

Influencia del sistema start-stop en relación a las emisiones de gases utilizando el ciclo NEDC

Leonidas Quiroz¹; Rumiguano Cristhian²; Aguilar Jhonatan³

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica, laquiroz@espe.edu.ec

² Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica, cdrumiguano@espe.edu.ec

³ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Energía y Mecánica, jaaguilar6@espe.edu.ec

Resumen: En la presente investigación se muestra la relación que existe entre las emisiones de gases del vehículo Hyundai Getz 1,6 por medio de un módulo de control desarrollado en base a la placa arduino mega, que permite emular el funcionamiento del sistema bajo ciertas condiciones de operación del vehículo que indican el momento de apagado y arranque del motor de combustión cuando funciona en modo estándar y con el sistema start-stop utilizando el ciclo de conducción europeo NEDC. Las pruebas se realizaron en un banco dinamométrico de rodillos con la capacidad de simular dicho ciclo, los datos obtenidos se mostraron en unidades de % volumétrico y ppm en un archivo de texto plano que se pasó a una hoja de cálculo en la cual se realizaron gráficas para comparar las emisiones en cada caso.

Palabras clave: Start-stop, Emisiones, Banco dinamométrico, NEDC.

Start-stop system influence in relation to the exhaust emissions using NEDC cycle

Abstract: The present investigation shows the relationship between the exhaust emissions of the Hyundai Getz 1.6 vehicle by means of a control module developed on the basis of the mega arduino plate, which allows to emulate the operation of the system under certain operating conditions Of the vehicle which indicate the moment of shutdown and start of the combustion engine when operating in standard mode and with the start-stop system using the European NEDC driving cycle. The tests were carried out on a roller dynamometer with the ability to simulate this cycle; the data obtained were shown in units of % volumetric and ppm in a flat text file that was passed to a spreadsheet in which graphs were made to compare emissions in each case.

Keywords: Start-stop, Emissions, Dynamometer bench, NEDC.

1. INTRODUCCIÓN

En la última década, las fuentes móviles han aparecido de forma masiva en las ciudades, incrementando los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son:

dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC). (Jaimes, López, & Rico, 2001).

Otro de los estudios referentes al mismo tema revela que una de las principales causas de las emisiones de CO₂ en el transporte es la congestión vehicular, los costos del tiempo y el consumo de combustible empleados en congestión aumentaron de 24 mil millones de dólares en 1982 a 121 mil millones de dólares durante 2011 en Estados Unidos. (Eisele, Lomax & Schrank, 2012).

1. Ingeniero Automotriz: laquiroz@espe.edu.ec
2. Estudiante de la carrera de Ingeniería Automotriz: cdrumiguano@espe.edu.ec
3. Estudiante de la carrera de Ingeniería Automotriz: jaaguilar6@espe.edu.ec

Durante el año 2015, los meses con mayores concentraciones de monóxido de carbono en el aire fueron los meses de abril, mayo, octubre y noviembre donde se reportaron las menores temperaturas entre las 6 y las 7 de la mañana.

Las emisiones de NO_x en la ciudad provienen principalmente del tráfico vehicular. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno donde aproximadamente el 80% es monóxido de nitrógeno (NO). Sin embargo, este se transforma rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO₂). La proporción de NO₂ en el NO_x aumenta cuando existe mayor ozono en el ambiente. Debido a que este acelera el proceso químico donde el NO se convierte en NO₂. Los valores más altos mensuales de los óxidos de nitrógeno se los registraron durante abril, octubre y noviembre, períodos de lluvias y bajas temperaturas. Se registraron los valores más bajos en agosto debido al menor tráfico. (Secretaría de ambiente del DMQ, 2015).

2. METODOLOGÍA

Se empleó el método experimental porque se realizó pruebas en un vehículo específico, Hyundai Getz 1.6, para obtener el resultado de dos casos particulares de emisiones de gases empleando el ciclo de conducción europeo NEDC, en modo estándar y con el sistema start-stop instalado.

Posteriormente se utilizó la matematización para calcular la diferencia existente entre los valores obtenidos de una prueba y otra.

Finalmente se empleó el método analítico para comparar los resultados de la diferencia de emisiones de gases entre cada prueba y las gráficas generadas mediante una hoja de cálculo.

Los materiales empleados, a más del vehículo señalado previamente, fueron el banco dinamométrico de rodillos MAHA con controlador LPS 3000, de la figura 1, que se encuentra en Laboratorio de CCICEV de la Escuela Politécnica Nacional, el analizador de gases a bordo axion go, de la figura 2.

Adicionalmente se requiere de una caja de herramientas que incluya un juego de llaves mixtas y pinzas para poder colocar la sonda de gases al final del tubo de escape.



Figura 1: Banco dinamométrico LPS 3000
Fuente: Propia



Figura 2: Analizador de gases axion go
Fuente: Propia

Antes de utilizar el equipo se verificó que la PC reconozca los dispositivos e interfaces del analizador de gases, además se esperó el autocero y calibración de las bombas.

Para operar los equipos se requiere de por lo menos 3 personas, una que conduzca el vehículo de acuerdo a las condiciones que solicite la prueba mediante una pantalla, otra que presurice el combustible para que sea constante durante toda la prueba y una que dé inicio a la prueba desde la computadora que gobierna al banco.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de realizar las pruebas pertinentes, es necesario realizar una afinación al vehículo, la cual incluye cambio de aceite, limpieza de inyectores, cambio de bujías, reemplazo de bandas, alineación y balanceo, revisión del sistema de refrigeración, inspección del sistema eléctrico, comprobación de códigos de falla y corrección de los mismos (Rumiguano & Aguilar, 2017).

La prueba se realizó con el asesoramiento del personal de CCICEV, escogiendo el ciclo de conducción NEDC en la computadora que forma parte del controlador del banco dinamométrico.

En la tabla 1 se muestra el resultado de las pruebas realizadas con el sistema en modo estándar, los datos obtenidos corresponden a las emisiones de gases en % volumétrico y ppm, también se muestra el promedio calculado de las tres (Rumiguano & Aguilar, 2017).

Tabla 1: Resultados de la prueba en modo estándar

Pruebas	CO2[%]	CO[%]	HC[ppm]	O2[%]	NOx[ppm]
1	13,298	0,521	185,471	1,157	430,602
2	13,418	0,353	166,931	1,021	509,684
3	13,375	0,243	79,991	1,282	503,063
Promedio	13,364	0,372	144,131	1,154	481,116

Fuente: Propia

Las pruebas realizadas con el sistema start-stop funcionando muestran una reducción en el CO₂, CO y un aumento en los HC, O₂ y NO_x, estos resultados se muestran en la tabla 2 (Rumiguano & Aguilar, 2017).

Tabla 2: Resultados de la prueba con start-stop

Pruebas	CO2[%]	CO[%]	HC[ppm]	O2[%]	NOx[ppm]
1	12,716	0,275	129,457	2,257	1125,347
2	12,572	0,333	195,362	2,446	1080,403
3	12,722	0,340	162,897	2,247	1340,330
Promedio	12,670	0,316	162,572	2,317	1182,026

Fuente: Propia

NEDC – Estándar

En la figura 3 se observa que el valor mínimo de CO₂ presente en los gases de escape es aproximadamente 3,8%, mientras que el valor máximo alcanzado fue del 15%, ambos en la Prueba 1. A medida que transcurre el tiempo de la prueba y la temperatura del motor aumenta, los valores mínimos de CO₂ incrementan. Se aprecia que las caídas en el porcentaje de este gas ocurren en intervalos similares de tiempo.

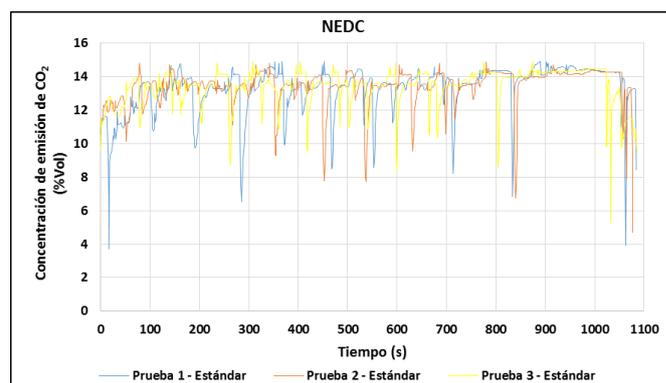


Figura 3: CO₂ VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Estándar

Fuente: Propia

La gráfica de CO en función del tiempo indica que el valor mínimo de volumen de este gas es cercano a cero, mientras que el valor máximo alcanza el 6% del total, lo que ocurre cerca del inicio de la segunda prueba cuando el motor se encuentra bajo la temperatura nominal de funcionamiento. En la figura 4 se observa que a medida que transcurre la prueba y se eleva la temperatura del motor, el valor de CO alcanza picos que no superan el 2%.

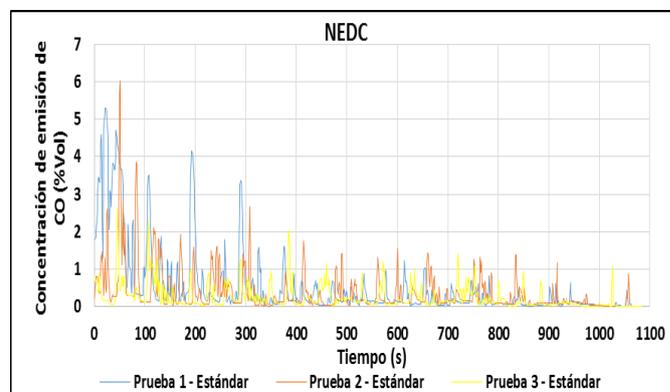


Figura 4: HC VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Estándar

Fuente: Propia

El nivel máximo de hidrocarburos presente en los gases de escape es de aproximadamente 3000 ppm, mientras que el valor mínimo es cercano a cero. Se advierte que los valores más altos están presentes al inicio de la prueba cuando el motor y el catalizador están por debajo de sus temperaturas de operación, esto se denota en la figura 5.

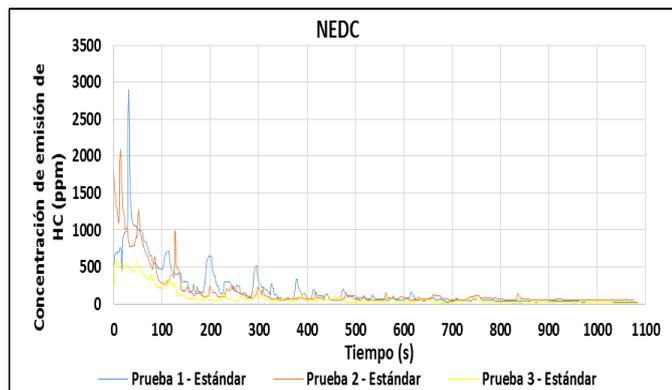


Figura 5: HC VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Estándar
Fuente: Propia

En la figura 6 se muestra el porcentaje de oxígeno presente en los gases de escape durante la prueba, el valor máximo alcanzado es del 10% del volumen, mientras que el valor mínimo es cercano a cero. A diferencia de los otros gases el porcentaje de oxígeno mantiene valores máximos elevados a lo largo de toda la prueba.

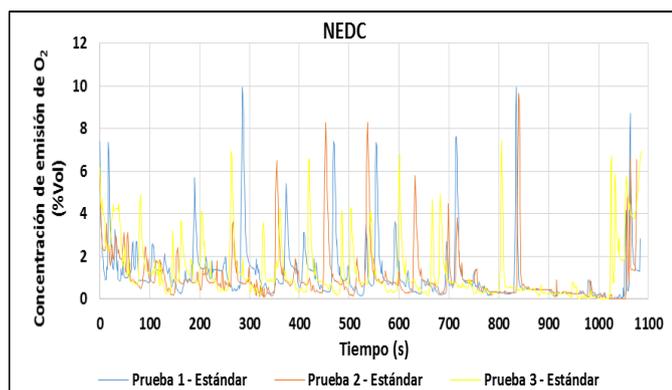


Figura 6: O₂ VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Estándar
Fuente: Propia

Se puede reconocer tres etapas, la primera que ocurre al inicio de la prueba donde el nivel de NOx tiene picos más elevados. Una segunda etapa intermedia que posee los niveles más bajos y constantes de NOx, figura 7. La última etapa indica

otro aumento en el nivel óxidos de nitrógeno, pero no tan elevados como al inicio.

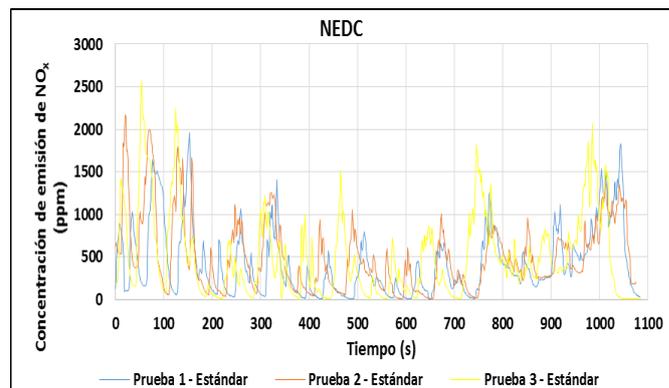


Figura 7: NOx VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Estándar
Fuente: Propia

NEDC – Start stop

El nivel de CO₂ mínimo alcanzado es menor a 2%, mientras que el valor máximo superó el 14% del volumen de este gas. Esta secuencia de valores se repite a lo largo de la prueba y no varía demasiado con respecto al tiempo que lleve al motor alcanzar su temperatura de funcionamiento, esto se evidencia en la figura 8.

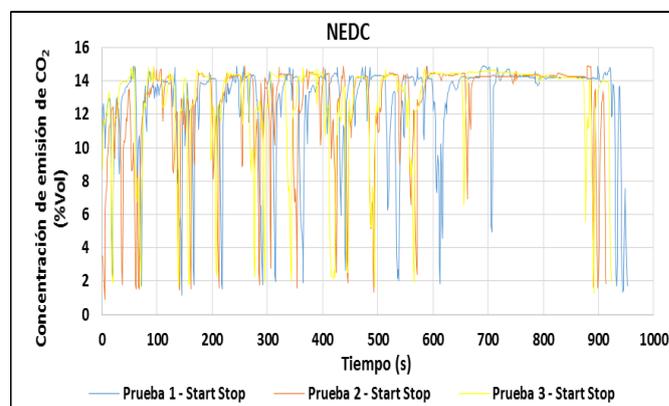


Figura 8: CO₂ VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop
Fuente: Propia

En la figura 9 se evidencia que el nivel de monóxido alcanza un valor máximo del 4% del volumen de gases de escape, mientras que el valor mínimo es cercano al 0%. El valor máximo no se obtuvo al inicio de la prueba sino cerca de la mitad, además aproximadamente al final de la prueba los valores disminuyen drásticamente hasta terminar.

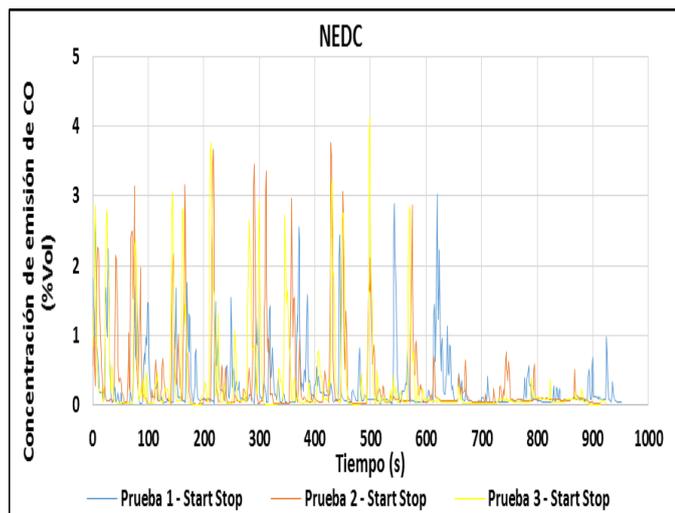


Figura 9: CO VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop
Fuente: Propia

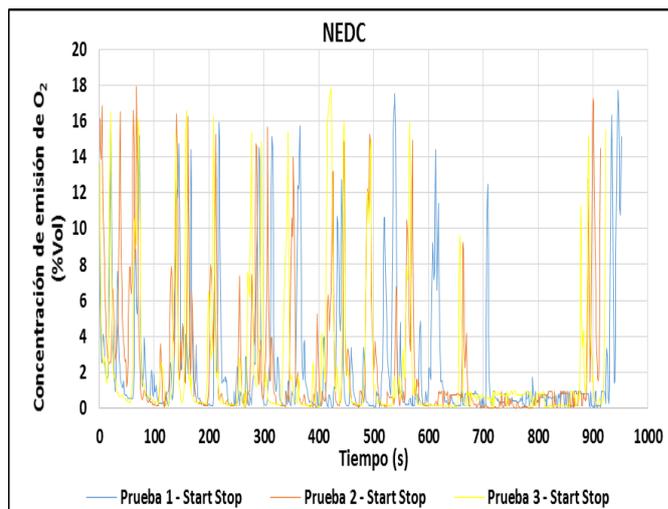


Figura 11: O₂ VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop
Fuente: Propia

Los valores máximos de HC se encuentran al principio de la prueba y tienen un pico de aproximadamente 4000 ppm, conforme se eleva la temperatura de funcionamiento del motor este valor se estabiliza alcanzando valores muy cercanos a cero, como se muestra en la figura 10.

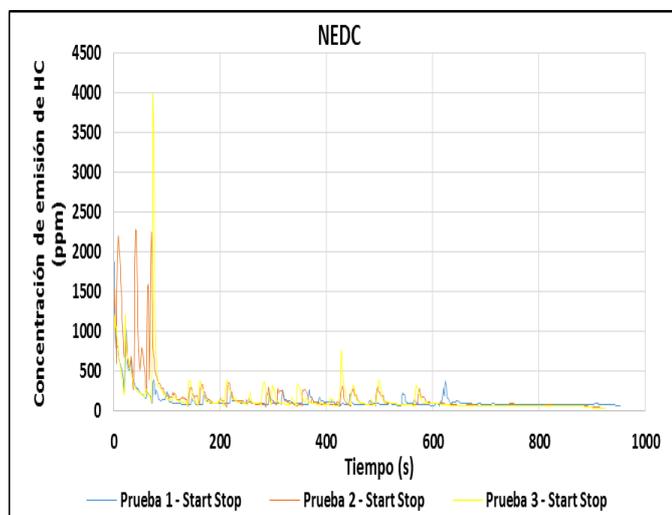


Figura 10: HC VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop
Fuente: Propia

El valor máximo alcanzado de NO_x es de 3250 ppm, mientras que el valor mínimo es cercano a cero. Se puede diferenciar que al inicio y al final de la prueba se encuentran los valores más elevados de estos gases, en cambio los picos bajos ocurren a mitad del desarrollo, lo que queda evidenciado en la figura 12.

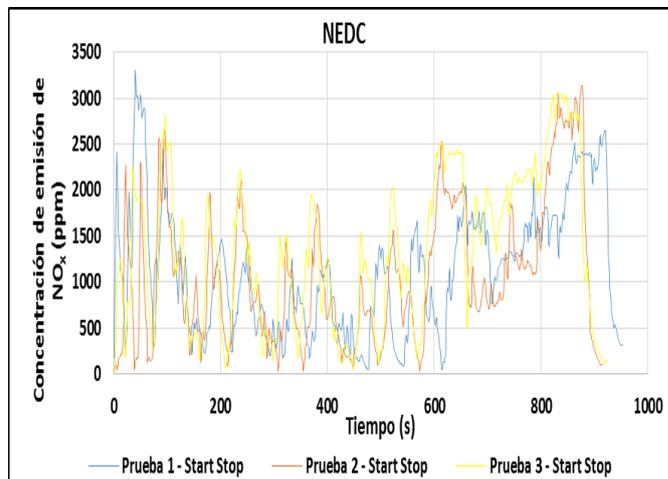


Figura 12: NO_x VS Tiempo utilizando el ciclo NEDC – Start stop
Fuente: Propia

Los picos del nivel de oxígeno no desaparecen a medida que transcurre la prueba como se ve en la figura 11, el valor máximo alcanzado es el 18% del volumen de los gases de escape y ocurre tres veces. El valor mínimo tiende a cero.

4. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de emisión durante el ciclo NEDC en modo estándar a medida que transcurre el tiempo de hidrocarburos no combustión disminuyen generando un promedio de 144,13 ppm HC, mientras

que el dióxido de carbono se mantiene con un promedio de 13,36% CO₂, se crea un pico de oxígeno 1,15% O₂ que se produce debido al ralentí en que se encontraba el vehículo al final de la prueba, el monóxido de carbono 0,372% CO más alto existe cuando el motor ha empezado su funcionamiento el cual disminuye a medida que transcurre la prueba, para estabilizarse, determinando el cumplimiento de la normativa actual establecida en la norma 2204 de la NTE INEN.

- Las concentraciones de emisión durante el ciclo NEDC con el sistema start-stop a medida que transcurre el tiempo de hidrocarburos no combustionados se incrementan generando un promedio de 162,57 ppm HC, mientras que el dióxido de carbono se mantiene con un promedio de 12,67% CO₂, se crea un pico de oxígeno 2,32% O₂ que se produce debido al ralentí en que se encontraba el vehículo al final de la prueba, el monóxido de carbono 0,32% CO más alto existe cuando el motor ha empezado su funcionamiento el cual disminuye a medida que transcurre la prueba, para estabilizarse, determinando que el valor de las partículas por millón de hidrocarburos se encuentra con un 18,72% por debajo de lo establecido en la norma 2204 de la NTE INEN; y además se ve disminuido el impacto ambiental considerando el tiempo medio de operación del motor de combustión interna.
- Las concentraciones de emisión NO_x durante el ciclo NEDC en modo estándar en promedio es de 481,12 ppm y con el sistema start – stop es de 1182,03 ppm lo que representa un 245,68% de incremento debido a la inestabilidad a las elevadas temperaturas presentes en la combustión y a la falta de estequiometría en la mezcla aire-combustible.

REFERENCIAS

- Jaimes, E., López, R., Rico, F. (2001). *Daños a la salud por contaminación atmosférica*. México; D.F.: VAMEX.
- Eisele, B., Lomax, T., Schrank, D. (2012). *Urban mobility report*, Texas: Transportation Institute.
- Secretaría de ambiente del DMQ. (2015). Informe anual. Recuperado el 04 de noviembre del 2016, Obtenido de, http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/imagenes/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf
- Rumiguano, C., Aguilar, J. (2017). Investigación de la eficiencia energética en relación al consumo de combustible y emisiones al implementar el sistema start-stop en el vehículo Hyundai Getz 1,6, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.