

La performance du gaz de pétrole liquéfié (GPL) en comparaison avec l'essence commerciale (Magna) dans un moteur à allumage commandé, à 2240 m (México)

¹Rogelio Gonzalez , ¹Francisco Gonzalez, ²Esteban Barrios , ²Israel Martines , ³William Vicente ,
³Santos Mendez

Univ. Nal. Autónoma de México (UNAM), Facultad de Ingeniería, Av. Universidad 3000, Col. Copilco Universidad, C. P. 04510 México D. F. tel. (55)56228103, fax (55)56228106

¹Laboratorio de Control de Emisiones, rog195@servidor.unam.mx

²Departamento de Termofluidos, ³Instituto de Ingeniería.

Abstract

*The working team of the Laboratory of Control of Emissions of the Autonomous National University of Mexico have realized a study, which shows the diverse compounds that are formed in an internal combustion engine, in the combustion chamber and even, products of chemical reactions that happen during the escape process and chemical reactions at the environment. This work was realized on an engine with carburettor, using 2 of the fuels of most demand in Mexico City: the gasoline **Magna** and the **liquid petroleum gas (LPG)**. Of simultaneous form to these measurements, it was developed the torque's curve with each of these fuels, to know as these fuels affect the engine performance.*

The Mexican Institute of the Petroleum supported this study by measuring (by chromatography, fig. 2) the concentration of compounds formed in the samples of exhaust gas of each of the fuels.

Key-words: liquefied petroleum gas, liquefied gas, fuel – torque

1. Objectifs

Les objectifs principaux ou les plus importants de cette étude sont les suivants :

1. Connaître les composés chimiques principaux qui se forment après avoir utilisé les combustibles, du gaz de pétrole liquéfié (GPL) et l'essence Magna Pemex, qui sont les plus demandés au Mexico.
2. Comparer quelques des prestations du moteur avec chacun de ces carburants.

2. Matériel utilisé

Pour développer ces activités on a utilisé un banc moteur avec un dynamomètre de marque CLAYTON (modèle A-31050 de la série CAM-250-10456) dont la capacité maximale est de 187 kW (250 Cv) à 8000 t/mn. Le moteur testé est un Ford, modèle 1989, à carburateur, refroidi par eau, quatre cylindres en ligne, une cylindrée totale de 2309 cm³, il a une course de 8.4 cm, un diamètre de piston de 9.35 cm, une puissance maximale de 75 kW (100 Cv) à 5000 t/mn, un Couple maximale de 163 N.m (120 lb*ft) @ 3400 rpm et un rapport de compression de 9:1. Pour mesurer le débit de GPL nous utilisons un débitmètre ProBar de marque Dieterich Standard.

Pour mesurer la consommation du carburant liquide (l'essence Magna), nous utilisons un débitmètre ABB K-Flow, un mesureur gravimétrique type Coriolis. Il mesure le débit de masse directement, en utilisant l'effet du poids du fluide conforme le traversant. C'est une mesure très exacte (0.2 - 0.5 % d'erreur) qui est indépendante des variations de la densité, la viscosité, le profil de vitesses, la pression et la température. Par ailleurs, comme le mesureur de flux Coriolis n'a pas de parties à mouvement, sa maintenance est facile et il ne requiert pas de calibrage fréquent.

3. Développement

Pour diluer les gaz d'échappement avec l'air atmosphérique propre, et prendre quelques échantillons dans des sacs tedlar, un tunnel de dilution a été construit comme le montre la figure 1, en utilisant un turbo-souffleur, une pompe de vide et des mesureurs de débit, pour enregistrer chacun des débits et pour calculer la masse de chaque composé qui est émis dans l'atmosphère. La concentration de chaque composé donnée par les chromatogrammes servira à calculer la masse émise, comme les équations suivantes le montrent [3] :

$$\text{Le débit total à la chambre est : } \dot{m}_a + \dot{m}_e = \dot{m}_s + \dot{m}_d \quad [kg]$$

$$\text{Et dont les débits respectifs sont : } q_a + q_e = q_s + q_d \quad [m^3]$$

Où les indices indiquent :

- a l'air de dilution
- e le gaz d'échappement brut
- s échantillon du gaz dilué
- d le gaz dilué pas échantillon

Avec ces équations, on peut estimer les relations linéaires entre le débit de masse et le débit volumétrique, et calculer les débits totaux et spécifiques de chaque polluant.

$$\dot{M}_i = \left(\frac{(\dot{m}_d)(q_s + q_e)}{q_s q_d} \right) \left(\frac{\dot{m}_{comb} + \dot{m}_{air}}{\rho_{g.e.}} \right) \quad \left[\frac{mg}{s} \right]$$

Où $\rho_{g.e.}$ c'est la densité du gaz d'échappement.

$$E_i = \dot{M}_i \left(\frac{3600}{Potencia} \right) \quad \left[\frac{mg}{kW-h} \right]$$

En ce qui concerne les adaptations qui ont été faites au moteur, pour utiliser les 2 combustibles, un régulateur de GPL diminue la pression du gaz, pour mélange avec l'air, et il passe aussi pour un échangeur de chaleur, en acquérant une part de l'énergie que dissipe l'eau de refroidissement du moteur, pour garantir un flux constant et une phase gazeuse homogène[4].

4. Résultats et conclusions

Comme on peut le voir dans les tables suivantes (1 - 4) le nombre de composés chimiques qui se forment par combustion de l'essence Magna, est beaucoup plus grand que ceux formés par le GPL, principalement du ralenti. Les trois conditions d'opération du moteur, choisis pour quantifier les émissions de chaque type de combustible, ne sont pas représentatives des conditions d'opération du moteur, ni du parc de véhicules, parce que les résultats sont simplement indicatifs et en aucune façon concluants. Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) présente des émissions élevées de propane, ce qui est un indicateur d'une mauvaise combustion, cependant en général c'est un combustible plus propre que l'essence, qui émet certains des composés chimiques à l'atmosphère. En ce qui concerne les émissions spécifiques, celles-ci elles sont très basses grâce au bas rendement volumétrique du moteur quand il utilise ce combustible. Les figures 3 et 4 montrent les courbes de la Couple développé par le moteur testé, en utilisant l'un et l'autre carburant respectivement, et une diminution significative est trouvée après avoir utilisé du GPL. Cette situation découle de ce qu'un bon remplissage n'existe pas dans les cylindres du moteur c'est-à-dire le rendement volumétrique baisse notablement quand le combustible gazeux, GPL, est utilisé.

A moyenne et pleine charges, quand l'un emploie de l'essence Magna il y a une diminution substantielle de la quantité d'éléments chimiques qui sont émis à l'atmosphère ; cependant, après avoir employé du GPL il présentent de grands avantages, tant pour les émissions totales, que pour les émissions spécifiques. Pour ces conditions de test il devient évident que les combustibles gazeux s'emploient avec un rapport air/carburant pauvre, ce qu'implique la réduction de carburant, et par conséquent une émission moindre de CO₂.

Références

- 1- Kenneth Wark. (1998) Termodinámica. McGraw Hill, 4ta Ed., México.
- 2- López, Santiago.(2000) Utilización de combustibles alternativos en un motor de encendido provocado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, UNAM. México.
- 3- González Oropeza R., Romero López A. F. (1994), Particulate Matter Emissions, Analysis by Means of a Sampling Sonde Technique, SAE Technical paper series. Paper No 940741, Detroit USA.
- 4- González Oropeza R., Rincón Gómez P.I., Godínez Rosales R.,(2003) Monitoreo de vehículos a gas para transporte público, XI Congreso Anual Sociedad Mexicana de Instrumentación México, D.F.
- 5- BROWN Theodore (1988); Química: La Ciencia Central, 3ª Ed., México, Pag. 379.
- 6- Frank M. White (1988). Mecánica de fluidos. McGraw Hill. México.
- 7- Variant (2000), Chromatography and Spectroscopy Supplies, USA, Pags. 37-42
- 8- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México www.semarnat.gob.mx
- 9- Ministerio de ciencia e investigación, España, www.ciemat.es
- 10- Petróleos Mexicanos (PEMEX), www.pemex.com

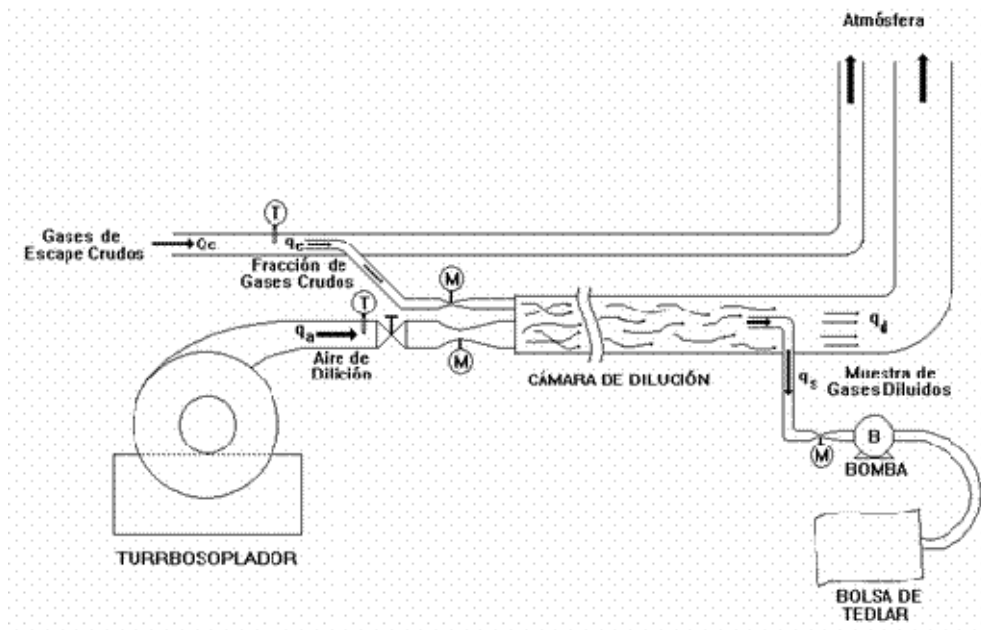


Figure 1 : Les Composants du Système de Dilution



Figure 2 : Laboratoire de Chromatographie de l'Institut Mexicain du Pétrole

Table 1. Composés émis du ralenti en utilisant du GPL

Prueba 1.1		Combustible: GPL	Modo: Ralenti		
No	Elemento	Concentración	Masa Diferencial del Contaminante	Emisión Total del Contaminante	Emisión Específica del Contaminante
1	METANO	2.875	3.3337865148E-04	1.284.154	180.88
2	ETILENO	6.388	7.9612088250E-04	3.066.607	431.95
3	ACETILENO	0.8	9.9702026012E-05	384.046	54.09
4	ETANO	2.536	3.1605542436E-04	1.217.426	171.48
5	PROPIENO	7.434	9.2648108729E-04	3.568.747	502.67
6	PROPANO	179.882	2.2393324432E-02	86.257.689	12.149.80
7	iC4	27.316	3.4043256967E-03	13.113.250	1.847.06
8	nC4	81.944	1.0212478580E-02	39.337.830	5.540.92
9	iC5	6.825	8.1319465466E-04	3.132.375	441.21
TOTAL		316.3	3.9296081239E-02	161.362.126	21.320.07

Table 2. Composés émis à charge moyenne en utilisant du GPL

Prueba 1.2		Combustible: GPL	Modo: Media Carga		
No	Elemento	Concentración	Masa Diferencial del Contaminante	Emisión Total del Contaminante	Emisión Específica del Contaminante
1	METANO	2.557	3.1697828254E-04	130.266	74.05
2	ACETILENO	5.736	7.1106274099E-04	292.219	166.12
3	PROPANO	13.74	1.7032779049E-03	699.980	397.92
4	iC4	2.216	2.7470624721E-04	112.893	64.18
5	nC4	5.316	6.5689747750E-04	270.822	153.95
TOTAL		29.565	3.6650226528E-03	1.508.181	856.21

Table 3. Composés émis à plein charge en utilisant du GPL

Prueba 1.3		Combustible: GPL	Modo: Plena Carga		
No	Elemento	Concentración	Masa Diferencial del Contaminante	Emisión Total del Contaminante	Emisión Específica del Contaminante
1	METANO	2.377	2.9584985298E-04	130.266	55.53
2	ETILENO	5.402	7.9679947271E-04	350.848	149.56
3	ACETILENO	0.542	6.7457874760E-05	29.703	12.66
4	ETANO	1.144	1.4238341098E-04	62.694	26.73
5	PROPILENO	7.563	9.4128672106E-04	414.474	176.68
6	PROPANO	34.845	4.3368443659E-03	1.909.605	814.02
7	iC4	5.896	7.3382219480E-04	323.118	137.74
8	nC4	15.068	1.8755787027E-03	825.769	352.01
9	iC5	2.015	2.5078896244E-04	110.428	47.07
TOTAL		75.852	9.4406175577E-03	4.158.905	1.771.99

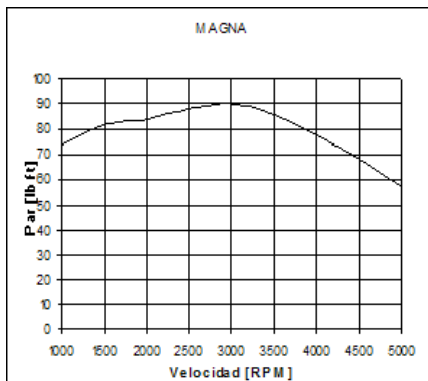


Figure 3. Courbe du Couple avec Essence Magna

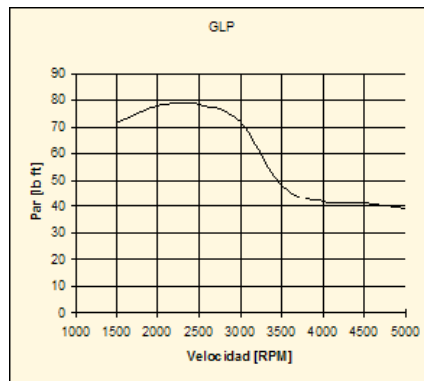


Figure 4 : Courbe du Couple avec Gaz GPL

Table 4 : Composés émis au ralenti, en utilisant l'essence Magna

Prueba 2.1		Combustible: Magna		Modo: Ralenti	
No	Elemento	Concentración	Masa Diferencial del Contaminante	Emisión Total del Contaminante	Emisión Específica del Contaminante
1	METANO	20.853	2.5053135703E-03	1.626.774	1.227.12
2	ETILENO	22.148	2.6608969910E-03	1.727.799	1.303.33
3	ACETILENO	62.908	7.5578701423E-03	4.907.549	3.701.90
4	ETANO	2.998	3.6018462972E-04	233.879	178.42
5	PROPILENO	9.735	1.1695789427E-03	755.442	572.87
6	PROPANO	1.062	1.2759041920E-04	82.848	62.49
7	IC4	3.076	4.4104006000E-04	280.770	210.32
8	i-BUTILENO	8.284	9.9285049388E-04	644.687	488.31
9	BUTENO-1	3.216	3.8837560674E-04	250.885	189.25
10	13-BUTADIENO	3.558	4.2723368354E-04	277.409	209.28
11	nC4	21.272	2.5558529184E-03	1.856.461	1.251.78
12	i-BUTENO-2	3.872	4.6518942104E-04	302.061	227.85
13	23DMC3	2.625	3.1531179887E-04	204.780	154.47
14	o-BUTENO-2	3.9	4.6855238890E-04	304.245	229.50
15	12-BUTADIENO	2.324	2.7920916594E-04	181.299	138.76
16	3M-BUTENO-1	1.488	1.7877075685E-04	116.081	87.56
17	IC5	133.89	1.6086763867E-02	10.444.963	7.878.93
18	PENTENO-1	5.77	6.9321724934E-04	460.126	339.54
19	2M-BUTENO-1	3.47	1.1377413087E-03	738.769	567.27
20	nC5	67.335	8.0897371723E-03	5.262.908	3.962.41
21	ISOPRENO	7.14	8.5781129294E-04	557.002	420.16
22	i-PENTENO-2	14.86	1.7853047357E-03	1.155.251	874.46
23	o-PENTENO-2	7.925	9.5211247851E-04	618.241	468.38
24	2M-BUTENO-2	19.61	2.3559775146E-03	1.525.806	1.153.98
25	o-13-PENTADIENO	5.275	6.3374713889E-04	411.511	310.41
26	23DMC4	34.896	4.1924625880E-03	2.722.290	2.053.50
27	4M-PENTENO-1	2.484	2.9843182790E-04	193.781	146.17
28	CYC5	10.356	1.2441967997E-03	807.887	609.41
29	23DMC4	44.67	5.3667269546E-03	3.484.775	2.628.66
30	3MC5	98.088	1.1781452965E-02	7.651.991	5.772.11
31	O6 (3)	2.748	3.3014922031E-04	214.376	161.71
32	MTBE	47.628	5.7221059188E-03	3.715.533	2.802.73
33	3MC5	55.806	6.7046242316E-03	4.353.511	3.283.98
34	O6 (5)	5.016	6.0263045453E-04	391.306	295.17
35	HEXENO-1	3.66	4.3971839388E-04	285.522	215.38
36	nC6	42.432	5.0978499899E-03	3.310.185	2.498.97
37	O6 (6)	4.512	5.4207906915E-04	351.968	265.51
38	i-HEXENO-2	7.326	8.8015783754E-04	571.512	431.11
39	2M-PENTENO-2	8.28	9.9477275988E-04	645.935	487.25
40	O6 (9)	6.61	6.7759893844E-04	439.995	331.89
41	o-HEXENO-2	3.738	4.4908944180E-04	291.807	219.97
42	23DMC5	7.819	9.3938746491E-04	605.972	460.12
Prueba 2.1		Combustible: Magna		Modo: Ralenti	
No	Elemento	Concentración	Masa Diferencial del Contaminante	Emisión Total del Contaminante	Emisión Específica del Contaminante
43	MCYC5	32.347	3.8862215586E-03	2.523.439	1.903.50
44	24DMC5	51.898	6.2351107116E-03	4.048.642	3.054.00
45	BENCENO	47.85	5.7487773623E-03	3.732.851	2.815.79
46	CYC6	14.728	1.7694460396E-03	1.148.954	866.89
47	2MC6 v 23DMC5	88.018	1.0574626864E-02	6.866.418	5.179.53
48	3MC6	28.791	3.4589978901E-03	2.248.030	1.694.24
49	o-13DM CYC5	7.889	9.4779737955E-04	615.433	464.24
50	i-13DM CYC5	5.292	6.3578954663E-04	412.837	311.41
51	i-12DM CYC5 v 3EC5	9.149	1.0991758430E-03	713.727	538.38
52	224T MC5	241.432	2.9006035985E-02	18.834.478	14.207.37
53	nC7	21.791	2.6180064264E-03	1.899.949	1.282.32
54	MCYC6	25.336	3.0439080319E-03	1.976.500	1.490.93
55	ECYC5 o 223TMC5	8.944	8.3428353196E-04	541.712	408.83
56	25DMC6 v 223TMC5	44.584	5.3583947737E-03	3.478.066	2.623.60
57	24DMC6 o 223TMC5	32.344	3.8858611287E-03	2.523.205	1.903.32
58	234T MC5	104.968	1.2611027423E-02	8.188.713	6.176.98
59	TOLUENO	209.462	2.5187510542E-02	16.342.010	12.327.23
60	23DMC6	26.632	3.1996120943E-03	2.077.603	1.567.19
61	2MC7	20.984	2.5210521248E-03	1.836.994	1.234.83
62	3MC7	26.152	3.1419441083E-03	2.040.157	1.538.95
63	225T MC6	29.754	3.5748942871E-03	2.321.155	1.750.91
64	nC8	35.388	4.2491694441E-03	2.759.112	2.081.27
65	ETILBZ	48.04	5.7718042735E-03	3.747.674	2.826.97
66	m-XILENO	71.728	8.6175193885E-03	5.595.610	4.220.93
67	p-XILENO	37.872	4.5500941017E-03	2.954.452	2.228.83
68	4MC8	11.286	1.3559185227E-03	880.438	664.14
69	2MC8	14.364	1.7257144834E-03	1.120.558	845.27
70	3MC8	17.883	2.1484929064E-03	1.395.080	1.052.35
71	o-XILENO	38.28	4.5990218899E-03	2.986.281	2.252.64
72	nC9	34.146	4.1023563598E-03	2.663.781	2.009.38
73	IC3BZ	9.504	1.1418261244E-03	741.422	559.27
74	nC9BZ	14.94	1.7949160667E-03	1.185.492	879.16
75	1M3EBZ (METOL)	34.227	4.1120878324E-03	2.670.100	2.014.13
76	1M4EBZ (PETOL)	15.831	1.9019922669E-03	1.235.000	931.60
77	23DMC8	18.08	2.1721608090E-03	1.410.448	1.063.94
78	4MC9	7.73	9.2869485916E-04	603.029	454.88
79	1M2EBZ (OETOL) v 2MC9	19.99	2.4016313370E-03	1.559.450	1.176.34
80	124T MBZ	2.439	2.9302545427E-04	190.270	143.53
81	nC10	20.75	2.4929389816E-03	1.618.739	1.221.06
82	123T MBZ	4.077	4.8961745677E-04	318.053	239.92
	TOTAL	2363.171	2.8391523403E-01	184.354.567	139.063.80