



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de
Ingeniero en Automotriz.**

Autores:

Mateo Villacis
Camilo Ledesma

Director:

Ing. Julio Leguisamo

**Análisis del rendimiento térmico y consumo específico de combustible del
vehículo Chevrolet Aveo utilizando una ruta urbana**

Certificación

Nosotros MATEO XAVIER VILLACIS PROAÑO Y CAMILO MARTIN LEDESMA SANTANDER declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado profesional y que se ha consultado según la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que se publique y divulga en internet, según lo establecido en la ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma del Graduado

Mateo Xavier Villacis Proaño



Firma del Graduado

Camilo Martin Ledesma Santander

Yo, Ing. JULIO CESAR LEGUISIMO MILLE, Msc. certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firmado electrónicamente por:
**JULIO CESAR
LEGUISAMO
MILLA**

Firma del director de trabajo de grado

Ing. Julio Cesar Leguisamo Mille

Aprobación del tutor

Yo, JULIO CESAR LEGUISIMO MILLE certifico que conozco la autoría del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



JULIO CESAR LEGUISIMO MILLE

Director de tesis

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a mi familia por ser quienes me han acompañado durante toda mi vida enseñándome valores y principios que me han permitido formarme como una persona y profesional integro. A mis abuelos y a mi papá y mi hermana Samia por haber sido parte de este camino durante 4 años siendo un apoyo emocional, personal y sobre todo incondicional. A mi mamá, a Ruben y mi hermana Lucciana por ser la base de mi formación y mi vida, por ser el centro de mis pensamientos y sentimientos desde que tengo memoria. A mi abuela Zu por ser mas que mi abuela mi segunda mamá y mi gran amiga. A mi tía Magus por ser mi consejera, regañadora y sobre todo mi mejor amiga que ha estado siempre y se que siempre estará a mi lado. En general, este triunfo va dedicado al amor, dedicación, amistad e incondicionalidad que esta presente siempre de parte de toda familia, esto me ha permitido ser y formarme como la persona y hombre que soy y quiero ser.

Mateo X Villacis Proaño

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a mi familia, por permitirme el haber llegado a formarme como un profesional en el mundo automotriz. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, por siempre estar dispuesta a entregar todo por sus hijos. A mi padre y uno de mis mejores amigos te agradezco por siempre estar a mi lado e incentivarme a buscar la mejora continua tanto profesionalmente como personal, a enseñarme que la vida no es fácil pero que en nuestra familia estamos listos para superar cualquier obstáculo que nos propongamos, A mi abuelita Magy, a quien me cuidó en el colegio y comparte conmigo momentos significativos, por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Camilo Martin Ledesma Santander

Agradecimiento

Agradezco a cada una de las personas que han sido parte de mi proceso de crecimiento profesional y educativo durante estos 4 años de carrera universitaria, sin lugar a duda, cada una de ellas ha sido parte fundamental de este logro.

A mis compañeros, jefes y amigos de trabajos por enseñarme a afrontar cada situación con madurez y en busca de una solución a cada eventualidad que te presenta la realidad laboral, a aprender a luchar y saber que el camino es largo pero es más fácil cuando estás con seres humanos de calidad.

A mis compañeros de la universidad por ser ese apoyo y equipo que se necesita para aprender y colaborar en cada adversidad y sobre todo actuar como una familia a la que todos la llevamos adelante con el fin de lograr nuestros objetivos.

A mi familia por ser quienes han compartido mi vida y mis sueños, que han sido parte de mis adversidades y mis logros y sobre todo por ser incondicionalmente quienes quiero que siempre estén para acompañarme en cada uno de estos momentos de mi vida.

Mateo Xavier Villacis Proaño

Agradecimiento

Este agradecimiento es para las principales personas las cuales no se han rendido de estar a mi lado, que siempre están presentes en mis pensamientos y mi corazón.

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles, me enseñaste que los límites y la constancia son necesarios para poder crecer como persona.

A mis hermanos Carlos Y Juan Sebastian que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mi padre que siempre compartimos los mismos gustos, gracias a ti soy la persona que soy el día de hoy, nunca me has dejado a un lado y este logro es especialmente para ti.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional.

Camilo Martin Ledesma Santander

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
Resumen	x
Introducción	1
Marco teórico.....	2
Materiales y métodos.....	4
Resultados y Discusión.....	8
Conclusiones.....	11
Referencias bibliográficas	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Operación del sistema OBD.....	2
Figura 2. Curvas características del MCI	3
Figura 3. Ruta de recorrido urbana.....	5
Figura 4. Lector de datos Interfase ELM 327.....	6
Figura 5. Interfaz de visualización de datos	6
Figura 6. Proceso de tratamiento de la información recolectada.....	7
Figura 7. Zonas de operación del motor Aveo 1.6	8
Figura 8. Eficiencia térmica del motor Aveo 1.6	9
Figura 9. Consumo específico de combustible del motor Aveo 1.6.....	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Especificaciones técnicas del motor del vehículo</i>	5
Tabla 2. <i>Valores promedios del rendimiento térmico para rangos de torque y régimen de giro</i>	8
Tabla 3. <i>Valores promedios del consumo específico de combustible para rangos de torque y régimen de giro.</i>	10

Análisis del rendimiento térmico y consumo específico de combustible del vehículo Chevrolet Aveo utilizando una ruta urbana

Mateo Villacis¹

¹*Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, email (mavillacis.uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

Resumen:

Este trabajo tiene por objetivo obtener el mapa de eficiencia térmica del motor de combustión analizado a través de un dispositivo de adquisición de datos durante la operación del vehículo en la ruta de pruebas especificado. Este trabajo es una investigación aplicada, enfocado en el análisis de los parámetros de funcionamiento del motor de combustión interna. A la vez, el diseño de la investigación es no experimental, ya que solamente se analiza la información recolectada. Para el tratamiento de la información se utiliza un enfoque cuantitativo, acorde a la información obtenida y las ecuaciones de cálculo aplicados. El proceso de recolección de información con el OBD Interfaz LMS 352 generó 3225 datos a una frecuencia de 1Hz, acorde a los cálculos desarrollados y la depuración de resultados, se perdió un 15,3 % de la información inicial obtenida, dada la operación del vehículo y la ruta trazada. Finalmente, los resultados obtenidos para el vehículo Aveo Activo indican un rendimiento promedio del 31,2 % y un consumo de combustible específico promedio de 285 g/kWh, bajo la ruta trazada.

Palabras clave: RDE, OBD II, mapas del motor, eficiencia energética, consumo de combustible

Abstract:

The operation of the engine of vehicle requires the supply of air and fuel according to the conditions of the motor speed and power imposed by the route traveled. The main objective of this project was the generation of the maps of the 1.6 L Aveo Active engine, with the OBD Interface data acquisition system under a specific route. The methodology is of the descriptive type, using a quantitative method for the treatment of the information collected. The OBD Interface collects the data of the vehicle through the OBD connection in the existing control unit at a frequency of 1Hz, this information allows the pertinent variables to be calculated, together, the erroneous data is debugged.. The results show that the areas of higher specific fuel consumption (BSFC) are related to the areas of lower engine performance (BTE), at the same time, areas with higher BTE, correspond to the areas of lower BSFC, at the same time, fuel consumption levels and emissions rate are directly proportional to torque and power. The results obtained for the Aveo Active engine indicate an average performance of 31.1% and an average specific fuel consumption of 285 g/kWh under the conditions of the urban cycle mapped.

Keywords: RDE, OBD II, engine map; energy efficiency, fuel consumption.

Introducción

En la actualidad, el vehículo constituye el medio más apropiado para el traslado de pasajeros o mercadería, cada año en el mercado local y nacional, existe el incremento del parque automotor, este fenómeno influye en la circulación eficiente en las vías urbanas y periféricas de la ciudad de Quito. Acorde a la información obtenida por BID (2022), los flujos vehiculares en la ciudad de Quito, en las horas picos son similares a los registros anteriores a la pandemia. Bajo esta perspectiva, los vehículos circulan bajo condiciones que afectan el rendimiento y el consumo de combustible.

En general, para el estudio del funcionamiento de los motores de combustión interna de forma experimental, se requiere de dispositivos y equipos especializados afines a la búsqueda de los parámetros operacionales del motor, estos valores, permiten la visualización de las curvas características del motor, identificando las zonas de trabajo relevantes del motor bajo las diferentes condiciones de operación. En el caso de los fabricantes, la información disponible sobre los parámetros de operación de motor es limitada, por ello, es apropiada la búsqueda de información relevante en estos campos.

Los vehículos actuales disponen de sistemas de comunicación e información utilizando protocolos OBD y CAN. Estos protocolos permiten interconectar equipos de comprobación y de lectura de datos capaz de obtener información relevante del funcionamiento del motor en tiempo real, tales como, consumo de combustible, eficiencia, cantidad de emisiones contaminantes, entre otros. A la vez, esta información, es utilizada por la unidad de control del vehículo para controlar los parámetros de operación con la finalidad de cumplir las normativas de emisiones contaminantes gaseosas vigentes.

Para identificar el rendimiento y el consumo específico del combustible, se elaboran mapas del motor, con base los datos recopilados del motor en operación, logrando identificar las zonas de trabajo en base al régimen de giro y el par motor. Este trabajo tiene por objetivo desarrollar los mapas de rendimiento térmico y consumo específico de combustible del vehículo Chevrolet Aveo, a través de un dispositivo de adquisición de datos del funcionamiento del motor conectado por OBD II, bajo un recorrido urbano en la ciudad de Quito.

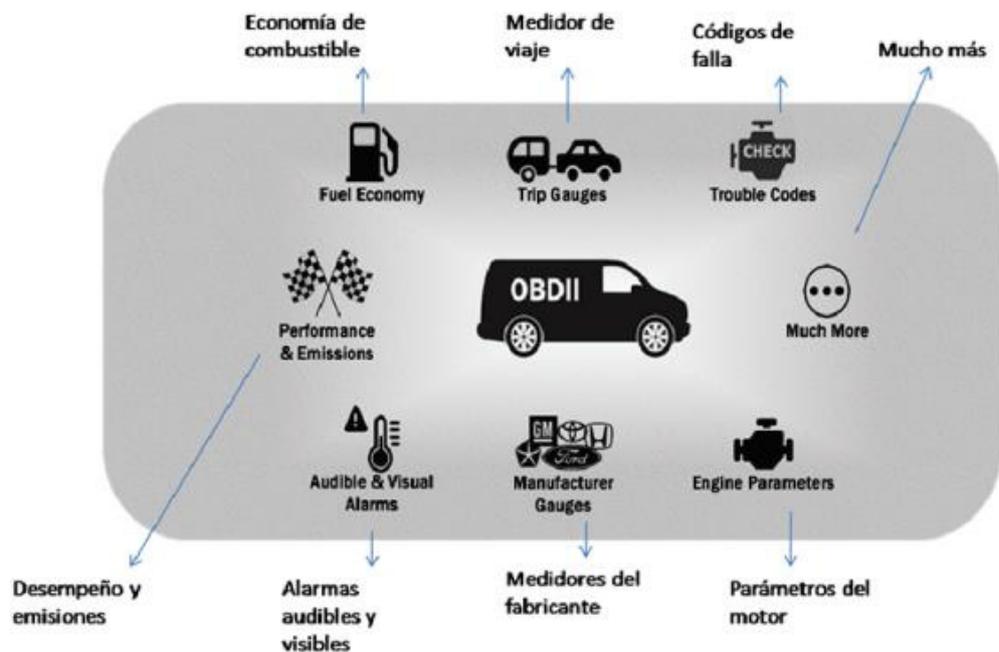
Marco teórico

Sistema OBD

En los motores a gasolina durante el proceso de combustión de la mezcla de combustible en este caso la gasolina con el aire es encendida mediante la chispa, teóricamente una combustión perfecta va a expulsar al medio ambiente agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂), de los cuales el CO₂ en pequeñas cantidades no es tóxico para el medio ambiente y las personas, pero liberado en grandes cantidades a la atmósfera puede generar el fenómeno climático llamado el efecto invernadero, por lo cual si se lo considera un compuesto agresivo para el medio ambiente, la mezcla estequiométrica es la que en donde se necesitan 14,7 gr. de aire para lograr combustionar completamente 1 gr. de combustible (León & Piña, 2018), pero debido a los diferentes estados que experimenta por su funcionamiento no se logra conseguir la mezcla ideal, dando como resultado una mezcla incompleta, lo cual provoca que se liberen gases contaminantes al medio ambiente como los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC), la cantidad de gases expulsados dependerá de que tan incompleta sea la combustión en el cilindro, los cuales si son tóxicos para las personas y el medio ambiente.

El OBD (On board Diagnostics), es un sistema de diagnóstico que tienen los vehículos estandarizados OBD y OBD-2 en (Estados Unidos), JOBD en (Japón) y EOBD en (Europa), los cuales permiten tener un control y monitoreo del motor con la señal que brindan sus otros componentes. La estandarización varía en vehículos pesados ya que se sujeta a la normativa SAE (J1939). En la figura 1, se identifica la operación del sistema OBD en un vehículo.

Figura 1. Operación del sistema OBD



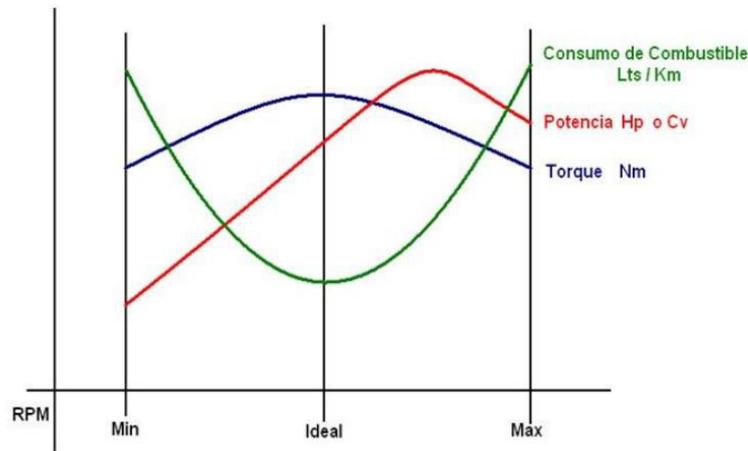
Fuente: Sánchez, 2009

La función del OBD es establecer un enlace de datos con la computadora (ECU) y también con los controladores que se ubican dentro del vehículo. La información que se recauda con el diagnóstico a bordo en vehículos modernos no se encuentra disponible por su complejidad. Sin embargo, la tecnología a través de la interfaz de una computadora y algún tipo de software la información se convierte en accesible.

Curvas características del motor de combustión interna (MCI)

Los parámetros del motor se representan en función de sus condiciones de funcionamiento, para la visualización de la variación de los parámetros se construyen las curvas características a partir de pruebas efectuadas en bancos dinamométricos. En la figura 2, se visualiza las curvas obtenidas en motores en plena carga de potencia, par motor y consumo de combustible, en función del régimen de giro del motor analizado.

Figura 2. Curvas características del MCI



Fuente: Sánchez, 2009

Parámetros del motor

Par del motor

Para el cálculo del par del motor, se emplea la ecuación 1, que se expresa así:

$$T = \frac{Ne}{2\pi \cdot n} \quad (1)$$

Donde:

T: Par motor.

Ne: Potencia medida del motor (kW)

n: Régimen de giro del motor (rps)

Rendimiento térmico (BTE)

Para la creación de mapas motor del rendimiento térmico (BTE), el cual se expresa en porcentaje, fue necesario realizar el cálculo segundo a segundo mediante la ecuación:

$$BTE = \frac{N_e}{N_t} \quad (0-6)$$

Donde:

BTE: Eficiencia térmica al freno.

N_e : Potencia efectiva.

N_t : Potencia térmica.

Consumo de combustible específico (BSFC)

Para la creación de mapas de consumo de combustible específico (BSFC) expresados en (g/kWh), también se lo realizó segundo a segundo mediante la siguiente ecuación:

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{N_e} \quad (0-7)$$

Donde:

BSFC: Consumo específico de combustible de freno.

\dot{m}_f : flujo másico de combustible.

N_e : Potencia efectiva

Materiales y métodos

Este trabajo constituye una investigación aplicada, enfocado en el análisis de los datos de los parámetros de funcionamiento del motor de combustión interna. A la vez, el diseño de la investigación es no experimental, ya que solamente se analiza la información recolectada. Para el tratamiento de la información se utiliza un enfoque cuantitativo, acorde a la información obtenida y las ecuaciones de cálculo aplicados.

Vehículo de pruebas

Para el trabajo, se elige el vehículo Chevrolet Aveo 1.6, acorde a la Aeade, constituye uno de los modelos más vendidos en el mercado ecuatoriano en los últimos 10 diez años. Este vehículo tiene el protocolo de comunicación OBD II, cuenta un sistema de inyección electrónica de combustible acorde a los requerimientos para obtención de datos. En la tabla 1, se identifica las especificaciones técnicas del motor.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del motor del vehículo

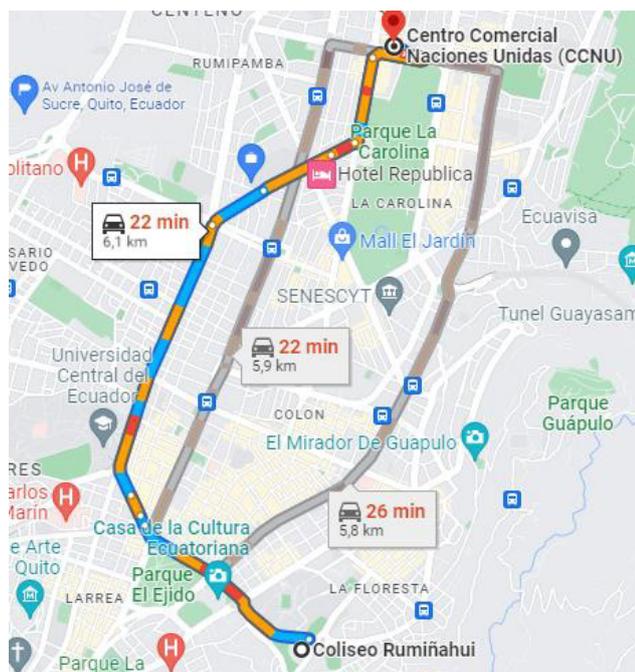
Parámetro	Valor
Cilindrada	1598 cc
Potencia	76 kW/ 5800rpm
Torque	145 N.m/ 3600 rpm
Relación de compresión	10,8:1

Fuente: Chevrolet, 2011

Ruta de pruebas

Para la recolección de los datos en el vehículo Chevrolet Aveo, se utiliza el recorrido establecido en la zona urbana con un recorrido de 6,1 km. Se considera esta zona ya en las horas picos, muestra una baja movilidad. En la figura 2, se identifica el recorrido efectuado.

Figura 3. Ruta de recorrido urbana



Fuente: Google Maps, 2022

Adquisición de datos

Para la obtención de los datos, se utiliza la interfaz ELM 327, capaz de conectarse a l vehículo por medio del conector OBD II, este dispositivo, permite la lectura de velocidad del vehículo, RPM, temperatura del refrigerante del motor, consumo de combustible, presión de combustible, carga calculada del motor, nivel de combustible, entre otros. En la figura 3, se identifica el dispositivo de lectura.

Figura 4. Lector de datos Interfase ELM 327

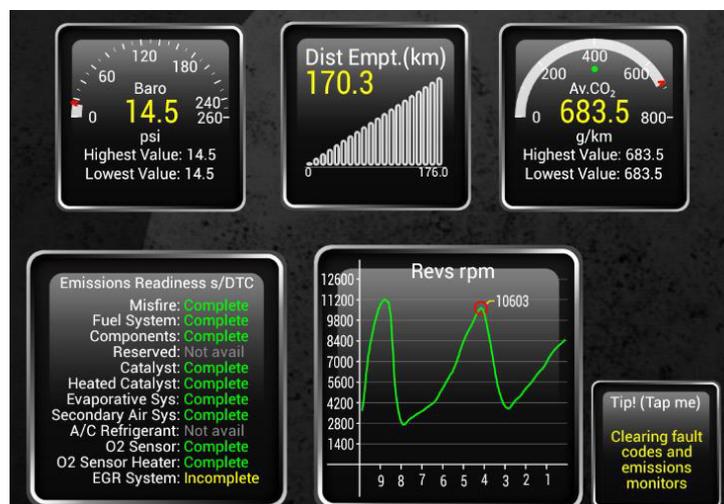


Fuente: Electronics Data, 2021

Visualización y descarga de datos

Para la visualización se datos, se utiliza smartphones con sistema Android, para ello, se emplea la aplicación Torque Lite o OBD Car Doctor disponible en Google Play. La aplicación visualiza en la pantalla del teléfono los datos en tiempo real acorde a la información desplegada por la comunicación OBD II. En la figura 4, se identifica la interfaz de datos.

Figura 5. Interfaz de visualización de datos

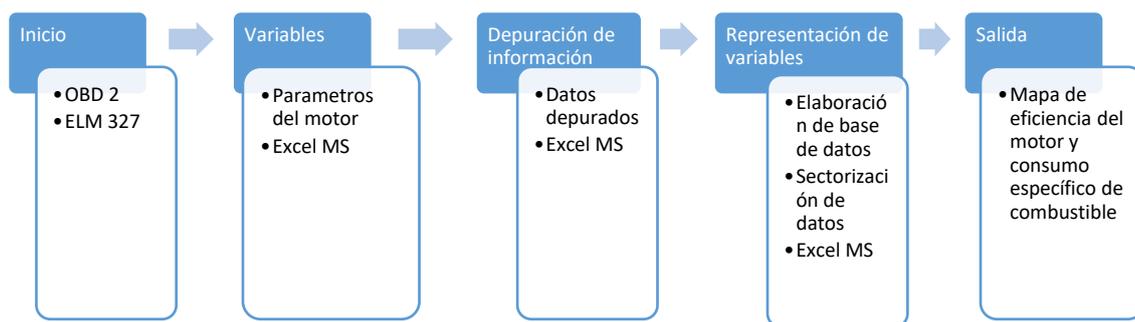


Fuente: Autor, 2022

Tratamiento de la información

El proceso de la información, se inicia con la recolección de la información desde el vehículo a la aplicación del celular, esta información se almacena y se descarga desde el teléfono. La información se descarga en archivo formato CVS. Posteriormente la información es depurada y se calculan los diferentes parámetros del motor para la representación como mapas de eficiencia y consumo de combustible. En la figura 5, se identifica el proceso aplicado.

Figura 6. Proceso de tratamiento de la información recolectada



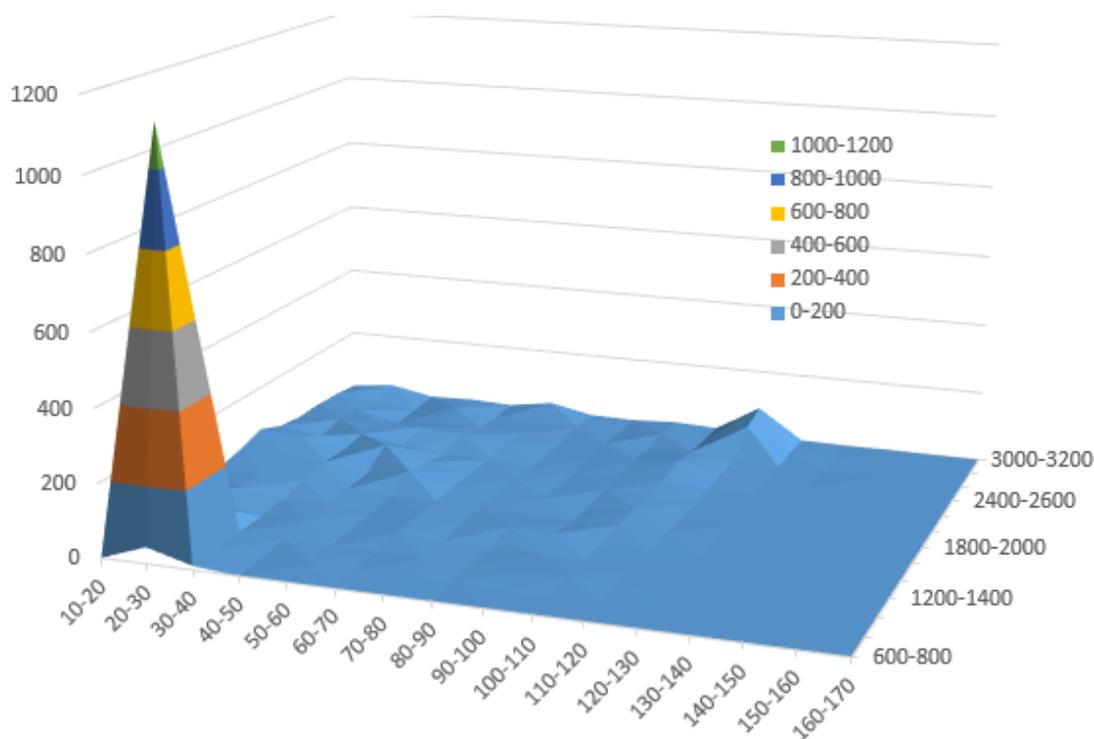
Fuente: Autor, 2022

Resultados y Discusión

Operación del motor.

Acorde a los datos recopilados, se identifica los puntos de operación del vehículo acorde a la ruta establecida. En la figura 6, se identifica los puntos de mayor operación del motor en el rango de 700 a 1000 rpm.

Figura 7. Zonas de operación del motor Aveo 1.6, basados en los números de datos



Fuente: Autor, 2022

Rendimiento térmico (BTE)

Acorde a los datos recopilados, se gráfica el rendimiento térmico del motor acorde a la ruta establecida (tabla 2), se identifica las zonas de trabajo del motor para diferentes rangos de giro de motor.

Tabla 2. Valores promedios del rendimiento térmico para rangos de torque y régimen de giro

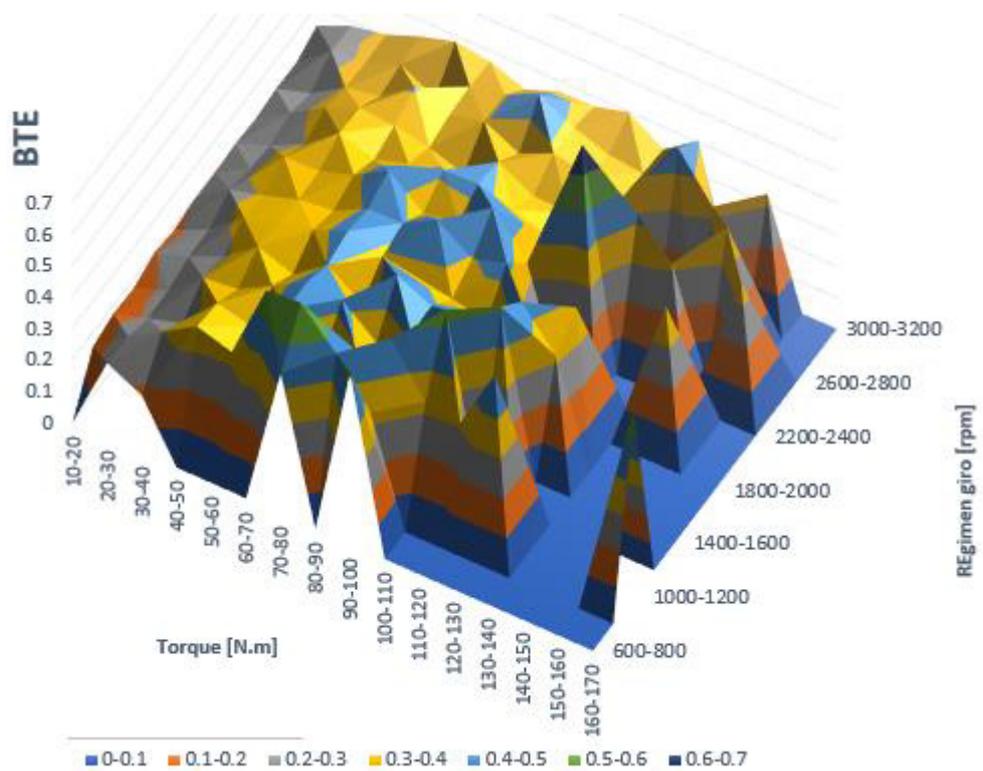
	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
10-20	0.0	0.15	0.174	0.170	0.196	0.185	0.199	0.196	0.203	0.198	0.208	0.205	0.238
20-30	0.236	0.24	0.207	0.213	0.233	0.235	0.276	0.257	0.246	0.265	0.241	0.292	0.285
30-40	0.18	0.300	0.242	0.300	0.282	0.324	0.306	0.344	0.299	0.330	0.308	0.303	0.306
40-50	0.0	0.364	0.353	0.313	0.362	0.355	0.342	0.346	0.384	0.378	0.329	0.346	0.349
50-60	0.0	0.332	0.327	0.372	0.323	0.380	0.355	0.383	0.347	0.371	0.404	0.289	0.381
60-70	0.0	0.578	0.432	0.433	0.401	0.423	0.409	0.446	0.382	0.349	0.367	0.372	0.366
70-80	0.447	0.585	0.309	0.425	0.329	0.392	0.412	0.359	0.410	0.314	0.396	0.394	0.326
80-90	0.0	0.474	0.396	0.336	0.466	0.373	0.471	0.376	0.415	0.400	0.341	0.443	0.367
90-100	0.545	0.332	0.484	0.413	0.417	0.354	0.396	0.473	0.382	0.340	0.391	0.388	0.368

100-110	0	0	0.330	0.537	0.434	0.332	0.430	0.346	0.346	0.335	0.370	0.349	0.398
110-120	0	0	0.312	0.000	0.511	0.441	0.000	0.000	0.684	0.340	0.349	0.338	0.330
120-130	0	0	0.514	0.000	0.000	0.318	0.386	0.000	0.000	0.426	0.000	0.468	0.405
130-140	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.319	0.000	0.329	0.000
140-150	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.402	0.000	0.000	0.398	0.000	0.333
150-160	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.351	0.000	0.000	0.000
160-170	0	0	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Autor, 2022

La figura 8, representa los datos tabulados en la tabla 2, se muestra el comportamiento del motor a lo largo del régimen de giro del motor, acorde a los cambios del torque obteniéndose los valores promedios del rendimiento térmico.

Figura 8. Eficiencia térmica del motor Aveo 1.6



Fuente: Autor, 2022

Consumo específico de combustible

Según la información recolectada, se tabula los datos para las zonas de consumo específico de combustible del motor acorde a la ruta establecida (tabla 3), los datos muestran un comportamiento variable del consumo específico del motor.

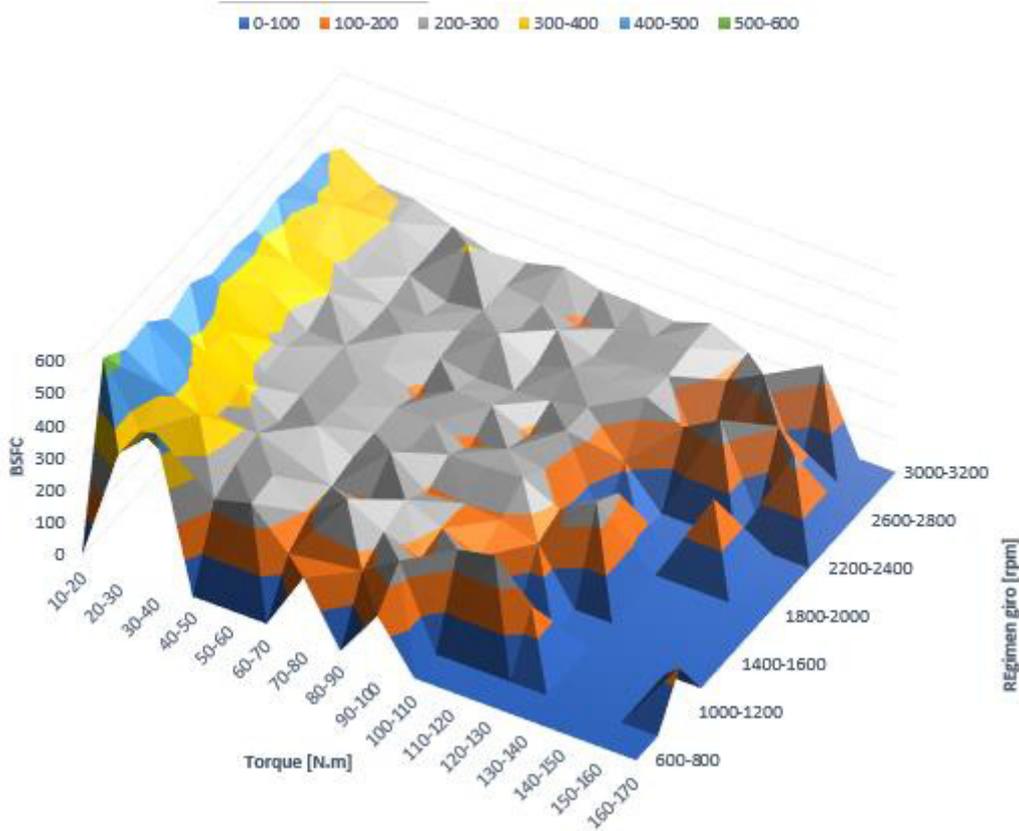
Tabla 3. Valores promedios del consumo específico de combustible para rangos de torque y régimen de giro.

	600- 800	800- 1000	1000- 1200	1200- 1400	1400- 1600	1600- 1800	1800- 2000	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200
10-20	0	536	488	497	434	469	424	431	414	436	416	422	369
20-30	356	351	414	414	373	363	314	342	347	334	385	318	299
30-40	460	280	372	293	319	279	283	259	301	272	279	296	293
40-50	0	225	262	280	244	251	252	255	232	232	250	248	254
50-60	0	254	267	242	273	255	252	229	259	240	210	309	217
60-70	0	142	194	201	218	220	223	189	227	239	228	225	225
70-80	183	159	278	194	276	216	220	243	207	271	213	214	255
80-90	0	173	219	244	192	236	186	239	209	212	251	189	226
90-100	150	246	179	198	201	241	221	190	222	250	211	221	224
100-110	0	0	249	152	193	249	201	246	244	249	225	237	212
110-120	0	0	273	0	162	192	0	0	120	243	234	247	249
120-130	0	0	159	0	0	257	212	0	0	192	0	189	202
130-140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	256	0	249	0
140-150	0	0	0	0	0	0	0	203	0	0	205	0	246
150-160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233	0	0	0
160-170	0	0	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autor, 2022

Los datos tabulados del BSFC, se visualizan en la figura 9, el consumo específico de combustible tiene un comportamiento de tal forma, que a menor régimen de giro se evidencia un mayor consumo de combustible.

Figura 9. Consumo específico de combustible del motor Aveo 1.6



Fuente: Autor, 2022

Conclusiones

La operación del motor muestra la mayor repetición de datos en los rangos 25 a 30 N.m con régimen motor de 850 a 1250 rpm, correspondiente al 35,6% y la zona comprendida entre par motor de 100 a 110 N.m.

Los resultados obtenidos para el vehículo Aveo Activo indican un rendimiento promedio del 31,2 % y un consumo de combustible específico promedio de 285 g/kWh, bajo la ruta trazada, considerando el rendimiento dentro de la zona de mayor obtención de datos el rendimiento promedio es del 20.1% y el consumo específico de combustible es de 371.75 g/kWh.

Los mapas de eficiencia térmica identifican un solo comportamiento definido, un bajo rendimiento general con bajo par motor. Los otros comportamientos son aleatorios independientemente del régimen motor.

El proceso de recolección de información con el OBD Interfaz LMS 352 generó 3225 datos a una frecuencia de 1Hz, acorde a los cálculos desarrollados y la depuración de resultados, se perdió un 15,3 % de la información inicial obtenida, dada la operación del vehículo y la ruta trazada.

Referencias bibliográficas

- Dekraker, P., Barba, D., Moskalik, A., & Butters, K. (2018). Constructing Engine Maps for Full Vehicle Simulation Modeling. SAE Technical Paper. doi:<https://doi.org/10.4271/2018-01-1412>
- Elfasakhany, A. (2020). Gasoline engine fueled with bioethanol-bio-acetone-gasoline blends: Performance and emissions exploration. *Fuel*, 274. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117825>
- Antamba, J. (2018). Diagnóstico de la condición operativa del motor por encendido provocado (MEP), según el tipo de gasolina empleado en las ciudades de Quito y Esmeraldas. Quito: EPN.
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador [AEADE]. (2020). Boletín N°40: Sector automotriz en cifras 2019 [Ebook] (1st ed., pp. 1-13). Quito, Ecuador: AEADE. Retrieved from <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/01/boletin-40-espanol-resumido.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2016a). Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204:2016. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. Quito, Ecuador: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2016b). Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935:2016. Productos Derivados del Petróleo. Gasolina. Requisitos. Quito, Ecuador: INEN.
- Kilicarslan, A., & Qatu, M. (2017). Exhaust Gas Analysis of an Eight Cylinder Gasoline Engine Based on Engine Speed. *Energy Procedia*, 110, 459-464. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.169>
- Quinchimbla, F., & Solís, J. (2017). Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el Distrito Metropolitano de Quito (1st ed.). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Sánchez, E. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: Macmillan Iberia, S.A.
- Sanz, J. (2010). Análisis cinético-químico del proceso de autoencendido del combustible diésel en condiciones de carga homogénea (1st ed.). Cuenca, España: Universidad de Castilla La Mancha.
- Secretaría de Movilidad del Municipio de Quito. (2014). Diagnóstico de la movilidad en el Distrito Metropolitano De Quito para el Plan Metropolitano De Desarrollo Territorial. Quito, Ecuador: Municipio de Quito.

- Seo, J., Park, J., Park, J., & Park, S. (2020). Emission factor development for light-duty vehicles based on real-world emissions using emission map-based simulation☆. *Environmental Pollution*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116081>
- Seo, J., Park, J., Park, J., & Park, S. (2021). Emission factor development for light-duty vehicles based on real-world emissions using emission map-based simulation. *Environmental Pollution*, 270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116081>
- Tipanluisa, L., Remache, A., Ayabaca, C., & Reina, S. (2017). Emisiones contaminantes de un motor de gasolina funcionando a dos cotas con combustibles de dos calidades. *Información tecnológica*, 28, 3-12. doi:10.4067/S0718-07642017000100002
- Zhou, Z., Kar, T., Yang, Y., Brear, M., Xu, J., Lacey, J., Curtis, E. (2021). Mapping K factor variations and its causes in a modern, spark-ignition engine. [://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.120012](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.120012)

ANEXOS

ANEXO A

BASE DE DATOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO

olu mn 1	olu mn 2	olu mn 3	olu mn 4	olu mn 5	olu mn 6	olumn 7	olumn 8	olum n9	olum n10	olu mn1 1	olum n12	olumn1 3	olum n14	olumn 15	olumn1 6	Colum n17	olumn n18	olumn 19	olumn20
						ELOCI DAD GPS (km/h)	ELOCI DAD OBD (km/h)	ONGI TUD (grad os)	ATITU D (grad os)	LTIT UD (m)	UMB O (grad os)	VANCE DE TIEMPO (grados)	ARGA MOT OR (%)	ASA COMB USTIBL E (l/h)	OSICIO N ACELER ADOR (%)	RESION COLECTO R ADMISIO N (psi)	PM MOT OR (rpm)	EMP AIRE ADMISI ON (C)	EMP REFRIGE RANTE MOTOR (C)
	7- jul.- 202 2	9:5 4:1 2									74.17 9992						4		
								78.11 0385	.3579 25	219. 7	6757 81	.5	.1372 5495	.12382 96		.0610566 6	11.75	5	8
	7- jul.- 202 2	9:5 4:1 3									74.17 9992						4		
								78.11 0385	.3579 25	219. 7	6757 81	.5	.1372 5495	.12382 96		.0610566 6	11.75	5	8
	7- jul.- 202 2	9:5 4:1 4									74.17 9992						4		
								78.11 0385	.3579 25	219. 7	6757 81	.5	.1372 5495	.10210 657		.0610566 6	11.25	5	8
	7- jul.- 202 2	9:5 4:1 5									74.17 9992						4		
								78.11 0385	.3579 25	219. 7	6757 81		.1372 5495	.10210 657		.0610566 6	11.25	5	8

3	3	7- jul.- 202	9:5 4:3	2	4	2	4.9883 4229	78.11 03966 66666	.3571 66666	82.47 0001 219.	03	1	8.431 3716	.32307 434	7.2549 0189	.2366227 3	844.2 5	5	7	8
4	4	7- jul.- 202	9:5 4:3	3	5	3	7.4287 4527	78.11 04083 33333	.3570 78333	82.75 9994 219.	36	8.5	7.254 9018	.32307 434	7.2549 0189	.2366227 3	844.2 5	4	7	8
5	5	7- jul.- 202	9:5 4:3	4	6	4	7.8475 2655	78.11 04116 66666	.3569 76666	81.30 9997 220.	94	8.5	7.254 9018	.79873 025	8.6274 5094	.8854905 9	844.2 5	4	7	8
6	6	7- jul.- 202	9:5 4:3	5	7	5	9.5800 7812	78.11 04116 66666	.3568 71666	82.25 9994 219.	36	8.5	9.215 6868	.79873 025	8.6274 5094	.8854905 9	681.5 681.5	4	7	8
7	7	7- jul.- 202	9:5 4:3	6	8	6	0.5288 1241	78.11 0415	.3567 65	82.53 9993 219.	33	0.5	9.215 6868	.79873 025	.92156 863	.8854905 9	681.5 681.5	4	7	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 4:3	7	9	7	0.8901 5198	78.11 04233 33333	.3566 56666	82.82 0007 220.	19	0.5	9.215 6868	.65250 444	.92156 863	.0610566 6	989.5 989.5	4	7	8

9	9	7- jul.- 202	9:5 4:4	8	0.1174 469	78.11 04316 66666	.3565	219.	7792	83.52 9998	1.764	.65250	.92156	.0610566	4	989.5	4	7	8
0	0	7- jul.- 202	9:5 4:4	9	0.0303 5736	78.11 0444	.3564 33333	219.	6621	83.66 0003	1.764	.65250	.27450	.0610566	4	989.5	4	7	8
1	1	7- jul.- 202	9:5 4:4	0	0.0803 9093	78.11 04483 33333	.3563	219.	6621	83.91 0003	.4509	.41957	.27450	.6259434	3	963	4	7	8
2	2	7- jul.- 202	9:5 4:4	1	0.0840 95	78.11 04566 66666	.3562 38333 33333	219.	8828	84.13 0004	.4509	.41957	.27450	.6259434	3	963	4	7	8
3	3	7- jul.- 202	9:5 4:4	2	8.6887 8555	78.11 04666 66666	.3561	219.	3242	84.07 0007	.4509	.52790	.3206038	2	728	4	7	8	
4	4	7- jul.- 202	9:5 4:4	3	6.6171 3028	78.11 04733 33333	.3560	220.	3242	83.82 0007	.3137	.52790	.3206038	2	728	4	7	8	

5	5	7- jul.- 202	9:5 4:4	2	6	4	1.9049 511	78.11 7	33333 048	220. 3	0517 3	83.80 0003	.3559 58333	.3137 2547	.52790 093	.3206038 1	2 728	4	7	8	
6	6	7- jul.- 202	9:5 4:4	2	7	5	5.1655 9219	78.11 4	33333 3	220. 3	7138 67	86.71 0006	.3558 88333	.1372 5495	.76529 765	.0457925 3	204.5	4	7	8	
7	7	7- jul.- 202	9:5 4:4	2	8	6	7.5794 1055	78.11 4	33333 3	220. 8	0517 58	84.55 0003	.3558 4	.1372 5495	.76529 765	0.1960 783	.0457925 3	204.5	4	7	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 4:4	2	9	7	2.0426 4736	78.11 4	66666 0495	221. 3	9482 42	82.44 9996	.3558 11666	.1372 5495	.92587 543	0.1960 783	.7175284 5	204.5	4	7	8
9	9	7- jul.- 202	9:5 4:5	2	0	8	1.1365 2992	78.11 0	33333 3	221. 6	1171 88	85.11 9995	.3557 85	4.901 9603	.92587 543	0.1960 783	.7175284 5	9 026	4	7	8
0	0	7- jul.- 202	9:5 4:5	2	1	9	4.5497 551	78.11 0	33333 3	222. 2	8964 84	87.14 9993	.3557 53333	4.901 9603	.92587 543	6.4705 8868	.7175284 5	9 026	4	7	8

1	1	2	2	0	9.5936 2221	7	7	7	2	88	7	.54373	6.4705	0.297679	4	821.5	4	7	8	
		7- jul.- 202	9:5 4:5					78.11 05016 66666	.3557 11666 66666	85.36 9995 1171	4.901 9603				1					
2	2	2	3	1	3.4423 027	7	7	3	7	58	4	3	.54373	6.4705	0.297679	4	821.5	4	7	8
		7- jul.- 202	9:5 4:5					78.11 05066 66666	.3556 58333 33333	83.80 0003 0517	7.058 8226				1					
3	3	2	4	2	7.7375 5646	7	3	95	3	55	4	3	.02549	7.6470	.8625661	8	821.5	4	7	8
		7- jul.- 202	9:5 4:5					78.11 05133 33333	.3555 224. .3555	85.58 0001 8310	7.058 8226				9					
4	4	2	5	3	2.0216 9037	0	7	3	3	06	4	8019	.02549	7.6470	.8625661	700.2	5	4	7	8
		7- jul.- 202	9:5 4:5					78.11 05166 66666	.3555 18333 33333	83.94 0002 4414	.4509 8019				9					
5	5	2	6	4	4.7085 4187	0	3	7	1	06		8019	.02549	7.4509	.8625661	700.2	5	4	7	8
		7- jul.- 202	9:5 4:5					78.11 05233 33333	.3554 36666 66666	81.44 0002 4414	.4509 8019				9					
6	6	2	7	5	7.7715 5304	7	0525	45	4	09		8019	.53831	7.4509	.4274529		991.5	4	7	8
		7- jul.- 202	9:5 4:5					78.11 0525 78.11	.3553 225. .3553	78.16 0003 6621	.4509 8019				9					

7	7	7- jul.- 202	9:5 4:5 2 8	6	9.9932 9758	78.11 7 0515	.3552 46666 66666	74.85 0006 225. 1035	0.392 1566	.53831 673	7.4509 8114	.4274529 7	991.5	4	7	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 4:5 2 9	7	2.2131 9199	78.11 7 7	.3551 05016 43333 66666	72.05 0003 224. 0517	0.392 1566	.45649 147	8.0392 1509	.6717359 5	991.5	4	7	8
9	9	7- jul.- 202	9:5 5:0 2 0	8	4.1180 7632	78.11 3 3	.3550 04833 33333 33333	70.08 9996 3378	.8039 217	.45649 147	8.0392 1509	.6717359 5	227.2 5	4	7	8
0	0	7- jul.- 202	9:5 5:0 2 1	9	4.9204 216	78.11 3 7	.3549 04666 18333 66666	71.02 9998 225. 7792	.8039 217	.45649 147	.09803 915	.6717359 5	227.2 5	3	7	8
1	1	7- jul.- 202	9:5 5:0 2 2	0	4.5146 1792	78.11 3 045	.3548 03333 33333	71.32 0007 225. 3242	.8039 217	.17405 295	.09803 915	.9007547 6	240.2 5	3	7	8
2	2	7- jul.- 202	9:5 5:0 2 3	1	4.2199 8978	78.11 5 7	.3546 66666 .3546	71.27 9998 225. 7792	.2745 0991	.17405 295	.09803 915	.9007547 6	240.2 5	4	7	8

3	3	7- jul.- 202	9:5 5:0	2	4	2	4.1755 1804	78.11 5 0415	.3545 76666 66666	71.69 9996 225. 9482	6.5	.2745 0991	.17405 295	.9007547 6	240.2 5	4	7	8
4	4	7- jul.- 202	9:5 5:0	3	5	3	3.7215 3473	78.11 4 04	.3544 225. 1171	71.11 9995 1171	6.5	.0980 3915		.3206038 1	199.2 5	4	7	8
5	5	7- jul.- 202	9:5 5:0	4	6	4	3.2175 1785	78.11 03833 33333	.3543 1035	72.10 0006 225. 1035	8	.0980 3915	.74509 811	.3206038 1	199.2 5	4	7	8
6	6	7- jul.- 202	9:5 5:0	5	7	5	3.7030 0293	78.11 03733 33333	.3542 41666 66666	73.03 9993 225. 2861	8	.0980 3915	.71178 615 811	.3206038 1	242.7 5	4	7	8
7	7	7- jul.- 202	9:5 5:0	6	8	6	4.2996 6736	78.11 03633 33333	.3541 31666 66666	73.49 0005 223. 4931	8	.3137 2547	.71178 615 811	.3206038 1	242.7 5	4	7	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 5:0	7	9	7	3.4584 0836	78.11 03566 66666	.3540 21666 66666	74.36 0000 223. 6103	.5	.3137 2547	.71178 615	.3206038 1	242.7 5	4	7	8

9	9	2	0	8	0.4231 9489	78.11 2 035	.3539 16666 66666	76.72 0001 223.	2207	.3137 2547	.3206038	2 1	929.5	4	7	8
0	0	2	1	9	9.4707 5272	78.11 2 7	.3538 03516 66666	78.72 9995 7275	223 39	.3137 2547	4.1176 4717	.3206038 1	929.5	4	7	8
1	1	2	2	0	9.4948 4253	78.11 2 035	.3537 16666 66666	80.08 9996 222.	3378	.3137 2547	.56683 731 4717	4.1176 4	.5114340 150	4	6	8
2	2	2	3	1	1.4775 5051	78.11 0 7	.3536 03466 66666	80.67 9992 222.	6757	.2745 0991	.56683 731 4717	4.1176 4	.5114340 150	4	6	8
3	3	2	4	2	3.6844 7495	78.11 0 7	.3535 03466 66666	81.57 0007 3242	222 19	.2745 0991	.56683 731 127	.35294 4	.5114340 150	4	6	8
4	4	2	5	3	4.6999 1684	78.11 4 0355	.3533 86666 66666	83.64 9993 221.	8964	.2745 0991	.77804 315 127	.35294 5	.4656415 272	4	6	8

5	5	7- jul.- 202	9:5 5:1 2	6	4	5.3354 9881	78.11 03616 66666	.3532 71666 66666	82.97 0001 221.	03	8.5	.0980 3915	.77804 315	.35294 127	.4656415 5	272	4	6	8
6	6	7- jul.- 202	9:5 5:1 2	7	5	5.9692 2302	78.11 03683 33333	.3531 53333 33333	82.50 9994 220.	36	8.5	.0980 3915	.98946 249	.74509 811	.6106792 8	272	4	6	8
7	7	7- jul.- 202	9:5 5:1 2	8	6	5.6449 4705	78.11 037	.3530 35	219. 3896	48	8.5	.3137 2547	.98946 249	.74509 811	.6106792 8	282.7 5	4	6	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 5:1 2	9	7	5.6319 7708	78.11 0375	.3529 16666 66666	217. 7138	67	4	.3137 2547	.98946 249		.6106792 8	282.7 5	4	6	8
9	9	7- jul.- 202	9:5 5:2 2	0	8	4.7592 1249	78.11 03833	.3528 06666 66666	217. 3896	48	4	.3137 2547			.3206038 1	162	4	6	8
0	0	7- jul.- 202	9:5 5:2 2	1	9	3.5862 6556	78.11 03866	.3526 96666 66666	0517 217	58		.3137 2547			.3206038 1	162	4	6	8

1	1	2	2	0	0.0822 4106	78.11 03883	.3525 93333	83.91 9998	215.	1689	.3137 2547	.4809057	3 162	4	6	8		
2	2	2	3	1	4.5843 8873	78.11 03933	.3525 01666	84.19 0002	214.	4414	.3137 2547	.4809057	3 266.2	4	6	8		
3	3	2	4	2	7.9895 6299	78.11 0395	.3524 66666	84.94 9996	213.	9482	.3137 2547	.4809057	3 266.2	4	6	8		
4	4	2	5	3	9.9049 263	78.11 03983	.3523 71666	85.66 9998	213.	1689	.3137 2547	.35518 026	.1908302	3 160.7	4	6	8	
5	5	2	6	4	3.8048 4962	78.11 0405	.3523 36666	89.58 9996	213.	3378	8.431 3716	.35518 026	.1908302	3 160.7	4	6	8	
6	6	2	7	5	3.2026 2432	78.11 04083	.3523 06666	86.36 9995	213.	1171	8.431 3716	.35518 026	6.4705 8868	.1908302	3 160.7	4	6	8

7	7	7- jul.- 202	9:5 5:2	6	7.9574 2226	78.11 04116 66666	.3522	213.	6103	84.36 0000	6.666 6660	.17854	6.4705	0.732792	1	703.5	4	6	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 5:2	7	2.4138 8702	78.11 0415	.3522 33333	213.	2861	83.28 9993	6.666 6660	.17854	3.5294	0.732792	1	703.5	4	6	8
9	9	7- jul.- 202	9:5 5:3	8	6.8240 2802	78.11 04183	.3521 58333	214	97	82.77 9998	6.666 6660	.40878	3.5294	.4656415	2	397	4	6	8
0	0	7- jul.- 202	9:5 5:3	9	0.2594 8906	78.11 04216	.3520 88333	214.	2724	82.52 0004	0.392 1566	.40878	3.5294	.4656415	2	397	4	6	8
1	1	7- jul.- 202	9:5 5:3	0	3.0630 7983	78.11 04266	.3520	216	06	81.19 0002	0.392 1566	.40878	9.0196	.4656415	2	397	3	6	8
2	2	7- jul.- 202	9:5 5:3	1	6.2261 5051	78.11 043	.3519 33333	217.	3242	80.32 0007	0.392 1566	.01924	9.0196	.7022642	8	925.7	5	3	6

3	3	7- jul.- 202	9:5 5:3	2	4	2	7.6696 3577	78.11 04333	.3518 33333	217. 8828	79.63 0004	3.5	2.352 9415	.01924 61	9.0196 0754	.7022642 8	925.7 5	3	6	8
4	4	7- jul.- 202	9:5 5:3	2	5	3	9.2298 6221	78.11 04333	.3517 31666	217. 8964	77.14 9993	3.5	2.352 9415	.75950 861	7.2549 0189	.8015095 2	925.7 5	3	6	8
5	5	7- jul.- 202	9:5 5:3	2	6	4	0.9753 8757	78.11 04266	.3516 31666	217. 3896	75.63 9999	3.5	2.549 0198	.75950 861	7.2549 0189	.8015095 2	112	3	6	8
6	6	7- jul.- 202	9:5 5:3	2	7	5	2.0723 6099	78.11 042	.3515 25	217. 45	74.91 9998	0	2.549 0198	.75950 861	3.3333 3302	.8015095 2	112	3	6	8
7	7	7- jul.- 202	9:5 5:3	2	8	6	2.7357 3685	78.11 04083	.3514 33333	216. 6103	74.11 0000	0	2.549 0198	.15388 918	3.3333 3302	7 171.7	.2518869 5	3	6	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 5:3	2	9	7	2.8005 9433	78.11 03983	.3513 08333	217. 7792	73.77 9998	0	3.725 4905	.15388 918	3.3333 3302	7 171.7	.2518869 5	3	6	8

9	9	2	0	8	3.6974 4492	78.11 2 039	.3511 95	217. 7	75.08 0001 8310	3.725 4905	.15388 918	3.3333 3302	7 171.7 .2518869	5	3	6	8
0	0	2	1	9	4.0217 2089	78.11 3 0385	.3510 85	219 12	75.13 0004 8828	1.764 7056	.49779 987	3.3333 3302	.7862453 5	174.2 5	3	6	8
1	1	2	2	0	3.5769 9966	78.11 03766	.3509 78333	219. 4931	75.49 0005	1.764 7056	.49779 987	3.3333 3302	.7862453 5	174.2 5	3	6	8
2	2	2	3	1	3.0470 4285	78.11 03666	.3508 71666	220. 5068	74.75 9994	1.764 7056	.82017 398	3.3333 3302	.2213585 7	159.5	3	6	8
3	3	2	4	2	3.0118 3319	78.11 03433	.3507 63333	217. 3896	74.63 9999	2.549 0198	.82017 398	3.3333 3302	.2213585 7	159.5	3	6	8
4	4	2	5	3	3.5973 8159	78.11 03233	.3506 55	216. 4414	74.44 0002	2.549 0198	.82017 398	4.1176 4717	.2213585 7	159.5	3	5	8

5	5	7- jul.- 202	9:5 5:4	4	4.3219 0704	78.11 03116	.3505 41666	74.41 9998	216.	1689	0.5	1	.68886	4.1176	.0763208	171.7	5	3	5	8
6	6	7- jul.- 202	9:5 5:4	5	4.3756 4087	78.11 03033	.3504 28333	74.89 9993	216.	8964	0.5	1	.68886	4.1176	.0763208	171.7	5	3	5	8
7	7	7- jul.- 202	9:5 5:4	6	4.6758 3084	78.11 0295	.3503 13333	74.57 0007	216.	3242	0.5	1	.39180	4.5098	.6412076	171.7	4	3	5	8
8	8	7- jul.- 202	9:5 5:4	7	4.2144 3176	78.11 02883	.3502 05	74.05 9997	216.	5585	0.5	.4509	.39180	4.5098	.6412076	191.7	4	3	5	8
9	9	7- jul.- 202	9:5 5:5	8	4.1736 6409	78.11 02766	.3500 91666	75.00 9994	216.	5068	8	.4509	.39180	.70588	.6412076	191.7	4	3	5	8
00	00	7- jul.- 202	9:5 5:5	9	3.5769 9966	78.11 0265	.3499 8	73.55 0003	216.	0517	8	.4509	.27880	.70588	.8015095	140.2	5	3	5	8

