , i_Mmicrotrip )                       // // //
case 1                                               // // //
    i_EUmicrotrip = i_EUmicrotrip + 1                // // //
case 2                                               // // //
    i_Umicrotrip = i_Umicrotrip + 1                  // // //
case 3                                               // // //
    i_IUmicrotrip = i_IUmicrotrip + 1                // // //
end                                                  // // //
end                                                  // // //

m_CMEU = gsort( m_MEU , "lc" , "i" )
m_CMU  = gsort( m_MU  , "lc" , "i" )
m_CMIU = gsort( m_MIU , "lc" , "i" )

m_CPEU = gsort( m_PEU , "lc" , "i" )
m_CCPU = gsort( m_PU  , "lc" , "i" )
m_CPIU = gsort( m_PIU , "lc" , "i" )

clear( "i_Umicrotrip" )
clear( "i_IUmicrotrip" )
clear( "m_M" )
clear( "m_MEU" )
clear( "m_MU" )
clear( "m_MIU" )

// [ 5. MATRIZ para "CM". ]

// INICIALIZA un entero para "microviajes EU" requeridos en el CM.
// INICIALIZA un entero para "estados de MV".
// REINICIA "microviaje EU".
//
// MIENTRAS "microviaje EU" existe en "catálogo con MV-EU"
// y es menor que los "microviajes EU" requeridos:
//
//     INCREMENTA "microviaje EU".
//     INCREMENTA "estados de MV".
//     ASIGNA el tercer "estado de MV".
//
//     MIENTRAS "estado de MV" existe en "catálogo con MV-EU"
//     y su "velocidad" es no nula:
//
//         INCREMENTA "estados de MV".
//         INCREMENTA "estado de MV".
//
// INCREMENTA "estados de MV".
//

```

```

// GUARDA en entero el "periodo EU del CM".
// GUARDA en entero el "periodo total del CM".
// GUARDA en entero el "periodo U del CM".
// GUARDA en entero el "periodo IU del CM".
// GUARDA en entero el "periodo estático del CM".
//
// ACTUALIZA el "periodo total del CM".
//
// REINICIA "estados de MV".
// INICIALIZA en entero los "microviajes U".
//
// MIENTRAS "microviajes U" existen en "catálogo con MV-U"
// y "estados de MV" existen en el "periodo U del CM":
//
//     INCREMENTA "microviajes U".
//     INCREMENTA "estados de MV".
//     ASIGNA el tercer "estado de MV".
//
//     MIENTRAS "estado de MV" existe en "catálogo con MV-U"
//     y su "velocidad" es no nula:
//
//         INCREMENTA "estados de MV".
//         INCREMENTA "estado de MV".
//
// ACUMULA en "periodo total del CM" los "estados de MV".
//
// REINICIA "estados de MV".
// INICIALIZA en entero los "microviajes IU".
//
// MIENTRAS "microviajes IU" existen en "catálogo con MV-IU"
// y "estados de MV" existen en el "periodo IU del CM":
//
//     INCREMENTA "microviajes IU".
//     INCREMENTA "estados de MV".
//     ASIGNA el tercer "estado de MV".
//
//     MIENTRAS "estado de MV" existe en "catálogo con MV-IU"
//     y su "velocidad" es no nula:
//
//         INCREMENTA "estados de MV".
//         INCREMENTA "estado de MV".
//
// ACUMULA en "periodo total del CM" los "estados de MV".
//
// GUARDA en entero los "microviajes del CM".
//
// GUARDA en entero el "periodo medio estático del CM".
//
// ACUMULA en "periodo total del CM" el "periodo estático total".
//
// PARA todo "estado de CM" desde el primero:
//
//     GUARDA en matriz para "CM" el "estado de CM".
//
// REINICIA el "estado de CM".
// INICIALIZA en entero el "microviaje de CM".
//
// MIENTRAS "microviaje de CM" existe en "microviajes EU":
//
//     INCREMENTA "microviaje de CM".
//     ASIGNA el segundo "estado de MV".

```

```

//
// MIENTRAS la "velocidad en catálogo con MV-EU" es no nula:
//
//     GUARDA en "CM" la "velocidad en catálogo con MV-EU".
//     GUARDA en "CM" el "cabeceo en catálogo con C-EU".
//
//     INCREMENTA "estado de CM".
//     INCREMENTA "estado de MV".
//
// REINICIA "estado de MV".
//
// MIENTRAS "estado de MV" existe en "periodo medio estático
// de CM":
//
//     GUARDA en "CM" velocidad estática.
//     GUARDA en "CM" cabeceo estático.
//
//     INCREMENTA "estado de CM".
//     INCREMENTA "estado de MV".
//
// REINICIA "microviaje de CM".
//
// MIENTRAS "microviaje de CM" existe en "microviajes U":
//
//     INCREMENTA "microviaje de CM".
//     ASIGNA el segundo "estado de MV".
//
// MIENTRAS la "velocidad en catálogo con MV-U" es no nula:
//
//     GUARDA en "CM" la "velocidad en catálogo con MV-U".
//     GUARDA en "CM" el "cabeceo en catálogo con C-U".
//
//     INCREMENTA "estado de CM".
//     INCREMENTA "estado de MV".
//
// REINICIA "estado de MV".
//
// MIENTRAS "estado de MV" existe en "periodo medio estático
// de CM":
//
//     GUARDA en "CM" velocidad estática.
//     GUARDA en "CM" cabeceo estático.
//
//     INCREMENTA "estado de CM".
//     INCREMENTA "estado de MV".
//
// REINICIA "microviaje de CM".
//
// MIENTRAS "microviaje de CM" existe en "microviajes IU":
//
//     INCREMENTA "microviaje de CM".
//     ASIGNA el segundo "estado de MV".
//
// MIENTRAS la "velocidad en catálogo con MV-IU" es no nula:
//
//     GUARDA en "CM" la "velocidad en catálogo con MV-IU".
//     GUARDA en "CM" el "cabeceo en catálogo con C-IU".
//
//     INCREMENTA "estado de CM".
//     INCREMENTA "estado de MV".
//
//

```

```

//      REINICIA "estado de MV".
//
//      MIENTRAS "estado de MV" existe en "periodo medio estático
//      de CM":
//
//          GUARDA en "CM" velocidad estática.
//          GUARDA en "CM" cabeceo estático.
//
//          INCREMENTA "estado de CM".
//          INCREMENTA "estado de MV".
//
//      ESCRIBE "CM" en registro "CM.csv".
//
//      GUARDA en lista la columna "tiempo" de "CM".
//      GUARDA en lista la columna "velocidad" de "CM".
//      GUARDA en lista la columna "cabeceo" de "CM".
//
//      ACTIVA el espacio derecho del cuadro de figura.
//      MUESTRA las curvas "velocidad" (roja) y "cabeceo" (verde)
//      del CM total.
//
//      BORRA variables auxiliares.

i_EUmicrotrips = 1
i_Mstates = 0
i_EUmicrotrip = 0

while ( i_EUmicrotrip < size( m_CMEU , "c" ) ...           //
        & i_EUmicrotrip < i_EUmicrotrips )                //
    //
    i_EUmicrotrip = i_EUmicrotrip + 1                      //
    i_Mstates = i_Mstates + 1                              //
    i_Mstate = 3                                           //
    //
    while ( i_Mstate < size( m_CMEU , "r" ) + 1 ...       // //
            & d_nullSL < m_CMEU( i_Mstate , i_EUmicrotrip ) ) // //
        // //
        i_Mstates = i_Mstates + 1                         // //
        i_Mstate = i_Mstate + 1                           // //
        // //
    end                                                    // //
end                                                        // //

i_Mstates = i_Mstates + 1

i_DCEUperiod = i_Mstates
i_DCperiod = floor( i_DCEUperiod / d_DREUfraction )
i_DCuperiod = floor( d_DRUfraction * i_DCperiod )
i_DCIUperiod = floor( d_DRIUfraction * i_DCperiod )
i_DCNperiod = floor( d_DRNfraction * i_DCperiod )

i_DCperiod = i_DCEUperiod

i_Mstates = 0
i_Umicrotrips = 0

while ( i_Umicrotrips < size( m_CMU , "c" ) ...           //
        & i_Mstates < i_DCuperiod + 1 )                  //
    //

```

```

i_Umicrotrips = i_Umicrotrips + 1 //
i_Mstates = i_Mstates + 1 //
i_Mstate = 3 //
//
while ( i_Mstate < size( m_CMU , "r" ) + 1 ... // //
      & d_nullSL < m_CMU( i_Mstate , i_Umicrotrips ) ) // //
// //
    i_Mstates = i_Mstates + 1 // //
    i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
// //
end // //
// //
end // //

i_DCperiod = i_DCperiod + i_Mstates

i_Mstates = 0
i_IUmicrotrips = 0

while ( i_IUmicrotrips < size( m_CMIU , "c" ) ... //
      & i_Mstates < i_DCIUperiod + 1 ) //
//
    i_IUmicrotrips = i_IUmicrotrips + 1 //
    i_Mstates = i_Mstates + 1 //
    i_Mstate = 3 //
//
    while ( i_Mstate < size( m_CMIU , "r" ) + 1 ... // //
          & d_nullSL < m_CMIU( i_Mstate , i_IUmicrotrips ) ) // //
// //
        i_Mstates = i_Mstates + 1 // //
        i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
// //
    end // //
// //
end // //

i_DCperiod = i_DCperiod + i_Mstates

i_DCmicrotrips ...
= i_EUmicrotrips + i_Umicrotrips + i_IUmicrotrips

i_DCNmeanPeriod = floor( i_DCNperiod / i_DCmicrotrips )

i_DCperiod = i_DCperiod + i_DCNmeanPeriod * i_DCmicrotrips

for i_DCstate = 1 : i_DCperiod //
//
    m_DC( i_DCstate , 1 ) = i_DCstate - 1 //
//
end //

i_DCstate = 1
i_DCmicrotrip = 0

while ( i_DCmicrotrip < i_EUmicrotrips ) //
//
    i_DCmicrotrip = i_DCmicrotrip + 1 //
    i_Mstate = 2 //
//
    while ( d_nullSL < m_CMEU( i_Mstate + 1 , i_DCmicrotrip ) ) // //
// //

```

```

        m_DC( i_DCstate , 2 ) ... // //
        = m_CMEU( i_Mstate , i_DCmicrotrip ) // //
        m_DC( i_DCstate , 3 ) ... // //
        = m_CPEU( i_Mstate , i_DCmicrotrip ) // //
        // //
        i_DCstate = i_DCstate + 1 // //
        i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
        // //
    end // //
    // //
    i_Mstate = 0 // //
    // //
    while ( i_Mstate < i_DCNmeanPeriod ) // //
        // //
        m_DC( i_DCstate , 2 ) = 0.0 // //
        m_DC( i_DCstate , 3 ) = 0.0 // //
        // //
        i_DCstate = i_DCstate + 1 // //
        i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
        // //
    end // //
end // //
// //
i_DCmicrotrip = 0 // //
// //
while ( i_DCmicrotrip < i_Umicrotrips ) // //
    // //
    i_DCmicrotrip = i_DCmicrotrip + 1 // //
    // //
    i_Mstate = 2 // //
    // //
    while ( d_nullSL < m_CMU( i_Mstate + 1 , i_DCmicrotrip ) ) // //
        // //
        m_DC( i_DCstate , 2 ) ... // //
        = m_CMU( i_Mstate , i_DCmicrotrip ) // //
        m_DC( i_DCstate , 3 ) ... // //
        = m_CPU( i_Mstate , i_DCmicrotrip ) // //
        // //
        i_DCstate = i_DCstate + 1 // //
        i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
        // //
    end // //
    // //
    i_Mstate = 0 // //
    // //
    while ( i_Mstate < i_DCNmeanPeriod ) // //
        // //
        m_DC( i_DCstate , 2 ) = 0.0 // //
        m_DC( i_DCstate , 3 ) = 0.0 // //
        // //
        i_DCstate = i_DCstate + 1 // //
        i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
        // //
    end // //
end // //
// //
i_DCmicrotrip = 0 // //
// //
while ( i_DCmicrotrip < i_IUmicrotrips ) // //

```

```

i_DCmicrotrip = i_DCmicrotrip + 1 //
i_Mstate = 2 //
while ( d_nullSL < m_CMIU( i_Mstate + 1 , i_DCmicrotrip ) ) // //
    m_DC( i_DCstate , 2 ) ... // //
    = m_CMIU( i_Mstate , i_DCmicrotrip ) // //
    m_DC( i_DCstate , 3 ) ... // //
    = m_CPIU( i_Mstate , i_DCmicrotrip ) // //
    i_DCstate = i_DCstate + 1 // //
    i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
end // //
i_Mstate = 0 //
while ( i_Mstate < i_DCNmeanPeriod ) // //
    m_DC( i_DCstate , 2 ) = 0.0 // //
    m_DC( i_DCstate , 3 ) = 0.0 // //
    i_DCstate = i_DCstate + 1 // //
    i_Mstate = i_Mstate + 1 // //
end // //
end // //

csvWrite( m_DC , "CM.csv" )

l_DRtime = m_DC( : , 1 )
l_DRspeed = m_DC( : , 2 )
l_DRpitch = m_DC( : , 3 )

subplot( 1 , 2 , 2 )
plot( l_DRtime , l_DRspeed , "r" )
plot( l_DRtime , l_DRpitch , "g" )

clear( "i_EUmicrotrip" )
clear( "i_Mstates" )
clear( "i_Mstate" )
clear( "i_DCmicrotrip" )
clear( "i_DCstate" )
clear( "l_DRtime" )
clear( "l_DRspeed" )

```

