AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS EMISSÕES DE MOTORES DE GASOLINA COM CATALISADOR DE $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$

STATISTICAL EVALUATION OF GASOLINE ENGINE EMISSIONS WITH $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ CATALYST

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS EMISIONES DEL MOTOR GASOLINERO CON CATALIZADOR $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$

CHIRINOS COLLANTES, Hugo David^{1*}; LAZO CAMPOSANO, Roberto²; PEREZ ALARCON, Renzo¹

¹ Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, Av Tupac Amaru, 210 Rímac - Perú

² Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química, Prolongación Santa Rosa, s/n, Bellavista – Callao – Perú

* Autor correspondente
e-mail: hchirinos@uni.edu.pe

Received 12 June 2018; received in revised form 02 November 2018; accepted 14 November 2018

RESUMO

Os resultados adquiridos das emissões de motores a gasolina (Toyota ANZ1) são avaliados estatisticamente com o catalisador desenvolvido ($\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$). Os testes foram realizados na bancada de testes de combustão desenvolvida. Os resultados mostram que a percentagem de emissões de CO aumenta à medida que a velocidade do motor aumenta, atingindo valores superiores a 4%, sendo o catalisador original que com o catalisador desenvolvido, que contém 5% em peso de emissões de CO, mas quando o motor não tem o sensor de oxigênio. Quando a concentração de Lantano é de 7,5%, a eficiência atinge 7% de remoção de CO e 32% de remoção de HC. O teste estatístico T para amostras independentes indica que o catalisador original e que desenvolvido apresentou uma diferença estatisticamente significativa na eficiência catalítica. Pelo contrário, quando o sensor de oxigênio é conectado, o catalisador desenvolvido também é eficiente. Por outro lado, as emissões de HC diminuem à medida que a velocidade do motor aumenta alcançando valores próximos de 200 ppm, o que corresponde à norma EURO III, sendo que com o catalisador desenvolvido, que contém 7,5% em peso de GNL, as emissões de HC 147ppm demonstrando bom desempenho.

Palavras-chave: Catalisador automotivo, lantânio, Hidrocarbonetos, La_2O_3 , eficiência catalítica.

ABSTRACT

The results of gasoline engine emissions purchased by the Toyota ANZ1 are statistically evaluated with the catalyst developed ($\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$). The tests were carried out in the combustion test bench developed. The results show that the percentage of CO emissions increases as the engine speed increases, reaching values higher than 4%, with the original catalyst being that with the catalyst developed, which contains 5% by weight of Lanthane emissions of CO are close to 2%, but when the engine doesn't have the oxygen sensor. When the concentration of Lanthane is 7,5%, the efficiency reaches 7% of CO removal and 32% of HC removal. The statistical test T for independent samples indicates that the original catalyst and that developed presently a statistically significant difference in catalytic efficiency. On the contrary, when the oxygen sensor is connected, the catalyst developed is also efficient. On the other hand the emissions of HC decrease as the engine speed increases reaching values close to 200ppm which corresponds to the EURO III standard, being that with the catalyst developed, which contains 7,5% by weight of LNG, the HC emissions It is 147ppm showing good performance.

Keywords: Automotive catalyst, lanthanum, Hydrocarbons, La_2O_3 , catalytic efficiency.

RESUMEN

Se evaluaron estadísticamente los resultados de las emisiones del motor gasolero (Toyota ANZ1) con el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$. Los ensayos se realizaron en el banco de pruebas de combustión. Los resultados muestran que el porcentaje de emisiones de CO aumentan conforme se incrementa la velocidad del motor llegando a valores al 4%, con el catalizador original del motor siendo que con el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, que contiene 5% en peso de Lantano las emisiones de CO son próximos al 2%, pero cuando el motor no tiene el sensor de oxígeno. Cuando la concentración de Lantano es de 7,5% la eficiencia llega al 7% de remoción de CO y 32% de remoción de HC. La prueba estadística T para muestras independientes indica que con el catalizador original y con el de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, hay una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la eficiencia catalítica. Por el contrario cuando el sensor de oxígeno está conectado el catalizador con $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, se muestra poco eficiente. Por otro lado las emisiones de HC disminuyen llegando a valores próximos a 200ppm que corresponde a la norma EURO III siendo que con el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, que contiene 7,5% en peso de Lantano las emisiones de HC es de 147ppm demostrando buen desempeño.

Palavras-chave: catalizadores automobilísticos, lantano, Hidrocarburos, La_2O_3 , eficiencia catalítica,

INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna constituyen una de las principales causas de contaminación ambiental. En el caso particular de los motores diésel los principales contaminantes son las partículas de hollín o material particulado y los óxidos de nitrógeno. En el caso de los motores de combustión interna a gasolina en cambio, su funcionamiento se basa en el principio formulado por Beauc de Rochas en 1862, y puesto en práctica por Otto a partir de 1876, el cual básicamente explica que el calor se aporta a volumen constante (Erazo, *et al*, 2004; Gobierno de Chile, 2002; Mafla, 2007). Los motores ciclo Otto trabajan con una mezcla proporcional aire y gasolina; la combustión se realiza por el salto de chispa eléctrica generada en los electrodos de la bujía. El motor de combustión interna ha mantenido hasta la fecha sus características fundamentales si bien con el paso del tiempo ha sufrido modificaciones y refinamientos convirtiéndose en una máquina altamente sofisticada y que hasta los días de hoy sigue en vías de desarrollo, los fabricantes han desarrollado sistemas de control electrónico que han sido diseñados para aprovechar en mayor porcentaje el combustible obteniendo una mayor potencia y consecuentemente la reducción de emisiones contaminantes. A pesar de todo estos avances su eficiencia térmica es bastante baja donde apenas un 30% de la energía térmica del combustible pueden convertirse en energía mecánica, el resto se pierde en forma de calor transferidos a través de la cámara, o en los gases de escape que son evacuados del interior de la

cámara de combustión hacia el exterior a través del sistema de escape por lo que se hace indispensable que exista un buen sistema de enfriamiento que permita mantener la temperatura a niveles de funcionamiento que garantice la durabilidad del motor. Dentro de los elementos importantes del motor de combustión interna se tiene: cámara de combustión, que es el espacio remanente entre la parte superior del pistón cuando este se encuentra en el punto muerto superior y la culata o tapa de cilindros, es la parte fundamente del motor, puesto que en su interior se realizan los procesos de combustión. El cilindro, que es un compartimento cerrado herméticamente en el cual se desliza el pistón comprimiendo la mezcla gasolina y aire. El pistón, es el que se desplaza en el interior del cilindro en línea recta, continua y recíprocante desde el punto muerto inferior y superior encargado de transmitir la potencia a la biela. La biela, que es la encargada de transmitir la energía mecánica al cigüeñal convierte el movimiento rectilíneo del cilindro en circular y así girar en movimientos continuos. El cigüeñal, que está hecho de acero posee una gran resistencia mecánica a la torsión. El árbol de levas, se encuentra localizado en la cabeza o parte superior del motor, también denominada culata de cilindros, encargado de regular la apertura de las válvulas de admisión y de escape (Obert, 1996; Reinoso, 2002).

La relación aire combustible es la relación estequiométrica para que la combustión sea completa y por lo tanto, teóricamente para 1gr de gasolina son necesarios 14,7 gr de aire (Alegría, 2005; Blanco, 2008; Gamas, 2002). Los productos de la combustión completa son CO_2 , H_2O y N_2 .

Estos gases son considerados no contaminantes pero debido al incremento desmesurado del CO₂ es considerado como gas efecto invernadero. En la mayoría de los casos y por diversos factores que influyen en la quema del combustible se da lugar a una combustión incompleta o real en la cual se emiten los mayores contaminantes atmosféricos. En este proceso se obtienen gases contaminantes como: Monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado (MP), sulfuro de hidrógeno (H₂S), (SO₂), entre otros. Además de CO₂ y vapor de agua.

Factor Lambda, se define como la relación entre la cantidad de aire necesario para producir una combustión completa, en relación estequiométrica y la cantidad de aire real que aspira el motor (Muñoz, 2006; Ordonez, 2003; Gonzales, 2002). Durante el funcionamiento del motor el factor lambda debe variar dentro de unos límites máximo y mínimo establecidos ya que el motor no puede estar alimentado constantemente con una mezcla en relación estequiométrica teórica, esto es lambda igual a 1, puesto que en estas condiciones el motor no proporciona ni su potencia máxima ni el máximo rendimiento térmico. El factor lambda se conoce mediante una sonda de oxígeno instalado en la salida del escape del motor.

Sistema de control de emisiones, es el conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Los sistemas de control de emisiones vehiculares son todas aquellas tecnologías que han sido desarrolladas para reducir los elementos contaminantes producidos por los automóviles en el proceso de combustión, dichos sistemas son instalados en los motores en una determinada ubicación dependiendo de la función que vayan a cumplir, con esto se pretende reducir de forma significativa los elevados niveles de contaminantes contenidos en los gases de escape y que atiendan las normas internacionales según la Tabla 1.

Tabla 1. Normas Europeas sobre emisiones vehiculares ligeros < 1305 kg

Tipo	Fecha	CO, %	HX, ppm
Gasolina			
EURO I	Octubre 1994	2.72	-----
EURO II	Enero de 1998	2.2	-----
EURO III	Enero de 2000	2.30	200
EURO IV	Enero de 2005	1.0	100
EURO V	Septiembre de 2010	1.0	75

Fuente: Portilla A., 2005.

El presente trabajo pretende evaluar el desempeño de un nuevo catalizador formado por monolitos de cordierita de magnesio (2MgO, 2Al₂O₃, 5SiO₂) con una estructura parecida a un panal de abejas (Hubert, *et. al.* 1997). En la superficie de la cordierita se aplica una película del nanocompuesto que contiene el catalizador de La₂O₃/Zn/Na. En anteriores trabajos (Hubert, *et. al.* 1997, 1998, 2001) se observó que estos nanocompuestos poseen una buena actividad selectividad y capacidad de auto-regenerarse "*in situ*". Son químicamente estables y su actividad catalítica se inicia a partir de 250°C y en estas condiciones se logra disminuir entre 95-99% la concentración de las emisiones.

PARTE EXPERIMENTAL

El desarrollo de una tecnología de pruebas para evaluar los nuevos convertidores catalíticos permitirá comprobar que éstos se encuentren funcionando adecuadamente. Esto puede lograrse al realizar la comparación entre las concentraciones de los gases que ingresan al convertidor catalítico y los valores que salen, obteniéndose un porcentaje de reducción que en buenas condiciones de operación reduce aproximadamente un 90% las emisiones contaminantes. La vida útil de un convertidor catalítico es de 80.000 km, siendo este un valor referencial. Existen dos maneras de realizar pruebas de emisiones contaminantes, como son: pruebas en banco y pruebas en ruta.

Las pruebas en banco, consta de dos maneras, como son: con dinamómetro de banco y con dinamómetro de rodillos. El dinamómetro en banco permite evaluar la calidad de ensamble del motor. Estas pruebas permiten medir las características del motor en un dinamómetro de banco con carga y sin carga. Las pruebas para

este trabajo se realizaron en el banco de pruebas mostrado en la Figura 1 sin accionar carga en el dinamómetro.

Figura 1. Banco de pruebas con motor gasolín.

Las Figuras 2 y 3 muestran el acondicionamiento y el montaje del monolito, previamente impregnado con lantano (Neira, 2016), dentro de la capsula metálica y este en el sistema de escape del motor.

Figura 2. Acondicionamiento y montaje del monolito, impregnado con lantano, dentro de la capsula metálica de acero.

Figura 3. Instalación de la capsula metálica, con

el monolito, en el tubo de escape del motor.

La metodología de pruebas que se sigue fue utilizada para evaluar el desempeño del convertidor catalítico y tiene los siguientes pasos: preparación de equipos, ejecución de pruebas y procesamiento de datos. El primer paso consta de los siguientes equipos: banco de pruebas, analizador de gases, convertidor catalítico y sistema de adaptación de los convertidores catalíticos.

El banco de pruebas está compuesto por los siguientes equipos: El Banco propiamente dicho que presentan los siguientes elementos: motor de combustión interna (gasolín), controles de mando, palanca de cambios, interruptores de encendido y apagado, tanque de combustible, múltiple de escape, acelerador manual, botón de emergencia, control de combustible; El Dinamómetro que presentan los siguientes elementos: freno y panel de control.

2.1. Ejecución de pruebas

Se debe tener en cuenta que si las emisiones son muy altas, se deben realizar las pruebas en un ambiente abierto o bastante ventilado. En el banco de pruebas se debe revisar posibles fugas del sistema (salida de escape, motor, uniones), encender el motor del banco de pruebas. Esperar un tiempo prudencial para que alcance el equilibrio térmico. Verificar posibles fugas en el sistema de escape y demás juntas y uniones una vez que entre en funcionamiento el motor. Verificar una temperatura adecuada de funcionamiento del motor. Purgar la salida de escape al menos 3 veces.

2.2. El analizador de gases

Se debe: revisar la sonda del analizador de gases eliminando posibles depósitos y acumulación de agua. Preparar el analizador de gases. Encender el analizador de gases y esperar un tiempo prudencial para estabilizar y alcanzar el equilibrio térmico. Someter el equipo a prueba de fugas. Conectar el sensor de rpm a la primera bujía del motor. Conectar la sonda de temperatura en el tanque de aceite para determinar la temperatura de trabajo del motor. Colocar el sensor de temperatura en el orificio de la sonda de nivel de aceite, esto permite controlar la temperatura del motor durante la operación. La toma de datos se realizará cuando el motor alcance la temperatura de funcionamiento. Se

introduce la sonda en el tubo de escape.

Una vez conectado el analizador de gases al banco de pruebas se coloca el analizador en la opción "prueba de gases" y posteriormente se selecciona "diagnóstico de vehículo". Se espera un tiempo de respuesta del equipo. Se estabiliza al motor en las revoluciones deseadas. Y con la fuerza aplicada del dinamómetro se realizan las mediciones requeridas. El procedimiento se repite para cada uno de los gases en el instante antes (sin catalizador) y después (con catalizador).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los resultados en el banco de pruebas (Tablas 2 – 9) se observa una pequeña tendencia en los valores de reducción tanto de CO como de HC por lo que se hace promisorio el estudio y enfatizar en la optimización del método de impregnación y calcinación del catalizador.

La Figura 4 muestra el resultado de las emisiones de CO y que este aumenta conforme se incrementa la velocidad del motor llegando a valores superiores al 5%, con el catalizador original siendo que con el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$, que contiene 5% y 7,5% en peso de Lantano las emisiones de CO son próximos al 2% y 6% respectivamente, pero cuando el motor no tiene el sensor de oxígeno. Mientras tanto, las emisiones resultan ser menores a 1% en todos los catalizadores pero con el sensor de oxígeno conectado. La prueba estadística *T student* para muestras independientes indica que el catalizador original y el de $La_2O_3/Zn/Na$ presentan similar actividad catalítica cuando el sensor de oxígeno esta desconectado. Por el contrario cuando el sensor de oxígeno está conectado el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$ se muestra poco eficiente.

La Figura 5 muestra el resultado de las emisiones de HC y que este disminuye conforme se incrementa la velocidad del motor llegando a valores próximos a 200ppm que corresponde a la norma EURO III (Portilla, 2005) siendo que con el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$, que contiene 5% y 7,5% en peso de Lantano las emisiones de HC llegó a 203ppm y 147ppm respectivamente. La prueba estadística *T Student* para muestras independientes indica que el catalizador original y el $La_2O_3/Zn/Na$ presentan una actividad catalítica similar cuando el sensor de oxígeno esta desconectado. Por el contrario cuando el sensor de oxígeno está conectado el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$ se muestra también eficiente.

Prueba Estadística de la validez de los datos obtenidos:

Para verificar si los datos obtenidos son estadísticamente significativos se optó por realizar la prueba estadística *T-student* para eso se realiza la prueba de homocedasticidad de las muestras o sea si las muestras tienen varianzas homogéneas o heterogéneas (Box G.P., 1978; Cornell, 1995). Por lo tanto, se aplicará la prueba F para cada catalizador y luego se compararán con los datos obtenidos sin el catalizador.

Tabla 10: Prueba F de los resultados de las emisiones de CO para los dos catalizadores

	<i>Original</i>	<i>LZNa</i>
Media	3.95714	1.9385713
Varianza	1.94671	1.8350149
Observaciones	7	7
Grados de	6	6
F		1.060634
P(F<=f) una cola		0.472519
Valor crítico para F (una		4.283866

De la Tabla 10 se observa que el valor P (0.4724) de la prueba F es mayor al nivel de significancia (0,05) por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se concluye que las varianzas de los resultados de las emisiones de los dos catalizadores son iguales. Esto indica que los resultados de ambos catalizadores presentan varianzas homogéneas. Por lo tanto se aplica la prueba estadística *T-student* para varianzas homogéneas. Los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11: Prueba estadística *T-student* de las emisiones de CO para los dos catalizadores.

	<i>Original</i>	<i>LZNa</i>
Media	3.95714286	1.9385743
Varianza	1.9462574	1.8351429
Observaciones	7	7
Varianza agrupada		1.8906571
Grados de libertad		12
Estadístico t		2.7464693
P(T<=t) una cola		0.0088895
Valor crítico de t (una cola)		1.788756
P(T<=t) dos colas		0.0177789
Valor crítico de t (dos colas)		2.178828

Como el valor P (0,0177) del estadístico T es menor que el nivel de significancia (0,05) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna por lo tanto, hay diferencia estadísticamente significativa de la eficiencia catalítica entre el catalizador original del motor y el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$ con 5% y 7,5%..

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el porcentaje de emisiones de CO aumentan conforme se incrementa la velocidad del motor llegando a valores superiores al 5%, con el catalizador original siendo que con el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$, que contiene 5% en peso de Lantano las emisiones de CO son próximos al 2%, pero cuando el motor no tiene el sensor de oxígeno. Cuando la concentración de Lantano es de 7,5% la eficiencia llega 7% de remoción de CO y 32% de remoción de HC. La prueba estadística *T student* para muestras independientes indica que el catalizador original y con el de $La_2O_3/Zn/Na$ presentan una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la eficiencia catalítica. Por el contrario cuando el sensor de oxígeno está conectado el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$ se muestra poco eficiente. Por otro lado las emisiones de HC disminuyen llegando a valores próximos a 200ppm que corresponde a la norma EURO III siendo que con el catalizador de $La_2O_3/Zn/Na$, que contiene 7,5% en peso de Lantano las emisiones de HC llegó a 147ppm lo que demuestra un buen desempeño. Se está trabajando en mejorar la adherencia catalizador-monolito.

AGRADECIMIENTOS

A FINCyT por el financiamiento otorgado para el desarrollo de la investigación. Y también por apoyar la investigación en el Perú. Al Ingeniero Jorge Ponce Galiano por el diseño, montaje y puesta en marcha del banco de pruebas del motor Instalado en el Instituto de Motores de la Universidad Nacional de Ingeniería.

REFERENCIAS

1. Erazo, A.; Moreno, V. "Técnicas para mejorar el funcionamiento de los motores a gasolina en la altura". Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico. EPN, Quito, Ecuador, **2004**.
2. Gobierno de Chile, "Informe técnico programa experimental convertidor de oxidación", Centro de control y certificación vehicular, Chile, **2002**.
3. Alegría, J., "Emisiones de gases", www.mailxmail.com/emisiones.pdf, **2005**.
4. Blanco, J. "Catálisis para la protección ambiental", Instituto de Catálisis y Petroquímica, España, **2008**.
5. Gamas, L. Díaz & I. Schifter, "Métodos de evaluación de convertidores catalíticos" 2002, <http://www.subtrans.cl/subtrans/doc/3cv-InformeTecnico14.doc>
6. Gonzales, J. et. al. "Catálisis automóvil y medio ambiente", facultad de ciencias, Universidad del País Vasco, Bilbao, **2002**.
7. Mafla, M.; Ortiz, M. "Metodología para certificar la calibración de analizadores de gases y opacímetros". Proyecto de titulación previo obtención del título de Ingeniero Mecánico, EPN, Quito, Ecuador. **2007**.
8. Portilla A., "Los materiales en el control de emisiones contaminantes". Escuela Politécnica Nacional – Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito – Ecuador. **2005**.
9. Muñoz, Edgar; Molina Miguel. "Desarrollo de un método para determinar los factores de emisiones de vehículos livianos a gasolina. Quito. Proyecto de titulación a la obtención del título de Ingeniería Química. EPN, Quito. Ecuador, 2000.
10. Obert, E, " Motores de Combustión Interna ", Editorial Continental, México. 1996.
11. Reinoso, A; Centro de Control y Certificación Vehicular,, "Informe Técnico Programa Experimental Convertidor Catalítico". **2002**. <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/Monografias1998/A4-115.pdf>.
12. Neira Guido, Ariatna, Y., A., Gómez Cuaspud, Jairo A., & Vera López, Enrique, "Síntesis y caracterización de una perovskovita simple del tipo $La_{0.8}Sr_{0.2}CrO_3$ ". Revista de Ciencia, 20(1), 70 – 94. 2016.
13. Ordoñez, Freddy. "Manual de procedimientos de calibración de equipos medidores de presión". Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico. EPN, Quito. Ecuador, **2003**.
14. Box, G.E.P.; Hunter, W.G.; HUNTER, J.S. Statics for Experimental: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building. N.Y. **1978**.
15. Cornell, J.A How to apply response surface methodology in The ASQC Basic

Reference in Quality Control: statical techniques. Shapiro, S.S., & Mykyhta E.F. (eds.) American Society for Quality Control, Milwaukee, WI, EUA. 1990., IPEN/CNEN-SP). **1995.**

16. Hubert Augusto A. Alvarez, Geraldo Vicentini, Paulo Celso Isolini, Spectroscopy study of complex of Trifluorometanossulfonates of Lanthanides with ϵ -Caprolactam doping with Európio, in XXXVII Congresso Brasileiro de Química. Natal 28 set. a 03 oct. 1997.

17. Hubert Augusto A. Alvarez, Jivaldo do Rosario Matos e Geraldo Vicentini, Termogravimetric study of Complexes of Trifluorometanossulfonates of Lanthanides with ϵ -Caprolactama. In XXXVII Congresso Brasileiro de Química. Natal, 28 set. a 03 oct. 1997.

18. Hubert Augusto A. Alvarez, Maria Irene Yoshida, Geraldo Vicentini, Kinetic of degradation of Trifluorometanossulfonates of Lanthanides(III). In I Congresso Brasileiro de Analise Térmica e Calorimetria Associação Brasileira de Analise Térmica e calorimetria ABRATEC Poço de Caldas- MG, 29 março a 02 abril, 1998.

19. Hubert Augusto A. Alvarez, Graciele Duarte, Maria Irene Yoshida, Geraldo Vicentini, Study of Kinetic of Decomposition isothermal of $\text{Er}(\text{SO}_3\text{CF}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, in 24ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química-SBQ Poço de Caldas-MG, 28 a 31 maio, 2001.

Figura 4: Resultado de las emisiones de CO del motor ANZ1 gasolinero sin catalizador y con los catalizadores original, catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ al 5% y 7,5% de Lantano.

Figura 5: Resultado de las emisiones de HC del motor ANZ1 gasolinero sin catalizador y con los catalizadores original, catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ al 5% y 7,5% de Lantano.

Tabla 2: Resultados de las emisiones del motor sin catalizador y con el sensor de oxígeno desconectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O ₂ , %V
730	90	85	1.028	2.86	380	2.09
1013	90	82	1.004	3.38	467	2.03
157	98	90	1.124	0.49	296	2.23
2071	98	90	1.046	1.45	231	1.57
2599	110	100	0.967	3.45	252	1.34
3013	120	110	0.913	4.46	265	0.91
3559	130	120	0.874	5.36	244	0.61

Tabla 3: Resultados de las emisiones del motor sin catalizador y con el sensor de oxígeno conectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O ₂ , %V
726	148	141	1.136	0.62	296	2.09
1057	141	138	1.143	0.67	342	2.03
1511	142	140	1.105	0.69	298	2.23
2070	150	143	1.091	0.79	186	1.57
2572	152	150	1.086	0.78	155	1.34
3073	160	158	1.060	0.83	132	0.91
3449	173	168	1.041	0.88	105	0.61

Tabla 4: Resultados de las emisiones del motor con catalizador original y con el sensor de oxígeno desconectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O ₂ , %V
740	120	130	0.965	2.30	907	1.07
1043	120	140	0.953	2.74	652	0.92
1523	120	140	0.949	2.69	460	0.74
2054	130	140	0.888	4.98	493	0.78
2517	140	150	0.913	4.25	466	0.82
3006	150	151	0.892	4.77	305	0.56
3535	170	170	0.854	5.97	194	0.29

Tabla 5: Resultados de las emisiones del motor con catalizador original y con el sensor de oxígeno conectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO %V	HC, ppm	O2, %V
730	150	180	1.075	0.02	143	1.23
1020	150	182	1.063	0.01	91	1.02
1548	155	185	1.043	0.01	75	0.72
2018	180	185	1.047	0.01	25	0.74
2533	180	190	1.057	0.04	13	0.90
3013	190	200	1.036	0.04	9	0.58
3523	195	205	1.019	0.05	8	0.32

Tabla 6: Resultados de las emisiones del motor con catalizador La/Zn/Na al 5% de Lantano y con el sensor de oxígeno desconectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O2, %V
742	150	95	1.035	2.77	478	2.22
1024	150	95	0.998	2.85	362	1.61
1539	155	100	1.205	0.37	132	3.10
2032	155	105	1.148	0.43	118	2.42
2528	155	105	1.052	1.03	122	1.39
3023	160	105	0.972	2.22	142	0.74
3548	170	115	0.907	3.90	157	0.46

Tabla 07: Resultados de las emisiones del motor con catalizador La/Zn/Na al 5% de Lantano y con el sensor de oxígeno conectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO %V	HC, ppm	O2, %V
724	190	150	1.147	0.65	316	2.62
1072	190	150	1.098	0.71	310	2.00
1524	190	150	1.087	0.73	271	1.83
2001	190	145	1.076	0.88	164	1.69
2551	190	145	1.061	0.88	141	1.46
3039	195	150	1.037	0.91	116	1.10
3543	205	155	1.031	0.93	103	1.01

Tabla 8: Resultados de las emisiones del motor con catalizador La/Zn/Na al 7,5% de Lantano y con el sensor de oxígeno desconectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O2, %V
720	150	130	0.94	3.242	300	1.24
1000	160	130	1.576	1.532	180	1.72
1500	175	142	0.97	2.031	303	0.97
2000	180	142	0.876	5.178	327	0.85
2500	180	145	0.731	10.53	472	0.86
3000	185	148	0.741	9.599	376	0.52
3500	190	150	0.79	7.841	293	0.31
4000	200	159	0.823	6.301	236	0.24

Tabla 9: Resultados de las emisiones del motor con catalizador La/Zn/Na al 7,5% de Lantano y con el sensor de oxígeno conectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO %V	HC, ppm	O2, %V
720	150	130	1.08	0.495	274	2.25
1000	150	131	1.04	0.509	162	1.50
1500	151	131	1.06	0.565	174	1.82
2000	151	131	1.04	0.763	186	1.54
2500	160	130	1.03	0.756	125	1.31
3000	180	131	1.01	0.785	91	0.91
3500	190	138	1.01	0.853	87	0.93