



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER EN**

**PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICAS**

**TESIS:**

**EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA PANTONE  
EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE POTENCIAS  
ENTRE 0,5 Y 5 *kW***

**Autor: Ingeniero Electromecánico Darwin Giovanny Tapia Peralta**

**Director: Ing. Thuesman Estuardo Montaña Peralta, Mg. Sc.**

**Cuenca, Septiembre de 2012**

**Ecuador**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## **RESUMEN**

El trabajo muestra un diseño tecnológico para ahorrar combustible mediante un Sistema Pantone acoplado a los *motores de Combustión Interna*. La Memoria consta de cuatro capítulos. En el capítulo I, se establece una recopilación informativa sobre los motores de combustión interna a nivel Internacional, nacional y local. El segundo capítulo trata sobre las experiencias realizadas sobre el sistema pantone o procesador *GEET*, tratando de sistematizar toda la información para su posterior construcción y ejecución de experimentos. En el capítulo III se muestra la realización de los experimentos agrupados en 6 procesos experimentales, los cuales tienen una secuencia lógica para el mejor registro de los datos. Y el último capítulo, se efectúa el análisis de los datos, la discusión de resultados y finalizando con las conclusiones y recomendaciones. Los anexos contienen los planos respectivos de los modelos experimentales, así como de las hojas de datos que emiten los aparatos de medida.

**Palabras Clave:** Eficiencia, Motor Pantone, Reactor.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>9</b>
<b>RECONOCIMIENTOS</b>	<b>10</b>
<b>PENSAMIENTO</b>	<b>11</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>12</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>15</b>
<b>Simbología</b>	<b>17</b>
<b>Introducción</b>	<b>18</b>
<b>I. Capítulo: ANALISIS CRÍTICO DE LAS FUENTES</b>	<b>24</b>
1.1 Papel del motor de combustión interna MCI a nivel mundial	24
1.2 Papel del motor de combustión interna en Ecuador	30
1.3 Papel de los motores de combustión interna de baja potencia	32
1.4 Estructura y funcionamiento de los motores de combustión interna	34
1.4.1 Máquinas: Concepto y Clasificación	34
1.4.2 El Motor de Combustión Interna (MCI)	35
1.4.2.1 Generalidades	35
1.4.2.2 Clasificación según el tipo de Encendido	35
1.4.2.1 Estructura y Funcionamiento	36
1.4.2.2 Clasificación de los Motores según los Ciclos o Tiempos de Trabajo	39
1.4.2.2.1 Motor de 4 tiempos	39



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.4.2.2.2	Motor de dos tiempos	43
1.4.3	Características principales de los motores	43
1.4.3.1	Par motor	44
1.4.3.2	La Potencia	44
1.4.3.3	Consumo específico de combustible	45
1.5	Conclusiones del capítulo	45
<b>II.</b>	<b>Capítulo: SISTEMA PANTONE</b>	<b>48</b>
2.1.	Introducción	48
2.2.	Historia del sistema Pantone	48
2.3.	Fundamentos del sistema Pantone	56
2.4.	Experiencias y Rendimientos obtenidos con el sistema Pantone	60
2.5.	Conclusiones del capítulo	70
<b>III.</b>	<b>Capítulo: EVALUACION EXPERIMENTAL DEL SISTEMA PANTONE</b>	<b>71</b>
3.1.	Introducción	71
3.2.	Equipos e Instrumentación Técnica disponible para la Investigación.	71
3.3.	Diseño Técnico de los prototipos Pantone y acople al motor de Combustión Interna	76
3.3.1	Materiales	77
3.3.2	Construcción y montaje del sistema Pantone	78
3.3.2.1	Construcción del Reactor	79
3.3.2.2	Construcción del Burbujeador	81
3.3.2.3	Sistema de acople y montaje	82
3.4.	Fundamentación y Justificación de variables técnicas que intervienen en el sistema Pantone.	85
3.4.1.	Variables de Medición	85
3.4.1.1.	MCI Sin el Sistema Pantone	87
3.4.1.2.	MCI Con el Sistema Pantone	88



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

3.5.	Diseño estadístico de experimentos	88
3.5.1.	Diseño Experimental	89
3.5.1.1.	Planteamiento del Problema	89
3.5.1.2.	Diseño del Proceso Experimental	90
3.5.1.3.	Pruebas Aleatorias	91
3.5.1.4.	Diseño Factorial $2^k$	91
3.5.2.	Ejecución de Experimentos	93
3.5.2.1.	Proceso Experimental 1	94
3.5.2.2.	Proceso Experimental 2	98
3.5.2.3.	Proceso Experimental 3	101
3.5.2.4.	Proceso Experimental 4	106
3.5.2.5.	Proceso Experimental 5	110
3.5.2.6.	Proceso experimental 6	112
3.6.	Conclusiones del capitulo	116
<b>IV.</b>	<b>Capítulo: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>118</b>
4.1.	Análisis de los datos experimentales	118
4.1.1.	Análisis de datos del Procesador GEET A	119
4.1.2.	Análisis de datos del Procesador GEET B	136
4.1.3.	Análisis de Funcionamiento Híbrido: Carburador + GEET B	152
4.1.4.	Análisis de la Temperatura Superficial de Conductos $T_s$	163
4.2.	Potencialidades del Sistema Pantone en el sector Industrial y Residencial	167
4.3.	Conclusiones	171
4.4.	Recomendaciones	175
	<b><i>Bibliografía</i></b>	<b>178</b>
	<b><i>ANEXOS</i></b>	<b>180</b>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Darwin Giovanni Tapia Peralta, autor de la tesis "Evaluación Energética del Sistema Pantone en motores de Combustión Interna de potencias entre 0,5 y 5 kW" reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Planificación y Gestión Energéticas. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 11 de Enero de 2013

Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta

CI: 1103405526



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Darwin Giovanni Tapia Peralta, autor de la tesis "Evaluación Energética del Sistema Pantone en motores de Combustión Interna de potencias entre 0,5 y 5 kW", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 11 de Enero de 2013

Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta.

CI: 1103405526

---

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail [cdjbv@ucuenca.edu.ec](mailto:cdjbv@ucuenca.edu.ec) casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## ***DEDICATORIA***

El cumplimiento de objetivos, no se lleva a cabo por sí solo si no es por el apoyo esmerado de personas que integran en conjunto el feliz término de las metas trazadas, por ello en constancia de mi aprecio y agradecimiento quiero dedicar a mi Madre *Elvia Teresa*, quien fue la persona que siempre puntualizó con firme convicción éste desafío, desde un consejo hasta poniendo su propio esfuerzo durante el periodo de estudio.

Por otro lado también quiero dejar constancia, a mi gran cariño y amor, a la persona que me ha acompañado en este trayecto mi Esposa *Paulina Yadira*, quien ha forjado su vida y entregado con total dedicación, dando todo de sí por la felicidad y bienestar de nuestra familia.

Y por último a mi querido hijo *Darwin Rafael*, quien se ha convertido en el existir y luchar por la vida, por la alegría y dicha que cada día derrama en nuestra familia.

*Darwin*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## **RECONOCIMIENTOS**

Principalmente agradeciendo a Dios por este logro alcanzado en mi vida profesional, luego de lo cual quiero expresar mi especial Reconocimiento al Personal que labora en la Universidad de Cuenca que permitió la trascendencia de la Maestría.

Al Director de Tesis Thuesman Montaña por la acertada revisión y recomendaciones que se hicieron a la misma, que a la vez como Responsable del Centro de Energía Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Loja permitió el préstamo de los instrumentos de medición, que sin ello no hubiera sido posible la consecución y feliz culminación de la investigación.

Por último al Dr. Manuel García Renté, coordinador de la Maestría, que desde el inicio realizó un seguimiento minucioso al planteamiento y desarrollo de la investigación de la Tesis dando pormenorizadamente sus recomendaciones y análisis a las cuestiones planteadas, mi total agradecimiento por la labor cumplida.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## **PENSAMIENTO**

*"La única razón para que el tiempo exista es para que no ocurra todo a la vez."*

*Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber. "Entre las dificultades se esconde la oportunidad."*

*Albert Einstein*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.1.-</b> Primer Prototipo de Motor de combustión Interna (Étienne Lenoir) .....	24
<b>Figura 1.2.-</b> Composición de los gases de escape de motores de gasolina.....	29
<b>Figura 1.3.-</b> Producción de Electricidad en el Ecuador .....	31
<b>Figura 1.4.-</b> Demanda de Energía en el Ecuador.....	31
<b>Figura 1.5.-</b> Funcionamiento del Motor de Combustión Interna .....	35
<b>Figura 1.6.-</b> Tipos de Encendido del MCI.....	36
<b>Figura 1.7.-</b> Ciclos de Funcionamiento de un MCI de 4 tiempos .....	40
<b>Figura 2.1.-</b> Arturo Estévez Varela .....	49
<b>Figura 2.2.-</b> Arturo Estévez Varela presentando su invención.....	49
<b>Figura 2.3.-</b> Buggy construido por Stanley Meyer .....	53
<b>Figura 2.4.-</b> Paul Pantone.....	54
<b>Figura 2.5.-</b> Plano Básico del Sistema Pantone.....	57
<b>Figura 2.6.-</b> Sistema Pantone (procesador GEET) acoplado a diferentes equipos.....	60
<b>Figura 2.7.-</b> Sistema Pantone (procesador GEET) acoplado a un generador eléctrico.....	61
<b>Figura 2.8.-</b> Sistema Pantone (procesador GEET) acoplado al transporte terrestre .....	61
<b>Figura 2.9.-</b> Experiencia realizada en la Universidad Nacional de Loja sobre el Sistema Pantone .....	62
<b>Figura 2.10.-</b> Ahorrador de carburante RETROKIT© serie E. de la firma RETROKIT© SPAD© e HYPNOW©.....	64
<b>Figura 3.1.-</b> Analizador de Gases.....	72
<b>Figura 3.2.-</b> Cámara termográfica .....	73
<b>Figura 3.3.-</b> Multímetro Digital y Multímetro con Termocupla .....	73
<b>Figura 3.4.-</b> MCIbp. Grupo Electrónico de 2.5 kW.....	74
<b>Figura 3.5.-</b> Cronómetro Digital .....	74
<b>Figura 3.6.-</b> Envase para medir Volumen.....	74
<b>Figura 3.7.-</b> Instalaciones del taller Mecánico de la Universidad Nacional de Loja .....	75
<b>Figura 3.8.-</b> Herramientas mecánicas .....	75



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Figura 3.9.-</b> Cámara Digital .....	76
<b>Figura 3.10.-</b> Reflectores cada uno de 500 W.....	76
<b>Figura 3.11.-</b> Tanque hermético de 10 l de capacidad.....	78
<b>Figura 3.12.-</b> Sistema de doble entrada para la admisión del Combustible al pistón.....	79
<b>Figura 3.13.-</b> Construcción de los reactores A, B y C. ....	80
<b>Figura 3.14.-</b> Burbujeador de 3 l de capacidad .....	81
<b>Figura 3.15.-</b> Sistema Pantone GEET A y burbujeador acoplado al MCI .....	83
<b>Figura 3.16.-</b> Sistema Pantone GEET B y burbujeador acoplado al MCI .....	84
<b>Figura 3.17.-</b> Sistema Pantone GEET B y tanque acoplado al MCI .....	85
<b>Figura 3.18.-</b> Funcionamiento en forma original de fábrica del MCI ó con carburador.....	94
<b>Figura 3.19.-</b> Curva de funcionamiento del grupo electrógeno a una carga de 1000 W .....	96
<b>Figura 3.20.-</b> Curva de funcionamiento del grupo electrógeno a una carga de 1000 W .....	97
<b>Figura 3.21.-</b> Gasolina y Agua residuales después del funcionamiento con sistema GEET A	105
<b>Figura 3.22.-</b> Aspecto del nuevo combustible originado en el burbujeador .....	106
<b>Figura 3.23.-</b> Gasolina y Agua residuales después del funcionamiento con sistema GEET B	110
<b>Figura 3.24.-</b> Funcionamiento Híbrido: Carburador + GEET A .....	111
<b>Figura 3.25.-</b> Funcionamiento Híbrido: Carburador + GEET B .....	112
<b>Figura 4.1 .-</b> Software STATGRAPHICS CENTURION XV .....	119
<b>Figura 4.2.-</b> Plan Experimental para Procesador GEET A.....	120
<b>Figura 4.3.-</b> Desfase de tiempos para Procesador GEET A .....	123
<b>Figura 4.4.-</b> Desfase de Potencias para Procesador GEET A .....	125
<b>Figura 4.5.-</b> Desfase de ppm CO para Procesador GEET A .....	126
<b>Figura 4.6.-</b> Desfase de effn para Procesador GEET A.....	127
<b>Figura 4.7.-</b> Libro de datos de Statgraphics para análisis de potencia en GEET A.....	128
<b>Figura 4.8.-</b> Superficie de respuesta estimada para la Potencia GEET A.....	131
<b>Figura 4.9.-</b> Contornos de la superficie de respuesta estimada para la Potencia GEET A .....	132
<b>Figura 4.10.-</b> Superficie de Respuesta para ppm CO GEET A.....	136
<b>Figura 4.11.-</b> Plan Experimental para el Procesador GEET B.....	137



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Figura 4.12.-</b> Desfase de Tiempos para GEET B.....	139
<b>Figura 4.13.-</b> Desfase de Potencias para Procesador GEET B.....	140
<b>Figura 4.14.-</b> Desfase de ppm CO para Procesador GEET B .....	141
<b>Figura 4.15.-</b> Desfase de Effn para Procesador GEET B .....	142
<b>Figura 4.16.-</b> Libro de datos en Statgraphics para GEET B.....	143
<b>Figura 4.17.-</b> Diagrama de Pareto de la Potencia para GEET B .....	145
<b>Figura 4.18.-</b> Superficie de Respuesta para Potencia GEET B .....	147
<b>Figura 4.19.-</b> Desfase de Tiempos para funcionamiento híbrido: Carburador + GEET B .....	153
<b>Figura 4.20.-</b> Desfase de Potencias para funcionamiento híbrido: Carburados + GEET B.....	158
<b>Figura 4.21.-</b> Desfase de ppm CO para funcionamiento híbrido: Carburados + GEET B .....	160
<b>Figura 4.22.-</b> Desfase de effn para funcionamiento híbrido: carburador + GEET B .....	161
<b>Figura 4.23.-</b> Volúmenes residuales de Agua y gasolina para el experimento 7 de la tabla 3.14 .....	163
<b>Figura 4.24.-</b> Volúmenes residuales de Agua y gasolina para el experimento 8 de la tabla 3.14 .....	163
<b>Figura 4.25.-</b> Temperaturas de entrada y salida del fluido caliente y frío en el reactor .....	164
<b>Figura 4.26.-</b> Variabilidad de Temperatura Ts para el proceso experimental Híbrido .....	166



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.1</b> Pérdidas y Rendimientos en los MCI-----	42
<b>Tabla 3.1</b> Materiales para la construcción del Reactor-----	77
<b>Tabla 3.2</b> Materiales para la construcción del Burbujeador-----	77
<b>Tabla 3.3</b> Variaciones en los reactores para las pruebas experimentales -----	80
<b>Tabla 3.4</b> Factores y Variables Respuesta en el Sistema Pantone -----	89
<b>Tabla 3.5</b> Secuencia Metodológica de Experimentación -----	90
<b>Tabla 3.6</b> Pruebas de funcionamiento del grupo electrógeno para diferentes cantidades de gasolina a una carga de Pelec = 1000 W -----	95
<b>Tabla 3.7</b> Pruebas de funcionamiento del grupo electrógeno para diferentes cantidades de gasolina -----	95
<b>Tabla 3.8</b> Observaciones evidenciadas del Proceso experimental 2 -----	99
<b>Tabla 3.9</b> Factores y Dominio Experimental para proceso experimental 3 -----	102
<b>Tabla 3.10</b> Diseño Factorial 2 <sup>2</sup> : Matriz de experimentos, Plan de Experimentación y Respuestas Medidas con el Sistema Pantone GEET A -----	104
<b>Tabla 3.11</b> Factores y Dominio Experimental para proceso experimental 4 -----	107
<b>Tabla 3.12</b> Diseño Factorial 2 <sup>2</sup> : Matriz de experimentos, Plan de Experimentación y Respuestas Medidas con el Sistema Pantone GEET B -----	109
<b>Tabla 3.13</b> Factores y Dominio Experimental para proceso experimental 6 -----	113
<b>Tabla 3.14</b> Diseño Factorial 2 <sup>3</sup> : Matriz de experimentos, Plan de Experimentación y Respuestas Medidas al proceso experimental 6 -----	115
<b>Tabla 4.1</b> Comparación de funcionamiento entre Motor forma original respecto con el acoplado al Sistema GEET A-----	121
<b>Tabla 4.2</b> Efectos estimados para Potencia GEET A-----	129
<b>Tabla 4.3</b> Matriz de correlación para los efectos GEET A-----	129
<b>Tabla 4.4</b> Coeficiente de regresión para Potencia GEET A-----	130
<b>Tabla 4.5</b> Coeficiente de regresión para Potencia GEET A-----	132
<b>Tabla 4.6</b> Optimización de la Potencia GEET A -----	133



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Tabla 4.7</b> Efectos estimados para ppm CO GEET A -----	133
<b>Tabla 4.8</b> Análisis de varianza para ppm CO GEET A-----	134
<b>Tabla 4.9</b> Coeficiente de Regresión para ppm CO GEET A -----	134
<b>Tabla 4.10</b> Matriz de Correlación para los efectos estimados GEET A -----	135
<b>Tabla 4.11</b> Comparación de funcionamiento entre Motor forma original respecto con el acoplado al Sistema GEET B-----	138
<b>Tabla 4.12</b> Efectos estimados para Potencia GEET B-----	143
<b>Tabla 4.13</b> Análisis de varianza para potencia GEET B-----	143
<b>Tabla 4.14</b> Matriz de Correlación de Potencia para los efectos estimados GEET B -----	145
<b>Tabla 4.15</b> Coeficiente de Regresión para Potencia GEET B-----	145
<b>Tabla 4.16</b> Efectos estimados para ppm CO GEET B -----	147
<b>Tabla 4.17</b> Análisis de varianza para ppm CO GEET B-----	148
<b>Tabla 4.18</b> Matriz de Correlación de ppm CO para los efectos estimados GEET B-----	149
<b>Tabla 4.19</b> Coeficiente de Regresión para ppm CO GEET B -----	149
<b>Tabla 4.20</b> Efectos estimados para Effn GEET B -----	150
<b>Tabla 4.21</b> Análisis de varianza para Effn GEET B-----	150
<b>Tabla 4.22</b> Matriz de Correlación de Effn para los efectos estimados GEET B-----	151
<b>Tabla 4.23</b> Coeficiente de Regresión para Effn GEET B -----	152
<b>Tabla 4.24</b> Cálculo de promedios en el sistema Híbrido: Carburador + GEET B-----	156
Relación G 1:2 Va G 1:1 Gt-----	156
<b>Tabla 4.25</b> Resultados Porcentuales para sistema Híbrido: Carburador + GEET B-----	163
<b>Tabla 4.26</b> Costos de implementación del Sistema Pantone-----	167
<b>Tabla 4.27</b> Ahorro Económico y Amortización en la implementación del sistema Híbrido en un Motogenerador-----	168
<b>Tabla 4.28</b> Ahorro Económico y Amortización en la implementación del sistema Híbrido en una Motobomba -----	170



## Simbología

<i>A</i>	<i>Amperios</i>
<i>d</i>	<i>distancia</i>
<i>Effn</i>	<i>Eficiencia Neta de Combustión</i>
<i>Ea</i>	<i>Exceso de Aire</i>
<i>F</i>	<i>Fuerza</i>
<i>G</i>	<i>Volumen de Gasolina</i>
<i>GEI</i>	<i>Gases de Efecto Invernadero</i>
<i>GEET</i>	<i>Global Environmental Energy Technology</i>
<i>GEET A</i>	<i>Sistema Pantone tipo A</i>
<i>GEET B</i>	<i>Sistema Pantone tipo B</i>
<i>Gr</i>	<i>Gasolina residual</i>
<i>HP</i>	<i>Horse Power</i>
<i>I</i>	<i>Intensidad</i>
<i>kW</i>	<i>kilowatio</i>
<i>kJ</i>	<i>kilojoule</i>
<i>m</i>	<i>metros</i>
$\dot{m}$	<i>Caudal másico</i>
<i>MCI</i>	<i>Motor de Combustión Interna</i>
<i>MCIbp</i>	<i>Motor de Combustión Interna de baja Potencia (0.5 y 5 kW)</i>
<i>N</i>	<i>Newtons</i>
<i>P</i>	<i>Potencia de Accionamiento</i>
<i>Pelec</i>	<i>Carga Instalada</i>
<i>R</i>	<i>Tipo de reactor (A ó B)</i>
<i>rpm</i>	<i>revoluciones por minuto</i>
<i>t</i>	<i>Tiempo de operación</i>
<i>Tec</i>	<i>Temperatura de entrada de fluido caliente al reactor</i>
<i>Tsc</i>	<i>Temperatura de salida del fluido caliente del reactor</i>
<i>Tef</i>	<i>Temperatura de entrada de fluido frio al reactor</i>
<i>Tsf</i>	<i>Temperatura de salida del fluido frio del reactor</i>
<i>Tp</i>	<i>Temperatura en la cabeza del Pistón</i>
<i>Tb</i>	<i>Temperatura en el burbujeador</i>
<i>V</i>	<i>Voltaje, voltios</i>
<i>Va</i>	<i>Volumen de Agua</i>
<i>Var</i>	<i>Volumen de agua Residual</i>
<i>W</i>	<i>vatios</i>
$\rho$	<i>Densidad</i>
$\tau$	<i>Torque o Par Motor</i>
$\omega$	<i>Velocidad angular</i>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## ***Introducción***

Un Motor de Combustión Interna, *MCI*, también llamados Motores de Explosión interna, es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible (ej.: gasolina) que arde dentro de una cámara de combustión. El *MCI* alternativo (de pistón), ha sido el principal motor térmico utilizado desde el siglo XX, sin embargo su relevancia en el siglo XXI, es muy probable que se vea reducida, principalmente por la continua disminución de recursos fósiles, altas emisiones *GEI*, niveles de eficiencia relativamente bajos, etc.

Estos motores comúnmente son utilizados en aplicaciones autónomas, independientes de la red eléctrica como: automóviles, motos, camiones y demás vehículos terrestres, incluyendo maquinaria de obras públicas, maquinaria agrícola, ferrocarril y marítima. En aplicaciones estacionarias se emplean en grupos generadores de energía eléctrica, bombas, compresores, cortacésped, sierras mecánicas, etc.

Este gran campo de aplicación de los *MCI* han influido para que a lo largo de la historia se vayan realizado continuos avances tecnológicos dentro de la eficiencia energética a fin de seguir mejorando su rendimiento y aprovechar al máximo la energía química contenida en los combustibles, es así que hasta en la actualidad, entre otros modelos tecnológicos se destaca la propuesta de implementar el sistema Pantone a los *MCI*, al ser una tecnología nueva, aun no se dispone de una explicación científica sobre el diseño de partes y componentes; así mismo, no existen datos claros del rendimiento; sin embargo,



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

sí se tienen registros de varias experimentaciones empíricas a nivel mundial que garantizan la eficiencia obtenida con el sistema Pantone, especialmente a pequeña escala (potencias entre 0,5 y 5 kW).

La propuesta investigativa se basa en el estudio técnico del reactor un tipo de intercambiador de calor de doble tubo que compone al Sistema Pantone a base de pruebas de funcionamiento y de esta manera obtener parámetros que permitan determinar la influencia del sistema pantone (procesador GEET) sobre el *MCI*.

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Desde el siglo XX donde nació el *MCI*, ha tomado gran importancia tanto en el sector industrial como residencial, siendo el sector transporte donde mayormente se ha utilizado, sin embargo su uso también es enfocado en pequeñas máquinas de uso agrícola y residencial como cortacésped, pequeños tractores, bombas hidráulicas, generadores eléctricos, sierras alternativas, compresores, etc., su uso toma aún más importancia cuando la red eléctrica interconectada no es accesible.

Debido a esta gran demanda, a través de los años se han realizado varias modificaciones en su estructura con el fin de aprovechar al máximo la energía química contenida en el combustible, pero que hasta nuestros días aún los rendimientos de las máquinas térmicas, con *MCI*, son bajas, como ejemplo un motor diesel estacionario y de gran escala se ha conseguido el máximo rendimiento de 50 %, en máquinas a pequeña escala (de unos 5 kW.) los



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

rendimientos son menores aproximadamente 30 %, estos parámetros permiten esclarecer la ineficiencia que hay en las tecnologías actuales de éstos motores.

Sumado a esto, la máquina térmica es considerada como altamente contaminante y perjudicial para el medio ambiente debido a los gases de escape que se generan luego de la combustión. La búsqueda por encontrar una máquina térmica más eficiente y con menor grado de contaminación es la meta principal de las grandes empresas, varias han sido las experimentaciones y modelos tecnológicos que se han realizado, siendo una de ellas el motor Pantone, que es el resultado de acoplar un sistema Pantone (en honor a su creador) a un *MCI*, en la actualidad éste tipo de motor no está totalmente difundido ni tampoco tiene una sustentación científica clara que demuestre su efectividad, lo único que se tiene como información es experiencias “tipo casero” donde se demuestra que realmente funciona asegurando que se puede ahorrar hasta un 50 % de combustible para realizar el mismo trabajo.

El sistema Pantone, básicamente consiste en diseñar un reactor de tubos concéntricos por el cual se hace circular a contracorriente por una tubería una mezcla de agua – combustible y por la otra los gases de escape generados por el mismo motor después de la combustión. Antes de que la mezcla entre al reactor se le aplica una emulsión utilizando la energía restante que queda de los gases de escape después de que pase por el reactor.

Aunque se puede describir el principio de funcionamiento del motor Pantone, aún no se tiene los fundamentos científicos que respalden al motor, por lo que



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

es necesario diferentes etapas investigativas para tener claramente el diseño completo del Motor Pantone, a breves rasgos por ejemplo existen vacíos a mencionar: ¿De qué depende el tamaño del Reactor? ¿Cuáles son las medidas exactas para la mezcla agua-combustible? ¿Se reducen los GEI?, entre otros que sin duda para su fundamentación requieren de una amplia y detallada investigación.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La Inexistencia de parámetros científico - técnicos que garanticen la explotación pertinente del sistema Pantone implementado en los motores de combustión Interna.

## **HIPÓTESIS**

La evaluación energética de los *MCI* potenciará el uso del sistema Pantone

**OBJETO:** Sistema Pantone

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar energéticamente los parámetros científico - técnicos que influyen en el rendimiento del sistema Pantone acoplado a los Motores de Combustión Interna de potencias entre 0,5 y 5 kW.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Sistematizar la información sobre el Sistema Pantone acoplado a los motores de combustión interna.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

2. Evaluar energéticamente el funcionamiento del sistema Pantone.
3. Realizar curvas de Funcionamiento del sistema Pantone.
4. Plantear una metodología de diseño del Reactor.
5. Analizar el uso potencial del Sistema Pantone en el sector Industrial y Residencial y su influencia en el Medio ambiente.

## JUSTIFICACIÓN

La propuesta del tema de investigación es una tecnología actual, orientada a mejorar el rendimiento en los MCI; sin embargo aún no se la ha aplicado plenamente en los sectores urbano – residenciales ni tampoco se tiene los registros técnicos para el diseño y su implementación en los MCI de baja potencia. En otros aspectos la ejecución del tema se fundamenta:

- Por la tendencia mundial en propiciar las nuevas políticas de ahorro energético y mejoramiento de los sistemas de eficiencia.
- Por la constante disminución de los recursos energéticos fósiles.
- Por los actuales problemas medioambientales: calentamiento global, emisiones de GEI, contaminación.
- Por encaminar a la sociedad hacia un mejor concepto de cultura energética.
- Para propiciar las investigaciones en el mejoramiento en el rendimiento de los MCI
- Para minimizar los costos de operación.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## VIABILIDAD

La investigación será desarrollada en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja utilizando básicamente los centros que dispone (Laboratorio de Energía y Fluidos, Taller Mecánico, Laboratorio Químico, entre otros.), éstos centros con los instrumentos de medición que dispone además de la factibilidad del Taller Mecánico para construir los prototipos, posibilitará ejecutar adecuadamente la tesis de investigación. Entre otros aspectos también se resalta:

- Existe los recursos técnicos y tecnológicos que permitirán medir y cuantificar las variables que intervienen en el MCI (GEI, potencias, temperatura, consumo, tiempo, etc.)
- En cuanto a la parte física se dispone de centros de apoyo investigativo en la UNL para profundizar y respaldar con criterio científico los datos obtenidos.
- Se ha realizado una experiencia previa empírica que avala profundizar los conocimientos pre-adquiridos por el primer prototipo.



# CAPITULO I

## ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS FUENTES

### I. Capítulo: ANALISIS CRÍTICO DE LAS FUENTES

#### *1.1 Papel del motor de combustión interna MCI a nivel mundial*

El *MCI* es una máquina que pertenece al grupo de máquinas térmicas cuyo propósito es la producción de energía mecánica a partir de la energía química almacenada en un combustible.

La historia de desarrollo del motor de combustión data desde el año 1859 y su invención se le atribuye al belga Étienne Lenoir, quien construyó el primer motor de dos tiempos a partir de una máquina de vapor. Éste tenía un Caballo de Fuerza y era totalmente ineficiente, sin embargo se convirtió el predecesor a los múltiples motores que han sido construidos desde entonces, el tipo más utilizado y desarrollado es el tipo Alternativo.



*Figura. 1.1.- Primer Prototipo de Motor de combustión Interna (Étienne Lenoir)*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La diferencia principal de los motores actuales con los antiguos se basa en la incorporación del ciclo de compresión de la mezcla aire – combustible, que es lo que provocaría un primer avance tecnológico en cuanto al aumento en el rendimiento energético del motor.

Los constantes estudios y cambios que ha sufrido el *MCI* alternativo se debió principalmente a las potencialidades de uso que se le dio y a las grandes ventajas como:

- Alta posibilidad de utilizar diferentes tipos de combustible, en particular líquidos de alto poder calórico.
- Disponibilidad de una amplia gama de potencias que en la actualidad abarcan desde 0,1 HP hasta 43000 *HP*.
- Gran cantidad de disposiciones constructivas, que permiten adaptar los motores a los usos más diversos.

Respecto a la utilización de los *MCI* alternativos como planta Motriz, su extenso campo de aplicación se centra básicamente en dos áreas: 1) motores para automoción y 2) motores estacionarios.

## 1) Motores para Automoción:

- Transporte por carretera (automovilismo, camiones, motocicletas, etc.)
- Maquinarias de Obras Públicas (Palas Cargadoras, excavadoras, etc.)
- Maquinaria Agrícola (tractores, cosechadoras, etc.)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Propulsión Ferroviaria
- Propulsión marina
- Propulsión Aérea (en la actualidad sólo en pequeños motores)

## 2) Motores Estacionarios.- su empleo Incluye:

- Generadores de Energía Eléctrica (centrales eléctricas y plantas de emergencia)
- Accionamiento Industrial (Bombas, compresores, etc.)
- Accionamiento Agrícola (motobombas, cortadoras agrícolas, sierras mecánicas, etc.)

En resumen se puede afirmar que sin el *MCI* alternativo no habría sido posible conducir, volar, viajar por tren, construir fábricas, construcción de carreteras, navegar a través de los océanos, cortar el césped, producción y procesamiento de alimentos, etc.

Sin duda las prestaciones y beneficios que ha brindado la invención del *MCI* Alternativo ha sido como una base primordial para el desarrollo y bienestar de la sociedad en general.

Sin embargo, a pesar de éstas grandes utilidades que nos presta el *MCI*, en la actualidad se ha vuelto un dilema en cuanto a su uso, debido a los nuevos conceptos mundiales sobre conciencia ecológica: *sostenibilidad* y *sustentabilidad* del medio ambiente, es decir garantizar el uso eficiente de los recursos energéticos en el accionamiento de los *MCI* y de manera que el impacto sea el mínimo posible, por lo que se estaría conservando de alguna forma el buen vivir para las futuras generaciones.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Es en éste punto es donde toma importancia las desventajas del *MCI*, que entre otras se señala a los desechos generados o gases emitidos en la combustión, y son éstos los que provocan un gran impacto en la contaminación ambiental ya que los gases emitidos en su mayor parte son tóxicos. A continuación, según (Biodisol, 2008) los gases emitidos se los clasifica en dos tipos: gases inofensivos y gases contaminantes:

- Gases Inofensivos: Oxígeno (*O*), Nitrógeno (*N*), Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ), Vapor de Agua ( $H_2O$ ) e Hidrógeno (*H*).
- Gases Contaminantes: Monóxido de Carbono (*CO*), Hidrocarburos, óxidos de Nitrógeno y Plomo.

El Dióxido de Carbono, producido por la combustión completa del Carbono, no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce como consecuencia lógica de la combustión. Sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala, el llamado *Efecto Invernadero*.

En cuanto al Monóxido de Carbono, en concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la Hemoglobina, molécula encargada de transportar el Oxígeno desde los pulmones a las células del organismo. Por eso en concentraciones superiores a 0,3% en volumen resultan mortales.(Biodisol, 2008).



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca completamente y se forme monóxido de carbono en lugar de Dióxido de Carbono.

Los *Hidrocarburos*, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión.

La presencia simultánea de Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno, rayos ultravioleta y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

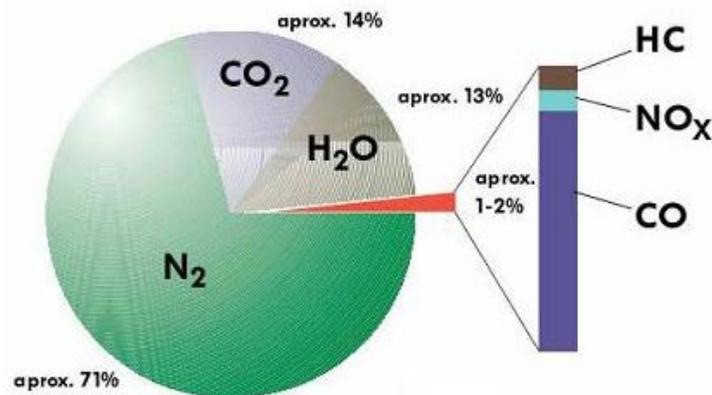
Los Óxidos de Nitrógeno no sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los Hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.

El Plomo es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetra-etilo de Plomo y se utiliza en su producción para elevar su



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin Plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano.



*Figura 1.2.- Composición de los gases de escape de motores de gasolina*

En la Figura 1.2 se puede observar la composición porcentual de los gases emitidos por el *MCI* aunque los gases nocivos son inferiores al 2 %, éste valor toma relevancia si lo comparamos con el grado de utilización de los *MCI* a nivel mundial, que como se mencionó la utilización es amplia provocando que la contaminación ambiental aumente en un grado considerable.

Con lo descrito anteriormente se puede afirmar que la utilización de los *MCI* a nivel mundial es importante, las prestaciones que tiene en su utilización mejoran la calidad de vida de las sociedades, sin embargo el uso inadecuado e ineficiente también lo hace punto de crítica en un contexto ambiental. Ante ello las alternativas serían por un lado proponer nuevas políticas de mitigación ambiental, así como de buscar fuentes alternativas de energía como ejemplo



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

biocombustibles o hidrógeno, mientras que por otro lado ejecutar planes de estudios que efectivicen partes y mecanismos del motor a fin de mejorar su rendimiento energético.

Éstos planes de estudio en la actualidad aún se siguen ejecutando, prueba de ello son las carreras automovilísticas donde se pone a prueba los constantes y nuevos diseños de los motores.

Otra prueba son los modos de uso que se le da al motor, en particular se menciona el motor de combustión electromagnético<sup>1</sup> que según su creador es mucho más efectivo respecto a los diseños que actualmente se conocen.

Otras propuestas se enmarcan en mejorar el combustible, en este caso los estudios se basan en utilizar el Hidrógeno que para muchos es el combustible del futuro.

## ***1.2 Papel del motor de combustión interna en Ecuador***

La utilización del *MCI* en el Ecuador a la par con el contexto mundial, es muy importante y fundamental para solventar muchas de las necesidades que requiere la sociedad. Ejemplo de esto se puede mencionar la construcción de carreteras, vías de acceso a comunidades.

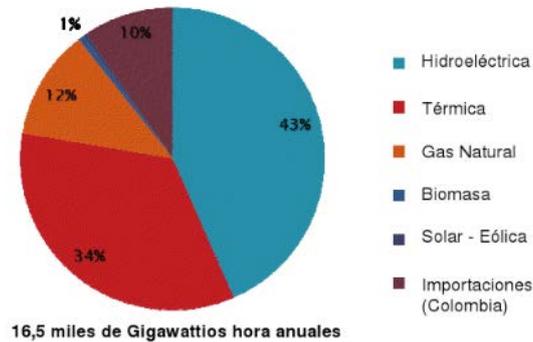
Vale destacar también el gran uso que se le da en la generación eléctrica del Ecuador, según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable *MEER* el 34 % es producida con plantas térmicas (Figura 1.3), los cuales utilizan *MCI*.

---

<sup>1</sup> También se lo conoce como Motor de Bill Gates, que es el autor de la patente (2009)

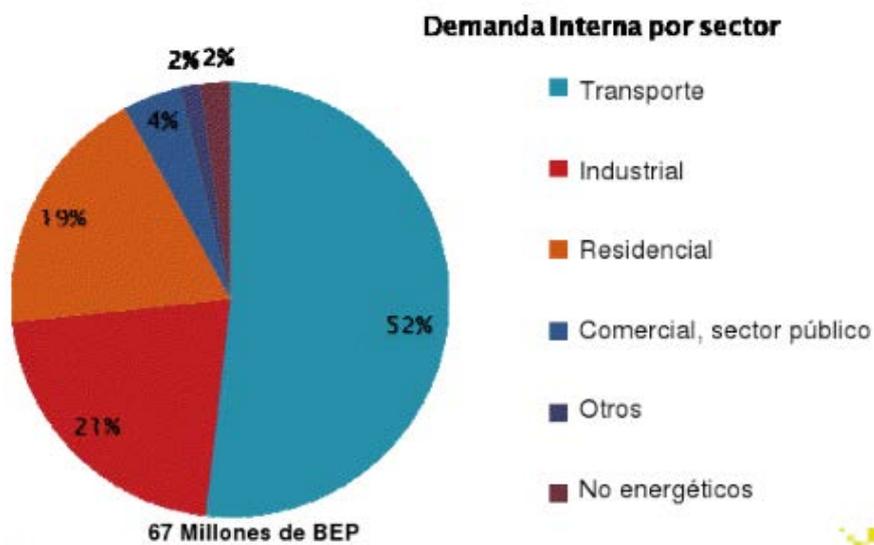


# UNIVERSIDAD DE CUENCA



**Figura 1.3.- Producción de Electricidad en el Ecuador**  
Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2009)

Así mismo la utilización de la energía, según el *MEER*, está destinada principalmente al transporte (Figura 1.4) y aclarando que básicamente que éste medio se basa en el uso de motores de combustión interna.



**Figura 1.4.- Demanda de Energía en el Ecuador**  
Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2009)

Por otro lado la figura 1.4 también indica el grado de utilización energética en los sectores industrial y residencial que sumados son el 40 %, deduciendo que algunos de los procesos realizados en la industria se basan en mecanismos de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

*MCI*, mientras que en el sector residencial aunque en menor escala, en cuanto a consumo son utilizados en cortadoras de césped, bombas hidráulicas o pequeños generadores de electricidad.

## **1.3 Papel de los motores de combustión interna de baja potencia**

Anteriormente se ha justificado la importancia del uso del *MCI* en el sector tanto residencial como industrial sin particularizar las potencias utilizadas en cada caso. En este contexto vale enfatizar que no existe una clasificación generalizada de los motores de Combustión interna de acuerdo a su potencia.

Sin embargo en el presente proyecto investigativo el estudio está dirigido a los Motores de combustión Interna para potencias entre 0,5 y 5 *kW*, por lo que para referenciar a este rango de potencias, se ha concebido sintetizar su nombre en Motores de Combustión Interna de baja potencia *MCIbp*.

El uso principal de los *MCIbp*, está destinado principalmente a resolver dos casos especiales:

- 1) El problema de los sectores aislados donde no hay acceso o existe dificultades para el transporte de la energía eléctrica de la red del sistema interconectado, en este ámbito para accionar generadores eléctricos ó bombas hidráulicas de hasta 5 *kW*.
- 2) Para accionar pequeña maquinaria ampliamente utilizadas para el trabajo o actividades hogareñas como: Cortadoras de césped, moto sierras, etc.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Específicamente hablando de los generadores eléctricos, éstos en general accionados con gasolina se comportan como elementos intermediarios ya que realmente lo que se utiliza es la energía en forma de electricidad para activar iluminación o también por ejemplo en el sector metalmecánico al momento de realizar los trabajos de montajes de estructuras mecánicas, puentes, pasamanos, etc., donde se necesita el funcionamiento de soldadoras, taladros, martillos eléctricos, etc.

En el caso agrícola, para los trabajos de riego de las plantaciones se utiliza con frecuencia motobombas, en nuestro medio existen zonas, especialmente rurales, donde la actividad principal es la agricultura, siendo primordial el uso de las motobombas.

Por otro lado las necesidades de limpieza de parques, veredas, zonas verdes de una ciudad planificadas por el gobierno provincial son ejecutadas a través de pequeñas máquinas pero de gran utilidad como son las cortadoras de césped o moto sierras, que sin duda disminuyen el tiempo operativo comparando con la forma manual.

En la construcción de casas: los elevadores, mezcladoras de concreto, compactadoras entre otras, son de vital importancia para un mejor acabado y reducción de tiempo de trabajo.

En la construcción o remodelación de carreteras, calles o avenidas el uso de *MCIbp*, también toma su importancia, ya que mediante ellos se puede accionar picadoras, apelmazadoras sierras cortadoras de cemento o asfalto, etc.



Como se puede evidenciar existe una amplia gama de usos que se le da a los *MCIbp* constituyéndose como herramienta primordial en los quehaceres de comunidades y hogares en general.

## **1.4 Estructura y funcionamiento de los motores de combustión interna**

### **1.4.1 Máquinas: Concepto y Clasificación**

**MAQUINA.-** Es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado. Se denomina maquinaria al conjunto de máquinas que se aplican para un mismo fin y al mecanismo que da movimiento a un dispositivo.

Las maquinas pueden ser clasificadas dependiendo del aspecto bajo el cual se las considere. Según (Mataix, 2000) existen: Máquinas de Fluido, Máquinas Herramientas, Máquinas Eléctricas, etc., y dentro del grupo de Máquinas de Fluidos se encuentran las Máquinas Hidráulicas y Máquinas Térmicas, los dos tipos se diferencian en la forma de compresibilidad del fluido.

**Máquinas Térmicas.-** Pertenecen al grupo de fluido compresible, los cuales se caracterizan porque existen grandes variaciones en sus propiedades físicas, Ej. Densidad ( $\rho$ )

**El Motor Térmico.-** es un conjunto mecánico que aprovecha el nivel térmico alcanzado en un fluido compresible, tras un proceso de combustión, para generar energía mecánica.

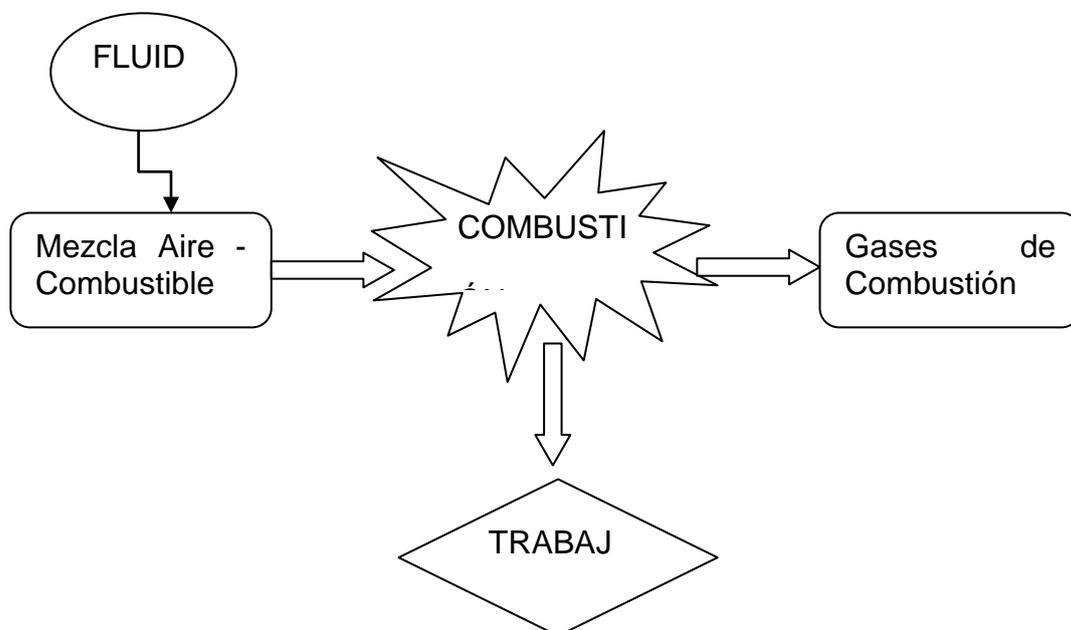


## 1.4.2 El Motor de Combustión Interna (MCI)

### 1.4.2.1 Generalidades

A los *MCI* también se los denomina motores de explosión caracterizándose porque la combustión se realiza dentro del fluido motor, la energía se libera mediante el encendido y la oxidación del combustible dentro del motor a diferencia de los de combustión externa como por ejemplo un motor Stirling, un horno industrial o una caldera.

El fluido de trabajo cambia su composición química antes y después de la combustión y es el encargado de transferir el trabajo al pistón que posteriormente se encarga de transferirlo al resto de los componentes de la cadena cinemática hasta llegar finalmente a las ruedas impulsoras del movimiento.



*Figura 1.5.- Funcionamiento del Motor de Combustión Interna*

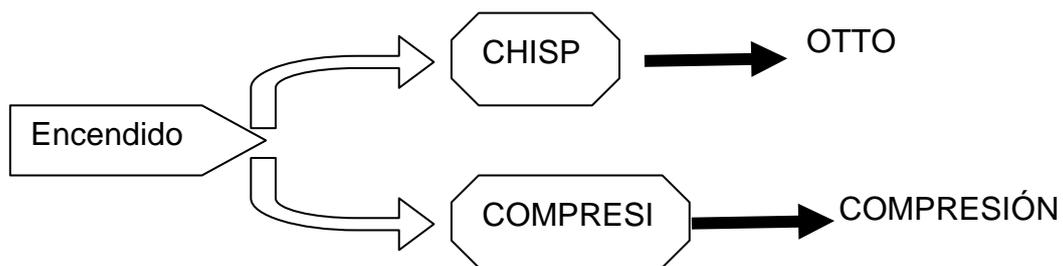
### 1.4.2.2 Clasificación según el tipo de Encendido



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cuando se habla de motores de combustión interna hay que especificar la forma en que se lleva a cabo el encendido, promotor de la combustión.

Es decir, existen dos tipos de *MCI*, de OTTO cuya energía primaria es la gasolina y el de COMPRESIÓN, cuya energía primaria es el Gasoil (Diesel).



*Figura 1.6.- Tipos de Encendido del MCI*

## **1.4.2.1 Estructura y Funcionamiento**

Los motores Otto y los diesel tienen los mismos elementos principales:

**Cámara de combustión.-** La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

**Sistema de bombeo.-** El sistema de bombeo de combustible de un motor de combustión interna consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al dispositivo utilizado con este fin en los motores Otto. En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

un tubo ramificado llamado colector de admisión. Muchos motores cuentan con un colector de escape o de expulsión, que transporta los gases producidos en la combustión.

**Sistema de alimentación.-** Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando el conjunto coordinado mediante la correa de distribución. En la década de 1980, este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible se ha visto desplazado por otros sistemas más elaborados ya utilizados en los motores diesel. Estos sistemas, controlados por computadora, aumentan el ahorro de combustible y reducen la emisión de gases tóxicos.

**Sistema de Encendido.-** Todos los motores tienen que disponer de una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. Por ejemplo, el sistema de ignición de los motores Otto, existe un componente llamado bobina de encendido, el cual es un auto-transformador de alto voltaje al cual se le conecta un conmutador que interrumpe la corriente del primario para que se induzca la chispa de alto voltaje en el secundario. Dichas chispas están sincronizadas con la fase de compresión de cada uno de los cilindros; la chispa es dirigida al cilindro específico de la secuencia usando un distribuidor rotativo y unos cables de grafito que dirigen la descarga de alto voltaje a la bujía. El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor establecido a la pared superior de cada cilindro.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Si la bobina está en mal estado se sobrecalienta; esto produce pérdida de energía, aminora la chispa de las bujías y causa fallos en el sistema de encendido del automóvil. La bujía contiene en uno de sus extremos dos electrodos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que enciende el combustible dentro del cilindro.

**Sistema de Refrigeración.**- Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones y los motores fueraborda se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que usan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro.

En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. Es importante que el líquido que se usa para enfriar el motor no sea agua común y corriente puesto que los motores de combustión trabajan regularmente a temperaturas más altas que la temperatura de ebullición del agua, esto genera una alta presión en el sistema de enfriamiento dando lugar a fallas en los empaques y sellos de agua así como en el radiador; se usa un anticongelante pues no hierve a la misma temperatura que el agua, si no a mucho más alta temperatura, tampoco se congelará a temperaturas muy bajas.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Sistema de arranque.**- Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas en el momento de arrancar, lo que implica que debe generarse el movimiento del cigüeñal para poder iniciar el ciclo. Los motores de automoción usan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal (generalmente los *MCIbp*).

## **1.4.2.2 Clasificación de los Motores según los Ciclos o Tiempos de Trabajo**

### **1.4.2.2.1 Motor de 4 tiempos**

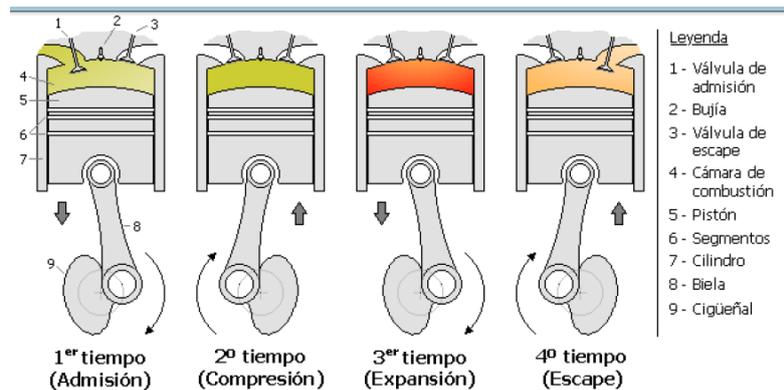
Se caracteriza porque el trabajo del pistón se realiza en 4 tiempos: Admisión, Compresión, Explosión y Escape.

**Admisión.**- En esta etapa el pistón realiza su primera carrera dentro de la cámara de combustión. Se abre una válvula que permite el ingreso de la mezcla aire – combustible..

**Compresión.**- Se ejecuta la segunda carrera del pistón, la válvula que inicialmente se abre para permitir el ingreso del combustible, en esta etapa se cierra completamente dando origen a que el pistón comprima el combustible.

**Explosión.**- Una vez comprimida la mezcla, se enciende una chispa (de la bujía) dando origen al encendido del combustible que provoca una explosión, ésta a su vez eleva la temperatura y presión dentro de la cámara el cual empuja al pistón ejecutando un trabajo.

**Escape.-** La última etapa permite que el pistón expulse los gases de combustión, para ello se abre una nueva válvula y el pistón comprime éstos gases que finalmente son expulsados hacia el exterior del motor.



**Figura 1.7.-** Ciclos de Funcionamiento de un MCI de 4 tiempos  
Fuente: s/a, Ciclo de 4 Tiempos, septiembre del 2009,  
[http://es.wikipedia.org/wiki/ciclo\\_de\\_cuatro\\_tiempos](http://es.wikipedia.org/wiki/ciclo_de_cuatro_tiempos)

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos. La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración.

En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto octanaje.

La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica (Infante, 2012).



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

El Motor a Diesel en teoría, difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar en este último a volumen constante en lugar de generarse a una presión constante.

En la primera fase se absorbe aire hacia la cámara de combustión. En la segunda fase de compresión, el aire se comprime a una fracción de su volumen original, lo cual hace que se caliente hasta unos 440 °C.

Finalmente de la fase de compresión se inyecta el combustible vaporizado dentro de la cámara de combustión, produciéndose el encendido a causa de la alta temperatura del aire. En la tercera fase, la fase de potencia, la combustión empuja el pistón hacia atrás, transmitiendo la energía al cigüeñal. La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de expulsión.

Algunos motores diesel usan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible para arrancar el motor y entretanto alcanza la temperatura adecuada.

La eficiencia de los motores diesel depende, en general, de los mismos factores que los motores Otto, y es mayor que en los motores de gasolina, llegando a superar el 40 %. Este valor se logra con un grado de compresión de 14 a 1, siendo necesaria una mayor robustez, y los motores diesel son, por lo general, más pesados que los motores Otto. Esta desventaja se compensa con una mayor eficiencia y el hecho de utilizar combustibles más baratos.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Los motores diesel suelen ser motores lentos con velocidades de cigüeñal de 100 a 750 revoluciones por minuto (rpm o r/min), entretanto que los motores Otto trabajan de 2500 a 5000 rpm.

No obstante, en la actualidad, algunos tipos de motores diesel trabajan a velocidades parecidas que los motores de gasolina, pero por lo general con mayores cilindradas debido al bajo rendimiento del gasoil respecto a la gasolina.

Según (Moreno, 2011), indica que las pérdidas en los motores son: Tabla 1.1

*Tabla 1.1 Pérdidas y Rendimientos en los MCI*

<b>Motor Gasolina</b>	<b>Motor Diésel (Gasoil)</b>
Pérdidas de Calor: 35 %	Pérdidas de Calor: 30 %
Pérdidas de Refrigeración: 33 %	Pérdidas de Refrigeración: 33 %
Pérdidas de Fricción: 10 %	Pérdidas de Fricción: 10 %
<b>Rendimiento Efectivo: 25 %</b>	<b>Rendimiento Efectivo: 30 %</b>

Las pérdidas de calor producidas por el sistema de refrigeración y la radiación de calor existente. Otra pérdida es la cantidad de calor que evacua a través de los gases de escape.

En las pérdidas mecánicas se debe al rozamiento entre las piezas en movimiento, y accionamiento de dispositivos auxiliares, como la bomba de agua, bomba de aceite, etc. Mientras que las pérdidas químicas se originan por la combustión incompleta. Durante la etapa de encendido.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## **1.4.2.2.2 Motor de dos tiempos**

Con un diseño adecuado puede conseguirse que un motor Otto o diesel funcione a dos tiempos, con un tiempo de potencia cada dos fases en lugar de cada cuatro fases. La eficiencia de este tipo de motores es menor que la de los motores de cuatro tiempos, pero al precisar sólo dos tiempos para desarrollar un ciclo completo, producen más potencia que un motor cuatro tiempos del mismo tamaño.

El principio general del motor de dos tiempos es la reducción de la duración de los periodos de absorción de combustible y de expulsión de gases a una parte mínima de uno de los tiempos, en lugar de que cada operación requiera un tiempo completo.

El diseño más simple de motor de dos tiempos utiliza, en lugar de válvulas de cabezal, las válvulas deslizantes u orificios (que quedan expuestos al desplazarse el pistón hacia atrás). En los motores de dos tiempos la mezcla de combustible y aire entra en el cilindro a través del orificio de aspiración en el momento que el pistón está en la posición más alejada del cabezal del cilindro. La primera fase es la compresión, en la que se enciende la carga de mezcla en el momento que el pistón llega al final de la fase. Tras esto, el pistón se desplaza hacia atrás en la fase de explosión, abriendo el orificio de expulsión y permitiendo que los gases salgan de la cámara.

## **1.4.3 Características principales de los motores**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Las principales características que definen las prestaciones que se obtienen en un motor son el par motor, la potencia y el consumo específico de combustible. Estos parámetros identifican el tipo de motor proporcionando una referencia en cuanto a sus características de funcionamiento. El fabricante suministra estos datos obtenidos mediante ensayos en bancos de potencia.

### **1.4.3.1 Par motor**

En general, cuanto mayor sea la cilindrada del motor mayor será el par del motor. Un par motor elevado permite una aceleración más fuerte: la sensación de quedarse adherido al asiento es mayor. Por otro lado, un par motor elevado permite que se desplace un peso mayor, motivo por el que los vehículos diesel con frecuencia se emplean para la tracción de caravanas, remolques o cargas grandes.

La fórmula del par motor o Torque es una fuerza en función de una distancia.

*PAR MOTOR= FUERZA x DISTANCIA*

$$\tau = F \times d \quad [N m] \quad (1.1)$$

En el sistema Internacional la fuerza se expresa en Newtons ( $N$ ) y la distancia en metros ( $m$ ).

El Torque es mayor cuando las revoluciones por minuto ( $rpm$ ) del motor disminuye, caso contrario es menor.

### **1.4.3.2 La Potencia**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La potencia es el trabajo efectuado en un cierto tiempo. Por este motivo, ésta depende del par motor, pero también de la velocidad de rotación del motor. Cuanto más rápido gire el motor, más aumentará la potencia. La potencia del motor influye en la velocidad del vehículo. La potencia se expresa en Watios ( $W$ ) o Horse Power ( $HP$ ) ó en caballos según DIN ( $CV$ ). El par motor se encuentra en metros por Newton y la velocidad angular en  $rpm$  o en radianes por segundo. ( $1 rev = 360^\circ = 2\pi radianes$ )

Informativamente,  $1 CV DIN = 735.5 W$

$$Na = \tau \times \omega \quad (1.2)$$

### **1.4.3.3 Consumo específico de combustible**

Es la cantidad de combustible que necesita un motor para suministrar una determinada unidad de potencia por unidad de tiempo. El consumo específico es una forma de expresar el rendimiento del motor, en el sentido que relaciona consumo con prestaciones. Cuanto menor sea el consumo específico de un motor, mejor es su rendimiento.

### **1.5 Conclusiones del capítulo**

Lo descrito en éste capítulo demuestra la gran aplicabilidad de los  $MCI$  en un amplio rango de potencia, ejemplo de esto se puede encontrar en el transporte terrestre, aéreo y marítimo, en pequeñas potencias de uso familiar están en cortadores de césped, generadores eléctricos, bombas hidráulicas, etc.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Por otro lado, la energía prima que se utiliza para el funcionamiento del *MCI*, son los combustibles fósiles, los derivados del petróleo, entre ellos se cita la gasolina y el gasoil (diesel), y como es de conocimiento general, éste tipo de energía es un tipo no renovable y por tanto tiende a agotarse, además que sus emisiones en un alto porcentaje de consumo se vuelven contaminantes para el medio ambiente, afectando la calidad de vida de las especies vivientes en el planeta.

Sin embargo, a pesar de ésta clara desventaja de los *MCI*, su uso sigue siendo primordial en el desarrollo de los pueblos y se debe principalmente a los mayores beneficios que de él se obtienen, por ejemplo en caso hipotético si no se utilizara el *MCI*, consecutivamente se suprimirían los viajes sean éstos en autos, transporte público, aviones, barcos; en otros sectores como la alimentación, la producción de alimentos disminuiría notablemente ya que prácticamente toda la tecnología agrícola se basa en *MCI*: tractores y motobombas por citar algunos.

Es evidente que ante tales circunstancias debe haber un equilibrio entre consumo/beneficio de los combustibles fósiles, es decir un consumo racional, tratando de utilizar y efectivizar al máximo los mecanismos para obtener el mayor provecho de manera que los perjuicios tiendan al mínimo posible. En ésta línea los proyectos de eficiencia son continuamente estudiados en el mundo entero, como ejemplo se tiene el automovilismo que cada año los diseños son mejorados. Otro caso son las investigaciones en biocombustibles que actualmente está en auge.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## CAPITULO II

### SISTEMA PANTONE

#### II. Capítulo: SISTEMA PANTONE

##### **2.1. Introducción**

El sistema Pantone nace como una necesidad de mejorar el rendimiento del *MCI*, una tecnología que aún está en su etapa de publicación. En ciertas partes del planeta se han reproducido los experimentos de manera empírica del diseño original propuesto por Paul Pantone, donde se ha evidenciado una mejora en la combustión y por tanto se ha logrado efectivizar el rendimiento general del *MCI*.

##### **2.2. Historia del sistema Pantone**

Según (Van Jaag, 2009) en su artículo “Breve Historia del Motor de Agua” realiza una descripción del desarrollo del uso del agua como combustible y entre ellos figura el sistema Pantone.

##### **1970.- Arturo Rufino Estévez Varela**

Los estudios del motor de Agua se remontan en los años de 1970 con el español Arturo Rufino Estévez Varela nacido en el Valle de la Serena en 1914, de su pueblo natal se traslada a Madrid para posteriormente afincarse en Sevilla con su esposa y 5 hijos.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La invención fue una de sus mayores atracciones, por lo que le dedico varios años de su vida, es así que la lista de patentes empezó en 1931 y se alargaría hasta casi el centenar en el transcurso de los años.



*Figura 2.1.- Arturo Estévez Varela*

Fuente: <http://artursala.wordpress.com/tag/pantone-gillier-sistema-g/>

Arturo Estévez aprovechaba de los certámenes internacionales para dar a conocer sus invenciones, llegó a conseguir dos medallas de plata; una por un “Purificador de gases contaminantes” y otra por su Sistema para recuperación de helicópteros en caso de avería”. Pero su creación más notable, la que le proporcionaría la fama, fue “El Motor de Agua”, aunque lejos de enriquecerle, le supuso enormes gastos que, en su momento, cifró en 9 millones de pesetas. Su idea de mover un motor a base de agua corriente era considerada absurda por imposible.



*Figura 2.2.- Arturo Estévez Varela presentando su invención*

Fuente: <http://artursala.wordpress.com/tag/pantone-gillier-sistema-g/>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La idea de esta creación nació de su legado: *“el propósito Inicial fue el de construir un motor nuevo... pero comprendí que sería un perjuicio económico para todos, así que preferí estudiar la solución para los motores convencionales, tanto de explosión como de combustión Interna. Con ello partiendo de ésta base, su invención se centró en obtener un combustible derivado de materiales de fácil acceso para todos los colectivos, materiales comunes y de uso cotidiano, y baratos”*

Su genialidad y buena voluntad nos señaló que era posible encontrar en el elemento más común en nuestro planeta, el agua, una vía para alcanzar una automoción económica, sostenible y saludable.

A esta agua se le añadía un “componente” que actuaba de una forma que él describía como “catalizadora”, y como resultado convertía a alguno de los componentes del agua en “combustible”.

Según afirmaba, *“con dos litros y medio de agua y un kilo de su «producto secreto» se conseguían tres metros cúbicos de hidrógeno. «Es decir, tantas calorías como las que producen nueve litros de gasolina de 96 octanos. Pero mi hidrógeno cuesta menos de diez pesetas»”,* declaraba Arturo Estévez en una entrevista recuperada hasta ahora no publicada.

Su creador demostró una y otra vez la efectividad de su artilugio, tratando de precisar que no es un motor de agua sino de un generador de hidrógeno a partir del agua que se suministraba junto con un reactivo cuya composición Estévez nunca reveló.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Con ese combustible el inventor circuló en una motocicleta, a la que se le había sustituido el depósito de gasolina por el generador, en la prueba que durante dos horas se realizó en la plaza de España de Sevilla.

Sin embargo, pese a las numerosas pruebas que realizó por toda España ante auditorios repletos de personas, Estévez no logró vencer los recelos de los científicos y técnicos. Pocos de los entendidos en la materia admitían que un motor que utilizaba agua, a la que se añadía un producto nunca revelado, pudiera servir de combustible y ser capaz de producir la energía suficiente para poner en movimiento un vehículo.

Tras un período de gran actividad con presentaciones por toda España y frecuente aparición en los periódicos, Arturo Estévez desapareció de la escena pública y nada se ha vuelto a saber de él, porque nadie ha vuelto a ocuparse del tema que durante mucho tiempo estuvo desapercibido.

## **1982.- Daniel Dingel**

Daniel Dingel, un filipino que por más de 39 años trabajó en la tecnología del motor de Agua, ingeniero mecánico de profesión dedicado a diseñar sus propios experimentos, lo que le ha valido para ganar gran experiencia. Entre sus trabajos se describe el anuncio que hizo en los años 80 sobre la construcción de un auto que se alimentaba con agua.

La noticia agradó a muchos de los vecinos países que realizaron sus propios viajes para evidenciar el invento. Sin embargo, un año más tarde se declaró que era un fraude, ante esto Daniel solicitó a las autoridades filipinas la



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

evaluación de su invento, para lo cual realizó múltiples demostraciones que avalaban su funcionamiento.

Entre ellas, en 1985, Daniel condujo su automóvil desde Metro Manila a Laguna, una distancia de 167 Km, con 15 litros de agua y ½ litro de gasolina. En otra ocasión también viajó desde Detroit a Florida en EEUU utilizando 60 litros de agua y 2 de gasolina.

En palabras de (Van Jaag, 2009) “*¿Porque consumía gasolina? El motor ideado por Daniel consumía gasolina solamente para el encendido del motor y para mantener una mínima temperatura de trabajo, a partir de ahí el coche se alimentaba exclusivamente de agua. El sistema que utilizaba era la disociación biológica, el agua pasaba por 2 reactores y con ayuda de las bacterias era separada en hidrógeno y oxígeno. Una vez obtenidos los 2 gases estos eran quemados por el motor. Se trataba de un motor de combustión*”

Aparentemente, en la actualidad Daniel tiene presencia mundial a través del internet, se puede encontrar su biografía, nuevos proyectos, participación en foros, etc.<sup>2</sup>

## **1990.- Stanley Meyer**

Nació en la ciudad de Grove City, Ohio, EEUU. Experimentó durante 30 años un dispositivo en el interior de un *MCI* que producía hidrógeno y oxígeno a partir del agua, para éste proceso se utilizaba electricidad usando el método de Michael Faraday llamado *electrólisis del agua*.

---

<sup>2</sup> Puede referirse a la página: <http://panacea-bocaf.org/danieldinglewatercar.htm>. En el internet es ampliamente conocido como el grupo Watercad.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Sin embargo, *el aporte de Meyer fue el de aplicar un tren de pulsos a una determinada frecuencia en lugar de corriente continua, ya que había observado que el proceso de electrólisis se mantenía en cierto tiempo después de desconectar el circuito, con lo que ahorra el doble de energía eléctrica y se producía una mayor cantidad de gas debido en parte a la resonancia, y en parte a la estructura capacitiva que tenía su célula electrolítica, semejante a un gran condensador electrónico.*(Van Jaag, 2009)

Meyer sin ser científico ni químico y tampoco tener título universitario, logró patentar su invento en 1998 lo que le hizo merecedor del segundo mejor invento del siglo. Para la demostración de su invento construyó un buggy que podía rodar con agua, recorrió 100 millas con un solo galón.



*Figura 2.3.- Buggy construido por Stanley Meyer*

Fuente: <http://artursala.wordpress.com/tag/pantone-gillier-sistema-g/>

Por otro lado Meyer también afirmó que había sustituido las bujías por inyectores que pulverizaban el agua en una fina niebla en el interior de los cilindros, dando como resultado vapor de agua en expansión lo que produciría energía neta.

La invención de Meyer fue mal vista por las grandes empresas Petroleras, ya que veían que sus intereses económicos se verían afectados porque de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

funcionar perfectamente el motor de Meyer, ya no se utilizarían los derivados del petróleo como gasolina o diesel.

Años más tarde, Meyer falleció, se lo encontró muerto en el estacionamiento de su ciudad natal un 21 de Marzo de 1998. *El informe de la autopsia fue que su deceso se debió a un aneurisma cerebral.* Sin embargo, los teóricos de la conspiración insiste en que fue envenenado para reprimir su tecnología, y que las compañías petroleras y el gobierno de Estados Unidos estuvieron involucrados en su muerte.(Van Jaag, 2009)

Según el mismo (Van Jaag, 2009) amantes de los ajeno impidieron que la tecnología desarrollada por Meyer fuera compartida en el mundo entero, pues el Buggy y todo el equipo experimental que había servido para las demostraciones desapareció sin dejar rastro alguno.

## **1998.- Paul Pantone**



*Figura 2.4.- Paul Pantone*

Fuente: <http://www.panaceauniversity.org/GEET%20fuel%20procesor.pdf>

Paul Pantone, un ingeniero norteamericano de 48 años, patentó un mecanismo bajo el nombre “Procesador Multicarburentes GEET” (Global Environmental



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Technology)<sup>3</sup>. Se trataba de un motor que supuestamente mejoraba la eficiencia del combustible y reducía la emisión de gases contaminantes en un 90%.

El invento de Pantone según daba a explicar utilizaba las pérdidas de calor almacenadas en los gases de combustión para transformarlas en energía mecánica, este artilugio permitía incluso el uso del agua como combustible adicional.

(Van Jaag, 2009) afirma que el experimento de Pantone se parecía mucho a otra invención que desarrolló Jean Chambrin cuya patente se registra el 25 de Febrero de 1975. Sin embargo, ninguno de los dos triunfó. En el caso de Chambrin simplemente desapareció de la vida pública. La historia de Pantone corrió, aún peor suerte, existen varios hechos que hacen multiplicar las teorías conspirativas.

El motor de Pantone fue desarrollado en forma independiente, pero la falta de recursos económicos y la negativa de apoyos institucionales que financien su proyecto, Pantone se vio obligado a difundir los planos por Internet, convencido de que su motor funciona. A partir de entonces, los múltiples experimentos que se han realizado por todo el mundo afirman que efectivamente el Motor de Pantone funciona.

Respecto a una explicación técnica – científica sobre su funcionamiento, no todos lo tienen tan claro, a pesar de evidenciar la efectividad del motor

---

<sup>3</sup> La patente de Paul Pantone se puede referir a:  
[http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=MX&NR=9703267A&KC=A&FT=D&date=19980131&DB=EPODOC&locale=en\\_EP](http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=MX&NR=9703267A&KC=A&FT=D&date=19980131&DB=EPODOC&locale=en_EP).



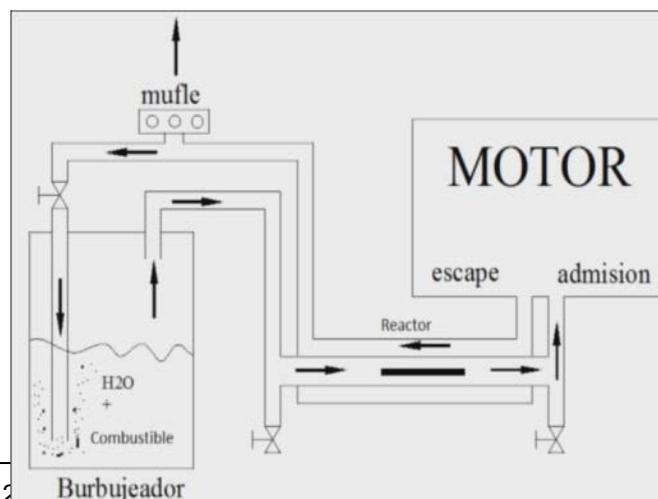
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

modificado con el sistema Pantone, no existe un respaldo científico serio que lo avale. En contraposición, se ha descrito que no cumple la segunda Ley de la termodinámica<sup>4</sup> y tampoco elimina la contaminación ya que simplemente lo que hace el motor es convertir los gases a estado líquido, pero no los elimina.

Para terminar con la historia de Pantone, (Van Jaag, 2009) detalla que “en 2002 fue hallado culpable del delito de fraude. Solo era el primero de una serie de confusos juicios: por ejemplo, la empresa Better World Technologies<sup>5</sup>, especializada en la venta de soluciones energéticas milagrosas y reputadamente pseudocientíficas, comenzó a comercializar el motor Pantone, alegando haber adquirido la patente, extremo que Pantone siempre negó. Paul Pantone, tras declararse culpable de varios de los cargos que se le imputaban, ingresó en prisión en 2005. En la actualidad, está libre tras haber terminado su condena en un hospital mental de Provo, Utah.”

## 2.3. Fundamentos del sistema Pantone

De la bibliografía recopilada de internet, básicamente se puede simplificar al sistema pantone como se indica en el esquema de la Figura 2.5



<sup>4</sup> Carnot enunció al 2...to de una máquina de Carnot es independiente de la sustancia de trabajo, depende sólo de las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  de las fuentes entre las cuales opera y no puede ser superado por el de otras máquinas que funcionen según ciclos diferentes entre las mismas temperaturas.” (Rodríguez, 2009)

<sup>5</sup> Página de información: <http://www.betterworldtechnology.com.au/>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

*Figura 2.5.- Plano Básico del Sistema Pantone*

El sistema pantone se compone de un intercambiador de calor tipo doble tubo (tubos concéntricos), al cual se lo denomina reactor, y de un recipiente que contiene una dosificación de mezcla agua – combustible, al cual se lo denomina Burbujeador.

El funcionamiento consiste en aprovechar la energía calorífica de los gases de escape, a éstos se los hace circular por la región anular del reactor, mientras que por el tubo céntrico del reactor, en flujo a contracorriente, se hace circular el combustible, proveniente del burbujeador.

El burbujeador tiene la finalidad de mezclar adecuadamente el agua con el combustible, y convertirlos de estado líquido a gaseoso, mediante la agitación provocada por los gases de escape. El combustible gasificado pasa por el reactor que también está provista de válvulas para la entrada del aire con lo cual se dirigirá a la admisión del motor, consiguiendo el posterior funcionamiento del *MCI*.

En síntesis el sistema Pantone es un gasificador de combustible.

Panacea University<sup>6</sup>, dentro de sus investigaciones (Panacea, 2010) recopila gran información del GEET multi-Fuels Processor, un tipo de motor Pantone,

---

<sup>6</sup> Panacea University, disponible en <http://www.panaceauniversity.org/>, que se dedica a la difusión de experiencias e invenciones que son un tanto reprimidas por las grandes empresas mundiales, ejemplo empresas petroleras, ya que según éstas empresas atentan contra sus



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

en el cual se indican planos, resultados, perspectivas, etc., sobre la difusión de los resultados obtenidos de Paul Pantone.

El Procesador de **Combustible GEET (GLOBAL ENVIRONMENTAL ENERGY TECHNOLOGY)**, como se conoce al motor Pantone, y del cual se indica un esquema en el anexo 1, (Panacea, 2010) lo describe como *un generador de plasma similar a un súper-carburador que al parecer funciona con un 80 % de agua y no es contaminante.*

*Este dispositivo reemplaza el carburador y el tubo de escape y los combina en una sola unidad. Un lado actúa como una refinería en miniatura permitiendo que el motor se ponga en marcha con cualquier cosa desde ácido de batería mezclada con agua, hasta petróleo crudo directamente de la tierra... solo es para cebar el motor, el combustible principal es el AGUA.*

*Los gases de combustión van hacia abajo giran alrededor, y llegan hasta el otro extremo. La cámara de decantación saca parte del calor del tubo de escape y además un tubo recoge parte de los gases de escape, los lleva a la cámara de decantación y los burbujea hacia abajo. Las burbujas, pasando a través del combustible, son elevadas a la parte superior de la cámara, recogidas por el tubo nutrido por la cámara del tubo de escape. Mientras es nutrido hay un vacío interno y ocurre una termopermutación<sup>7</sup>.*

---

inversiones. Panacea University tiene numerosas investigaciones entre las que se destacan tecnologías de energía libre, combustibles alternativos, rotores de imanes, reducción de GEI y el principal dedicado en esta investigación el motor Pantone.

<sup>7</sup> Termopermutación.- Intercambio de calor.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

*Cuando la temperatura de los escapes es la misma que la temperatura del aire entrante, hay un 1 ó 3 % más oxígeno en el aire que sale del tubo de escape que en el aire que se respira. No hay rastro de carbono, desaparece, o mejor dicho se transmuta en otra sustancia, en un elemento más ligero – porque se tiene una abundancia de elementos ligeros que aún no se describen.*

Sobre la demostración científica del motor, así como una explicación clara de los fenómenos ocurrientes en el sistema, en la actualidad, aún no son fundamentados en ningún tipo bibliográfico, sin embargo las demostraciones realizadas en varios lugares del mundo son verificadas plenamente en cuanto a su funcionamiento.

En un artículo de (JCE, 2009) o específicamente un foro en el internet se da una explicación un poco más amigable en cuanto a su funcionamiento: *“Hay diversas teorías sobre la manera cómo funciona el Pantone, que podrían ser desde una reacción de alquimia química, hasta que sólo es un simple motor de vapor: el agua pulverizada que entra en la cámara de combustión alcanza su temperatura-presión crítica debido a la ignición de un poquito de gasolina, y entonces el agua se convierte repentinamente en vapor y se expande bruscamente y empuja el pistón...”*

Ante lo expuesto, de todo el material bibliográfico disponible en internet el funcionamiento básico es referente al plano de la figura 2.5 y respecto al anexo 1. En el burbujeador se realiza una dosificación de agua – combustible, generalmente 1:2 ó 1:3, es decir por cada litro de gasolina se mezclan 3 litros de agua.



## 2.4. *Experiencias y Rendimientos obtenidos con el sistema Pantone*

Al enfocarnos en las experiencias y rendimientos obtenidos utilizando el sistema Pantone son muy variadas y numerosas que se pueden encontrar fácilmente en la red de internet como: videos, foros, exposiciones, documentales.

(Panacea, 2010) tiene una amplia información y como se mencionó su fin es la difusión de los invenciones como la tecnología de la energía libre.

La figura 2.5 indica claramente las partes y componentes del sistema pantone, con éste esquema se ha logrado incorporar por ejemplo en cortadoras de césped, helicópteros (Figura 2.6)



**Figura 2.6.- Sistema Pantone (procesador GEET) acoplado a diferentes equipos**  
Fuente: (Panacea, 2010)

En *MCIbp* se ha comprobado el funcionamiento especialmente con generadores eléctricos:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



**Figura 2.7.-** Sistema Pantone (procesador GEET) acoplado a un generador eléctrico.  
Fuente: (Panacea, 2010)

En aplicaciones más avanzadas se ha logrado hacer funcionar el motor Pantone en Autos, Camiones y Tractores (Figura 2.8)



**Figura 2.8.-** Sistema Pantone (procesador GEET) acoplado al transporte terrestre  
Fuente: (Panacea, 2010)

Sin embargo, qué lo hace al sistema Pantone atractivo en las experiencias, esto puede esclarecerse por los resultados obtenidos y es exclusivamente en el rendimiento obtenido, ya que, para el caso de tractores (Panacea, 2010) por ejemplo aprueba una eficiencia del 30 % a 60 % de ahorro de combustible. Datos similares se encuentra en (JCE, 2009), que describe un ahorro de combustible de 50 % y 90 % de reducción de emisiones, aunque estos datos de (JCE, 2009), son los que más se han conseguido en múltiples experiencias buscadas en Internet.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

En Ecuador, no se ha evidenciado algún tipo de información respecto hacia éste tipo de investigaciones, lo que se puede rescatar es una pequeña experiencia realizada en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja el cual fue acoplado a un generador eléctrico de 1 kW. (Figura 2.9).



**Figura 2.9.-** Experiencia realizada en la Universidad Nacional de Loja sobre el Sistema Pantone  
Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=qQydpKa6mYM>).

Como dato general se obtuvo un ahorro de combustible del 21% utilizando una relación de 1:3, es decir por cada litro de gasolina se utilizan 3 litros de agua. Esta referencia en cuanto al ahorro energético crea una expectativa por una investigación más detallada y completa del motor Pantone, ya que durante la experiencia no se controlaron parámetros técnicos como dosificación, control de carga, materiales de construcción, tamaño del reactor, Emisión de Gases de Efecto Invernadero, etc.

En principio, la teoría de Pantone es parcialmente válida, aunque no su desarrollo.

Por ejemplo, (Alvarez, 2008) y (Van Jaag, 2009) citan el caso de BMW, que investiga “*un modelo híbrido basado en el mismo principio, que ahorraría hasta el 80 % de combustible. Pero, malas noticias: el TurboSteamer, como se le ha*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

*bautizado, difícilmente estará a la venta antes de 10 años*". Esto debido a la Patente.

Por otro lado también se hace referencia que *"en Francia, la empresa HYPNOW comercializa un sistema inspirado en el motor GEET Pantone bajo la denominación comercial RETROKIT© como accesorio para maquinaria agrícola, industrial, de obras públicas, marítimas y fluviales, sin que sea necesario efectuar grandes modificaciones en el motor. Los agricultores franceses que lo instalan en sus tractores aseguran obtener hasta un 50% de ahorro en el consumo de gasóleo."*

Seguidamente se dice que *"El funcionamiento es muy simple. Básicamente, el aire ambiente es aspirado hacia un ebullidor para formar aire húmedo al hacerlo pasar a través del agua. Este aerosol es transformado por un reactor endotérmico<sup>8</sup> en un gas de síntesis que se mezcla con el aire que viene del filtro de aire a través de un difusor en dirección a la admisión del motor, antes del turbo si lo hubiere, dando como resultado una combustión mejorada y una disminución del consumo. Los gases de escape, en teoría más limpios, son los que suministran la energía necesaria para la transformación en el interior del reactor."*

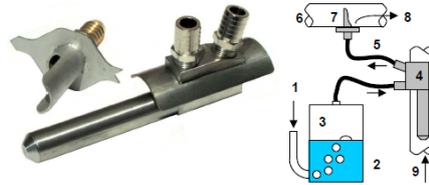
En éste ámbito el *RETROKIT©* ya se lo comercializa en el mercado como referencia se puede verificar en [www.hypnow.fr](http://www.hypnow.fr) que existen varios diseños para los múltiples *MCI* que existen en el mercado. Por ejemplo *RETROKIT©* serie E permite ahorrar entre un 10 % a 50 % según el tipo de motor a utilizarse.

---

<sup>8</sup> Endotérmico.- Proceso o reacción química que absorbe calor.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



*Figura 2.10.- Ahorrador de carburante RETROKIT© serie E. de la firma RETROKIT© SPAD© e HYPNOW©*

Fuente: [http:// www.hypnow.fr](http://www.hypnow.fr)

Es importante indicar que según la aplicación del motor también va el diseño del sistema Pantone, ya que en el Anexo 1 se pueden evidenciar varias válvulas y según (Panacea, 2010) del grado de apertura de cada válvula depende las revoluciones del motor. Por tanto, al aplicarlo en un auto debe considerarse el diseño de éstas válvulas ya que su apertura deben abrirse o cerrarse sincronizadamente para dar la velocidad y potencia requeridas en cada instante de movimiento de los autos o cualquier tipo de transporte terrestre.

En éste ámbito sobre el uso y rendimientos del sistema Pantone (Borrás, 2009) realiza una exhaustiva recopilación informativa de diferentes aplicaciones y los ahorros obtenidos en cada caso:

“**Jean Louis Naudin**, siguiendo los planos de **Pantone**, adaptó reactores caseros, contruidos con piezas de fontanería que se encuentran en centros de bricolaje, a motores Honda y Tecumseh de cuatro tiempos, un grupo electrógeno, un motocultor y una segadora de césped. Las primeras pruebas, efectuadas a finales del 2000 y principio del 2001, con 75 % de agua y 25 % de gasolina, con una segadora de césped, resultaron un éxito. La potencia se



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

mantenía y los gases de escape, mucho más fríos, eran inodoros, y no manchaban un pañuelo. Las comprobaciones efectuadas con el analizador de gases de un taller, mostraban una casi total desaparición del CO y de hidrocarburos sin quemar, con un significativo aumento de oxígeno. Son datos reveladores de que en el reactor ocurre algo inusual, a pesar de que el mismo **Naudin** consideraba estas pruebas algo chapuceras y muy lejos de ser perfectas. Se hallan publicadas, con toda clase de detalles e instrucciones, en versiones en francés e inglés, para el que quiera repetir las. **Naudin** certifica sin reservas que aquello funciona.

El mayor especialista francés en este sistema, es el colaborador de **Naudin**, **Michel David** que ha hecho un montón de ensayos en motores, tractores, quemadores, etc. Su información es muy fiable. Ha publicado planos e instrucciones detalladas para construir un reactor con materiales fácilmente disponibles, y aplicarlo a motores.

Quizás la información más rigurosa, es la tesina de **Christophe Martz** para obtener su diploma de ingeniero mecánico, en la Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg, titulada *Elaboration d'un banc d'essai et caractérisations du procédé GEET de P. Pantone à reformage d'hydrocarbures*. Utiliza un grupo electrógeno con motor de explosión para relacionar la energía producida por el alternador con el consumo del motor.

Los resultados sobre rendimiento, poco significativos, son poco fiables, pues este motor adaptado a gasolina, no disponía de sistema de avance de encendido, fundamental cuando se utilizan otros carburantes gaseosos.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Sin embargo en los análisis de gases efectuados por cromatografía, se constata una desaparición de carbono. Según las ecuaciones de combustión, en los gases de escape, muy limpios, la suma  $\text{CO}_2 + \text{CO}$ , debería dar entre 16 y 14 %, y solo sale el 6 %. Casi desaparición del  $\text{CO}$  y de residuos de hidrocarburos, con un aumento significativo del oxígeno.

En los gases de salida del reactor, o sea antes de entrar en el motor, apenas se encuentra hidrógeno, pero sí un gas hidrogenado de bajo peso molecular, con olor a éter y con un poder energético similar al hidrógeno.

Es muy significativa la diferencia de volatilidad, comprobada por cromatografía de gases, de los gases entre la entrada y salida del reactor. Los de entrada, mezcla de vapores de agua y gasolina, son mucho menos volátiles que la mezcla de salida, de muy alta volatilidad, lo que indica reacciones entre el agua y el carburante.

El registro de temperaturas dentro del reactor, indica una zona muy caliente de 400 °C en el lado de la entrada de gases, seguida, y casi adyacente e inmediata, de una más fría, 100 °C; indicaría reacciones exotérmicas y endotérmicas. La barra, después de varias horas de funcionamiento, presenta unas señales en espiral, que confirmaría la circulación vorticial de los gases, con una velocidad estimada de 1000 m/segundo.

Ha sido en Francia, en donde a raíz de las experiencias del equipo **Naudin**, en donde se ha aplicado más el proceso **Chambrin-Pantone**, con modificaciones. Uno de los inconvenientes del sistema original **Pantone**, es la mezcla en un



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

solo depósito de borboteo del agua y el carburante, de densidades y puntos de ebullición muy distintos, lo que impide una mezcla regular en la admisión.

Como salvaguardia, un agricultor llamado **Gillier**, mantuvo en un tractor el sistema de inyección original de gasoil, y solo hacía pasar agua por el reactor, del que salía un gas, que mezclado con aire introducía en la admisión de gases.

Un burbujeador con agua, calentado por el gas de escape que previamente había calentado el reactor, producía vapor arrastrando gotitas, que entraban en el reactor, con su salida en filtro de admisión del motor. Regulando la aspiración, conseguía el flujo deseado. Solo tenía que modificar el escape y así entraba en la legalidad.

Quizás no es tan efectivo como con la mezcla carburante agua pasando por el reactor, pero parece que se obtienen ganancias entre el 10 y 40 %.

En Francia cientos de tractores lo han aplicado, que en memoria de **Gillier**, lo han llamado **Pantone-Gillier** o Sistema G. Su adaptación a automóviles es más difícil por el poco espacio libre en el compartimiento motor, pero aún así una cincuentena de coches, en su mayor parte Renault, Citroën, Peugeot y Mercedes, han informado de su instalación.

Una de las condiciones para un correcto rendimiento del sistema, es un funcionamiento regular y seguido del motor, lo que en un tractor es normal, pero en un automóvil no tanto.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En Septiembre de 2006 este sistema G se adaptó a un pequeño helicóptero biplaza, lo que permitió incrementar su autonomía en un 33 %. Si bien un fallo de motor en un tractor no tiene consecuencias, en un helicóptero la situación sería peligrosa, y en un pesquero delicada.

Por otro lado, con la incorporación del sistema G se ha podido evidenciar varios fenómenos que en algunas ocasiones se catalogan como inusuales:

1. La barra de acero se imanta fuertemente sin necesidad de otro imán o solenoide, y conserva una imantación residual. Si se quita esta barra y se invierte su posición, el reactor no funciona.
2. En esta misma barra se registran diferenciales de temperaturas de  $400^{\circ}$  a  $100^{\circ}$ , en zonas adyacentes
3. Cuando se introduce una alimentación mixta, carburante + agua, se produce una desaparición del 60 % del carbono en forma  $CO_2$  y  $CO$ .
4. Los gases de salida del reactor, o sea antes de entrar en el motor, son mucho más volátiles que en la entrada, y con olor a éter. Pero no se detecta un aumento significativo de hidrógeno.
5. En los gases de escape, hay un incremento notable en oxígeno, lo que puede ser prueba de que proceda del agua, y que no se ha combinado como parece que ha hecho el hidrógeno.
6. El funcionamiento correcto, requiere la presencia de microgotas de agua arrastradas por el vapor. Un vapor limpio y seco, sin gotas, no es operativo. Las gotas son necesarias para que al rozar con las superficies del tubo y de la barra, las carguen eléctricamente y se



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

produzcan millones de chispas. Una verdadera tormenta eléctrica en este espacio de 1 mm. por donde circulan los gases en un movimiento vorticial. Si realmente en el reactor se produce un plasma, lo que este fenómeno eléctrico hace suponer, pueden darse las circunstancias ideales para la disociación del agua. Los plasmas son sistemas no lineales y alejados del equilibrio, que permiten la cohesión de la Energía del Punto Cero. Los vórtices también son capaces de cohesionarla, y aquí hay una combinación de ambos. Todo ello prueba que en el tubo reactor se producen reacciones u otros fenómenos anómalos desde el punto de vista académico actual, que induce a creer en una captación o cohesión de este océano energético.

Sería muy útil conocer la composición de gases a la salida del reactor, con el Sistema G, o sea utilizando solo agua. Ello requiere unos trabajos de laboratorio que probablemente se hacen, pero se mantienen en secreto.

Parece que Renault y BMW han mostrado interés por el sistema, y si ello fuera cierto, lo lógico es que hayan efectuado ensayos que no interesa divulgar. Si en estos sistemas intervienen energías como la del Punto Cero, o de otro nivel dimensional, cuyas leyes no conocemos, los experimentos son poco reproducibles.

Un tractor con el sistema G, un día podrá mejorar el rendimiento en un 40 % y otro día nada, aunque a la larga puede obtener una ganancia media muy interesante de un 20 %. Pero un fabricante de coches tiene que garantizar



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

unos mínimos constantes, lo que ahora todavía no puede. **Paul Pantone** tuvo demandas judiciales porque sus *GEET* fallaban frecuentemente. Un ejemplo de la poca reproducibilidad cuando se trata de cohesionar energías caóticas de otros niveles, son los resultados hallados por **Naudin** en sus pruebas del proceso **Langmuir**, cuyo rendimiento, aunque siempre positivo, era muy variable.

## 2.5. Conclusiones del capítulo

En general se puede deducir que el sistema pantone tiene dos partes principales el reactor (tipo intercambiador de calor de doble tubo) y el burbujeador (ó **bubeller**). En el reactor se instala una barra de acero que actúa como barra imantada cuya longitud es primordial para el buen desempeño del motor Pantone. Éstos tres implementos permiten gasificar un combustible que en teoría es mejorado ya que proviene de la mezcla agua – combustible (sea gasolina o diesel) del burbujeador y por múltiples afirmaciones se dice que cierta cantidad del agua se descompone en hidrógeno que luego es aprovechado en el *MCI*, es por ello que se habla de “combustible mejorado”.

Sin embargo, no se tiene ningún tipo de sustento científico para explicar lo que realmente sucede en el sistema Pantone, lo que sí se puede verificar es el ahorro de combustible obtenido que se describe entre el 10 y 50 % y según la literatura las emisiones contaminantes disminuyen en un 90 %.



# CAPITULO III

## EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL SISTEMA PANTONE

### III. Capítulo: EVALUACION EXPERIMENTAL DEL SISTEMA PANTONE

#### **3.1. *Introducción***

Respecto a las experimentaciones realizadas con el sistema pantone a nivel mundial y con la nueva difusión de resultados vía Internet hace posible la extensa información sobre los resultados obtenidos, entre ellos se recopila el plano básico de un prototipo indicado en el Anexo 1, el cual servirá de punto de partida para los diseños constructivos propuestos en esta investigación. Respecto a la evaluación experimental se tendrá como principio la disminución de gases contaminantes productos de la combustión interna del motor, así mismo las condiciones de mayor rendimiento con el sistema Pantone, esto es Relación de agua – gasolina.

#### **3.2. *Equipos e Instrumentación Técnica disponible para la Investigación.***

Los resultados satisfactorios de la investigación está relacionada con la cantidad de datos registrados durante el funcionamiento y con la aplicación específica del MCI, (grupo electrógeno, bombeo de agua, cortadoras de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

césped, etc.). En esta investigación se hace uso del equipamiento disponible del Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética CIEREE<sup>9</sup> y de las instalaciones y herramientas del Taller Mecánico, ambos pertenecientes a la Universidad Nacional de Loja:

**Analizador de Gases:** Instrumento que permite registrar datos de  $CO_2$ ,  $CO$ , eficiencia neta de combustión  $Eff_n$ , Exceso de aire  $Ea$ , Temperatura de los gases  $T$ , Caudal Másico de los gases  $\dot{m}$ .



*Figura 3.1.- Analizador de Gases*  
Fuente Propia

**Cámara Termográfica:** Instrumento con un dispositivo infrarrojo que permite medir temperaturas en equipos en funcionamiento.

---

<sup>9</sup> Este centro se dedica a la investigación y desarrollo de proyectos financiados por la Universidad Nacional de Loja u Organismos Estatales, mayor información puede dirigirse a la página: [www.cieree.org/](http://www.cieree.org/)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



*Figura 3.2.- Cámara termográfica*  
Fuente Propia

Multímetro digital: Se disponen de dos, el primero para medir voltaje, Intensidad y frecuencia y un segundo que dispone además de lo anterior una termocupla que permite cuantificar la temperatura.



*Figura 3.3.- Multímetro Digital y Multímetro con Termocupla*  
Fuente Propia

**Grupo Electrónico:** Se disponen de dos equipos cuya potencia del motor es de 6 CV (4,78 kW) y la generación eléctrica es de 2,5 kW. Uno será utilizado para acoplar el sistema Pantone y el otro se utilizará en su condición normal de fábrica.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



*Figura 3.4.- MCIbp. Grupo Electrónico de 2.5 kW*  
Fuente Propia

**Cronómetro Digital:** Utilizado para registrar el tiempo, en este caso el tiempo de funcionamiento del motor en las diferentes pruebas a efectuarse.



*Figura 3.5.- Cronómetro Digital*  
Fuente Propia

**Envase de medición de volumen:** para medir las cantidades de gasolina y agua.



*Figura 3.6.- Envase para medir Volumen*  
Fuente Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Taller Mecánico:** En sus instalaciones se construyeron los sistemas pantone, que luego se acoplan al *MCI* para las diferentes pruebas de funcionamiento.



*Figura 3.7.- Instalaciones del taller Mecánico de la Universidad Nacional de Loja*  
Fuente Propia

**Herramientas Mecánicas:**



*Figura 3.8.- Herramientas mecánicas*  
Fuente Propia

**Cámara Digital:** Para ir evidenciando los resultados obtenidos.



*Figura 3.9.- Cámara Digital*  
Fuente Propia

**Reflectores:** Utilizados para la carga. Se disponen de 2, cada uno de 500 W de potencia.



*Figura 3.10.- Reflectores cada uno de 500 W*  
Fuente Propia

**Herramientas de Oficina:** Computadora, calculadora, cuaderno de datos.

### **3.3. Diseño Técnico de los prototipos Pantone y acople al motor de Combustión Interna**

El sistema Pantone se diseña a partir de la Figura 2.5 y tomando en cuenta que se va a acoplar a un *MCIbp* con fines de generación eléctrica, el cual tiene una potencia de 2,5 *kW* y funciona a gasolina se ha propuesto un diseño constructivo según se indica en el anexo 2.1 y cuyos planos constructivos para la presente investigación se indican en los Anexos 8 y 9.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Inicialmente el motor es como se indica en la Figura 3.4.

### 3.3.1 Materiales

El anexo 2.1 indica 2 partes principales el reactor y el burbujeador, a continuación se indican los materiales completos utilizados para el montaje de estos dos componentes en el *MCIbp*.

1. Para la construcción del Sistema Pantone (o Procesador GEET)

*Tabla 3.1 Materiales para la construcción del Reactor*

Denominación	Cantidad	Material
Tubo Negro de 1" x 50 cm.	1	Acero
Tubo negro de 1/2" x 50 cm.	1	Acero
Varilla redonda de 3/8" x 50 cm.	1	Acero
Te de 1"	2	Hierro Galvanizado
Te de 1/2"	3	Hierro Galvanizado
Bushing 1" a 1/2"	4	Hierro Galvanizado
Codo Cachimba de 1/2"	3	Hierro Galvanizado
Neplo de 1/2"	8	Acero
Válvula de 1/2"	4	Hierro Galvanizado
Unión de manguera de 3/4"	2	PVC
Unión de manguera de 3/4"	1	Bronce
Manguera de caucho de 3/4" x 60 cm.	1	Caucho
Abrazaderas de 3/4"	4	Acero
Teflón grande	3	-----

En la lista descrita también se incluyen los accesorios utilizados para el acople de los gases de combustión desde la expulsión del pistón hasta la entrada en el sistema Pantone.

2. Para la construcción del Burbujeador

*Tabla 3.2 Materiales para la construcción del Burbujeador*

Denominación	Cantidad	Material
--------------	----------	----------



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Adaptador de acero Galvanizado Niple tuerca	2	Hierro Galvanizado
Tapón de 3" rosca gruesa	1	Hierro Galvanizado
Tapón de 3" sin rosca	1	PVC
Tubo de 3" x 60 cm.	1	PVC
Unión de ½"	1	Hierro Galvanizado
Tubo negro de ½"x 60 cm.	1	Acero Cédula 40
Electrodos E 60-11	10	-----
Teflón Grande	1	-----
Pegatubo	1	-----

Además se utilizó un tanque hermético, Figura 3.11, de 10 litros de capacidad.

En la Figura 3.14 se indica el burbujeador construido.



*Figura 3.11.- Tanque hermético de 10 l de capacidad*  
Fuente Propia

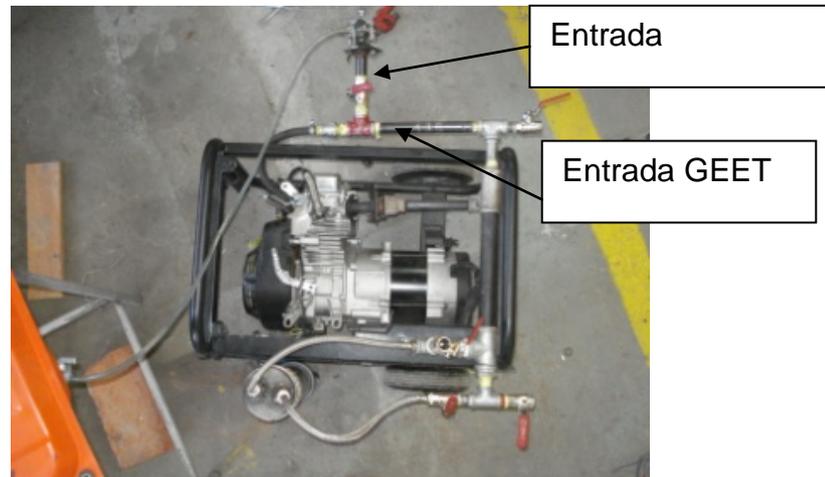
### **3.3.2 Construcción y montaje del sistema Pantone**

A continuación se describen los pasos que se siguieron desde la construcción hasta el montaje definitivo del sistema pantone al *MCI*. Además se recomienda seguir esta metodología para el acople hacia otros motores.

Paso 1.- Desmontaje del tanque de gasolina del motor.

Paso 2.- Desmontaje del Filtro de aire y Carburador: Se debe tener presente que el sistema Pantone en el encendido funciona en la forma original de fábrica, luego de lo cual debe ser desacoplado (mediante válvulas) para luego quedar funcionando con el sistema Pantone. Por

ésta razón se desmonta el carburador y proceder a construir un sistema de doble entrada al pistón (se puede utilizar una Te) una para el carburador y otra para el sistema pantone. Figura 3.12



**Figura 3.12.-** Sistema de doble entrada para la admisión del Combustible al pistón  
Fuente Propia

Paso 3.- Desmontaje del silenciador: De esta manera se aprovechan todos los gases de la combustión desde la salida al Procesador GEET. Luego se lo vuelve a montar con todo el sistema para evitar ruidos altamente sonoros. Un figura al respecto puede revisar en el anexo 10.

### **3.3.2.1 Construcción del Reactor**

La fundamentación sobre la construcción del reactor se basa en la hipótesis de: “Aumentando la longitud se aumenta el área de transferencia de calor y por tanto existe un mayor aprovechamiento de la energía almacenada en los gases de combustión que se verá reflejada en un aumento de la eficiencia de combustión”. En otras palabras se trata de dar respuesta a la pregunta:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

¿Aumentando la longitud del reactor se obtiene mayor rendimiento del sistema Pantone?



*Figura 3.13.- Construcción de los reactores A, B y C.*  
Fuente Propia

De acuerdo a lo anterior se construyeron 3 tipos de reactores (A, B y C), ver Figura 3.13 en el que se diferencia cada uno en la longitud, En el anexo 2 se puede evidenciar el uso de una varilla que va en el tubo interno del reactor, para los tres reactores se utiliza el mismo diámetro de varilla (3/8"). En el reactor C se realizó pruebas, a más de la varilla de 3/8" (9,5 mm), con una varilla de 14 mm de diámetro, al cual se lo denominó reactor D. En la Tabla 3.3 se muestran las variaciones que se realizaron con los reactores para la ejecución de las pruebas experimentales.

*Tabla 3.3 Variaciones en los reactores para las pruebas experimentales*

Ítem	Longitud Mm	Diámetro de la varilla Mm
Reactor A	520	9,5 (3/8")
Reactor B	480	9,5 (3/8")
Reactor C	200	9,5 (3/8")
Reactor D	200	14



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

El objetivo de la Tabla 3.3 es evidenciar que tipo de reactor resulta más eficiente para operar acoplado al *MCI*.

Sin embargo inicialmente se planteó la experimentación con el Reactor A, B y C, en total 3 a diferencia de los 4 que se indican y con la varilla de 9.5 mm de diámetro, pero luego se decidió una nueva experimentación variando el diámetro de la varilla hasta 14mm de manera que el espacio entre el tubo interno del reactor y la varilla sea de 1 mm en todo su perímetro, esto debido a las recomendaciones dadas en la literatura y experiencias en otros modelos como el anexo 1. En el apartado 3.5.2 se indican los resultados obtenidos, mientras que en el Capítulo 4 se realiza un análisis a detalle de todos los resultados.

Los planos constructivos del reactor C, se muestran en el anexo 9.

### **3.3.2.2 Construcción del Burbujeador**



**Figura 3.14.- Burbujeador de 3 L de capacidad**  
Fuente Propia

El burbujeador, Figura 3.14, es el recipiente donde se almacena el agua y gasolina, para ello se utilizó el tubo PVC de 3" de diámetro, por la parte



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

inferior se pegó el tapón PVC mientras que por la parte superior se instaló una tapa tipo roscable (material hierro galvanizado), este permite la entrada y salida de los líquidos. En esta tapa se realizaron dos agujeros en el cual van soldados 2 uniones tipo cintura. Para mayores detalles de los planos constructivos puede referenciarse al anexo 8.

### **3.3.2.3 Sistema de acople y montaje**

El sistema de acople consiste en realizar la conducción de los gases de escape emanados desde el pistón hasta el reactor, así mismo la conducción del nuevo combustible que se origina en el burbujeador hasta la entrada de admisión de combustible en el pistón. Se recomienda la mínima incorporación de accesorios y longitudes de tubería pequeñas, de esta manera se minimiza las pérdidas de presión.

Para admisión debe tomarse en cuenta que el encendido inicial se lo hace con el carburador y luego aproximadamente de 1 minuto de funcionamiento se abren o se cierran las válvulas correspondientes para que el *MCI* empiece a funcionar con el procesador *GEET*, ver Figura 3.12.

En cuanto al montaje se debe asegurar la fijación del reactor y del burbujeador para evitar posibles vibraciones que originen futuras fugas en las uniones.

Respecto a las Válvulas deben ser seguras en su apertura y cierre ya que esto puede provocar dificultades en el buen funcionamiento del motor, además que su calibración modifica las revoluciones del motor y



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

por ende su potencia. La explicación sobre la función de cada válvula puede ver el Anexo 7.

Una vez construido y acoplado el sistema Pantone al *MCI*, éste puede funcionar de dos formas de:

- a) Primera Forma: Los gases de Escape entran en el burbujeador. Este sistema se comporta como un ciclo cerrado, el anexo 2.1 se refiere a éste tipo e indica la forma de acople de todos los accesorios. En esta investigación se denota a este sistema con la simbología *GEETA*.

En la Figura 3.15 se representa el montaje completo del motor más el burbujeador y sistema Pantone *GEETA*, basado en el esquema del anexo 2.1.



*Figura 3.15.- Sistema Pantone GEETA y burbujeador acoplado al MCI*  
Fuente Propia

- b) Segunda Forma: Los gases de escape después de pasar por el reactor son expulsados hacia el ambiente externo, es decir se comporta como un ciclo abierto, mientras que en el burbujeador por



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

donde, en la primera forma, entraban los gases de escape ahora se deja libre para que entre aire del medio ambiente. A esta forma se ha denotado con la nomenclatura *GEET B*. El anexo 2.2 representa éste tipo, mientras que la Figura 3.16 indica como quedó acoplado el sistema *GEET B*.



**Figura 3.16.- Sistema Pantone *GEET B* y burbujeador acoplado al MCI  
Fuente Propia**

El tanque hermético de 10 l de capacidad se utilizó para dosificaciones grandes de agua – gasolina, para el acople de este tanque simplemente desmontar el burbujeador construido y proceder acoplar el tanque, En la Figura 3.17 se indica lo explicado.



*Figura 3.17.- Sistema Pantone GEET B y tanque acoplado al MCI  
Fuente Propia*

### ***3.4. Fundamentación y Justificación de variables técnicas que intervienen en el sistema Pantone.***

Una vez construido y montado el sistema pantone se procede a delimitar el registro de variables para efectos de ésta investigación.

#### ***3.4.1. Variables de Medición***

Durante el funcionamiento del sistema Pantone intervienen varios procesos:

- Químicos: Proceso estequiométrico de la combustión de la gasolina.
- Mecánicos: Transferencia de calor en todas los conductos. Transporte de fluido. Rozamientos que provocan pérdidas de energía. Movimiento rotativo en el eje del motor.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Eléctricos: Conversión de energía mecánica en el eje del *MCI* en energía eléctrica a través de la dínamo.

En todos los procesos se suscitan diferentes variables técnicas que van originándose sistemáticamente y a medida que exista una conversión de la energía. En un ámbito amplio por ejemplo el tiempo de funcionamiento del *MCI* (tiempo operativo) depende de la cantidad (Volumen) de combustible y de la carga que se instala.

En todo el sistema existen variables que con leves cambios influyen radicalmente en el rendimiento final, pero existen otro tipo de variables que si bien, sí influyen, pero se pueden considerar como constantes, por ejemplo la carga instalada (demanda energética) que en todas las experiencias debe ser la misma para garantizar iguales condiciones de funcionamiento.

Otro tipo de variables por ejemplo las presiones que se originan en los conductos o las transformaciones químicas que se originan antes y después de la combustión, que a veces ya sea por dificultades en medición o por no disponer del equipamiento necesario por sus elevados costos hacen que no se puedan obtener enteramente la medición de todos los fenómenos que ocurren dentro del mecanismo en estudio.

De lo anteriormente expuesto, en los apartados 3.4.1.1 y 3.4.1.2 se sintetiza y se fundamenta cada variable de medición teniendo presente que en esta investigación el principal efecto que se desea comprobar es el rendimiento



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

operativo de los procesadores *GEET A* y *GEET B*, el ahorro de combustible o el tiempo de funcionamiento.

Por ello en primer lugar, sin el sistema Pantone, la variable primordial de la investigación es el Volumen de Gasolina consumido y cuando se haya instalado el sistema, entonces las variables son volumen de agua y volumen de gasolina consumidos (Dosificación). Para ambos casos el volumen de gasolina y la demanda energética será la misma y lo que se presume es la variación del tiempo de operación del *MCIbp*.

### **3.4.1.1. MCI Sin el Sistema Pantone**

- En primer lugar se hará funcionar el *MCI* de 2,5 kW, en forma original como viene de fábrica con una carga instalada de *Pelec* = 1000 W. Esta carga consiste en la potencia de los reflectores que son dos, cada uno de 500 W.
- Datos Principales de medición: Volumen de Gasolina (*G*) y el Tiempo (*t*) en que opera la Máquina para la carga constante instalada (*Pelec*). Éstos datos obtenidos servirán como *Datos Base* para comparar luego con los obtenidos con el sistema Pantone.
- Datos Secundarios de medición: En este grupo pertenecen todos aquellos que son originados a partir de la combustión del combustible, entre éstas variables se encuentran las que son medidas por el analizador de gases:  $CO_2$ ,  $CO$ , eficiencia neta de combustión  $Effn$ , Exceso de aire  $Ea$ , Temperatura de los gases  $T$ ,



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Caudal Másico de los gases  $\dot{m}$ . En cuanto a las variables eléctricas se mide el Voltaje  $V$  y la Intensidad  $I$  para la carga Instalada  $P_{elec}$ . Estos datos permitirán comprobar la potencia consumida y que luego comparada con el sistema Pantone, ésta reduce, aumenta o no sufre variación.

### **3.4.1.2. MCI Con el Sistema Pantone**

Los datos que se miden son exactamente iguales a lo explicado en el apartado 3.4.1.1 (*MCI* sin el sistema Pantone). La variación es que el sistema pantone para su funcionamiento se añade un volumen de agua ( $V_a$ ), el cual debe ser medido y que conformará dentro del grupo de Datos Principales, el volumen de agua hipotéticamente se irá consumiendo a medida del tiempo de operación ( $t$ ) de la máquina. Sin embargo en el apagado de la máquina existe un sobrante tanto de gasolina como de agua, a éstas variables se las denomina Gasolina Residual  $G_r$  y Volumen de Agua residual  $V_{ar}$ .

Los experimentos se realizarán con los dos tipos de procesadores *GEET* (Anexo 2)

Con el fin de deducir conclusiones y dar mejores explicaciones al funcionamiento del sistema pantone se añade una variable de medición al registro de datos que es la Temperatura superficial  $T_s$ , la cual se irá midiendo en los conductos del sistema pantone, y que posteriormente permitirá realizar análisis térmicos en cuanto a transferencia y/o aprovechamiento del calor.

### **3.5. Diseño estadístico de experimentos**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Para minimizar el error experimental durante las pruebas de funcionamiento, dar una mejor interpretación a los resultados y tomando en cuenta las variables definidas que a efectos de estudio se describieron en el apartado 3.4.1, a continuación se explica cuál es el diseño experimental que mejor se adapta a la presente investigación.

### **3.5.1. Diseño Experimental**

#### **3.5.1.1. Planteamiento del Problema**

En la presente investigación se plantea analizar el rendimiento operativo ó ahorro de combustible que se obtiene en un *MCIbp* acoplado con un sistema Pantone.

Se deduce que en éste sistema influyen como variables el Volumen de Gasolina  $G$ , el volumen de agua  $Va$  y el tipo de Reactor  $R$ . Éstas 3 variables experimentales se las denomina *factores* y son aquellas variables que afectan a otras dependientes llamadas *variables respuesta* que en este caso, por ejemplo pueden ser: El Tiempo de Operación  $t$ , Voltaje  $V$ , Intensidad  $I$ , Temperatura  $T$ .

En la Tabla 3.4 se indican en forma completa los factores, variables respuesta y variables constantes medibles en la investigación. Con el presente diseño experimental se pretende definir la influencia que tienen los factores sobre las variables respuesta.

*Tabla 3.4 Factores y Variables Respuesta en el Sistema Pantone*

<b>Factores (Variables experimentales)</b>	<b>Variables Respuesta <math>Y</math></b>	<b>Variables Constantes</b>
--	---	---------------------------------



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

<i>X</i>		<i>K</i>
Volumen de Gasolina <i>G</i>	Tiempo Operativo <i>t</i>	Carga Instalada, <i>Pelec</i>
Volumen de Agua <i>Va</i>	Gases de Escape ( $CO_2$ , $CO$ , eficiencia neta de combustión <i>Effn</i> , Exceso de aire <i>Ea</i> , Temperatura de los gases <i>T</i> , Caudal Másico de los gases <i>ṁ</i> .	
Tipo de Reactor <i>R</i> ( <i>A</i> , <i>B</i> , <i>C</i> ó <i>D</i> )	Intensidad <i>I</i> , Voltaje <i>V</i>	
Sistema <i>GEET A</i> Sistema <i>GEET B</i>	Gasolina residual <i>Gr</i> y Volumen de agua Residual <i>Var</i>	
	Temperatura superficial en conductos <i>Ts</i>	

### 3.5.1.2. Diseño del Proceso Experimental

Evidentemente en los apartados anteriores se ha constatado el amplio número de variables tanto de factores como de variables respuesta así como del modo como se haga funcionar al sistema Pantone (*GEET A* ó *GEET B*<sup>10</sup>), lo cual influye en la cantidad de experimentos que se deban realizar. En este trabajo se ejecutó la siguiente secuencia metodológica de experimentación:

**Tabla 3.5** *Secuencia Metodológica de Experimentación*

Nro.	Proceso Experimental	Método
1	Curva de funcionamiento del motor sin procesador <i>GEET</i>	Pruebas aleatorias
2	Deducir el reactor más eficiente en sistema <i>GEET</i>	Pruebas aleatorias

<sup>10</sup> Vea la explicación en el apartado 3.3.2.3



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

	<i>A y GEET B</i>	
3	Relación Agua – Combustible que mejor se adapta al reactor más eficiente en Sistema <i>GEET A</i>	Diseño factorial $2^k$
4	Relación Agua – Combustible que mejor se adapta al reactor más eficiente en Sistema <i>GEET B</i>	Diseño factorial $2^k$
5	Rendimiento en Funcionamiento Híbrido: Sistema <i>GEET A</i> con sistema normal de fábrica del motor. Carburador + <i>GEET A</i>	Pruebas aleatorias
6	Rendimiento en Funcionamiento Híbrido: Sistema <i>GEET B</i> con sistema normal de fábrica del motor Carburador + <i>GEET B</i>	Pruebas aleatorias y diseño factorial $2^k$

### **3.5.1.3. Pruebas Aleatorias**

Las pruebas aleatorias o exploratorias consisten en realizar experimentos en forma casual, de exploración. Este método se utilizó para evidenciar principalmente problemas o dificultades en el encendido, registro de datos rápidos.

A manera de ejemplo haciendo pruebas aleatorias al reactor A se pudo evidenciar que existe dificultades para que el sistema pantone quede operando, ya que luego de acoplado el sistema, éste se apagaba casi inmediatamente, por tanto se pudo deducir que el reactor A no es apto para el *MCI* de la investigación. Con estas deducciones se simplifican algunos experimentos.

### **3.5.1.4. Diseño Factorial $2^k$**

#### CONCEPTUALIZACIÓN DEL Diseño Factorial $2^k$

Se conoce como experimento al cambio deliberado a una o más variables (o factores) para observar el efecto de éstos cambios sobre una o más variables



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

respuesta. Un experimento diseñado proporciona más información con menos experimentación.

Durante la experimentación pueden existir factores controlados u otros tipos que nos son controlados, ejemplo de factores controlados, cantidades en una reacción, tipos de reactores, etc. Factores No controlados: temperatura ambiental, precipitación ambiental, etc.

Se conoce como Nivel de un Factor al valor que se está examinando en un experimento. El Nivel puede ser máximo al cual se le asigna el valor de +1; y mínimo al cual se le asigna el valor de -1. Estos valores +1 y -1 son valores codificados. Por ejemplo para un Factor Temperatura el cual se le asigna el rango de experimentación 20 °C (-1) hasta 100 °C (+1) correspondiendo 60 °C el valor codificado de 0, ó punto central.

Todos los factores y sus niveles se los agrupa en forma ordenada en una tabla denominada Matriz de Diseño. Mientras que el Plan experimental es la combinación de todos los factores en todos los niveles definidos.

Es importante para un diseño realizar repeticiones en los mismos puntos experimentales, éstas repeticiones se las denomina réplicas.

Un diseño factorial es aquel que se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo. En este caso se dicen que están cruzados, apareciendo el concepto de interacción.

Interacción es la variación de los niveles de 2 o más factores y la influencia que provoca sobre una variable respuesta.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En un experimento factorial se controlan diversos factores y se investigan sus efectos a dos o más niveles. Los más comunes son los diseños factoriales de dos niveles (+1 y -1) con  $k$  diferentes factores:  $2^k$ .

El diseño factorial  $2^k$  permite explorar una zona escogida del dominio experimental (niveles) y encontrar una dirección prometedora para la optimización posterior.

### **3.5.2. Ejecución de Experimentos**

El proceso experimental 1 de la tabla 3.5 se refiere cuando el motor funciona en su forma original de fábrica, es decir sin sistema Pantone (ó sin procesador *GEET*).

Para la ejecución de los experimentos con el sistema pantone se siguieron los siguientes pasos:

1. Medición de volumen tanto de gasolina  $G$  como de volumen de Agua  $V_a$  e introducirlos en el burbujeador.
2. Encendido del motor mediante el carburador y dejar encendido hasta que el reactor se caliente aproximadamente a una temperatura superficial de 100 °C, la cual se alcanza en un tiempo de 1 minuto aproximadamente. En el sistema pantone se instalaron adecuadamente válvulas de media vuelta la cual permiten el funcionamiento del motor con el carburador (forma convencional de fábrica del motor) o con el sistema Pantone.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

3. Para que empiece a funcionar el sistema Pantone, en forma coordinada operar las válvulas para que pase del funcionamiento con carburador hasta el funcionamiento con el sistema pantone, en este punto el carburador debe quedar totalmente aislado del motor. (Ver Anexo 7 sobre explicación del funcionamiento de válvulas)
4. Una vez estabilizado el motor en funcionamiento con el procesador *GEET* conectar la demanda energética (ejemplo 1000 W) y proceder a registrar los diferentes datos con los instrumentos de medida.

### **3.5.2.1. Proceso Experimental 1**

Mediante la realización de este proceso se podrá obtener la curva de funcionamiento del motor que para efectos de la presente investigación se realizó con una demanda energética *Pelec* de 1000 W, un 40 % de la capacidad máxima del grupo electrógeno.



**Figura 3.18.-** Funcionamiento en forma original de fábrica del MCI ó con carburador Fuente Propia

En la Tabla 3.6 se indican las pruebas realizadas y los resultados obtenidos. Por ejemplo para 0,2 litros de gasolina el tanque funcionó durante 12,98



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

minutos. En el caso de los datos de gases de escape se realizaron 4 mediciones para obtener los promedios y que luego son utilizados para los respectivos análisis, en forma detallada los datos emitidos por el analizador de gases se indican en el anexo 3.

**Tabla 3.6** Pruebas de funcionamiento del grupo electrógeno para diferentes cantidades de gasolina a una carga de Pelec = 1000 W

Factor		Variables de Respuesta									
	<i>G</i> (L)	<i>t</i> (min)	<i>V</i> (V)	<i>I</i> (A)	<i>Effn</i> %	<i>CO</i> ppm	<i>CO<sub>2</sub></i> %	<i>O<sub>2</sub></i> %	<i>Ea</i> %	<i>T</i> (°C)	<i>ṁ</i> (L/min)
1	0,2	12,98	118,9	7,66	61,9	27436	3,44	16,4	187,9	105,2	0,59
2	0,4	25,7	118,9	7,66							
3	0,6	40,37	118,9	7,66							
4	0,8	52,53	119	8,08							
5	1	67,05	119,1	8,08							
Promedio:					58,80	23100,7	2,83	14,96	257,9	95,55	0,58

En la tabla 3.7 se presenta en forma detallada el tiempo operativo obtenido a partir de la tabla 3.6, junto a los resultados se indican los valores calculados de potencia y Energía para 5 minutos respecto a la intensidad y voltajes obtenidos en cada experimento.

**Tabla 3.7** Pruebas de funcionamiento del grupo electrógeno para diferentes cantidades de gasolina

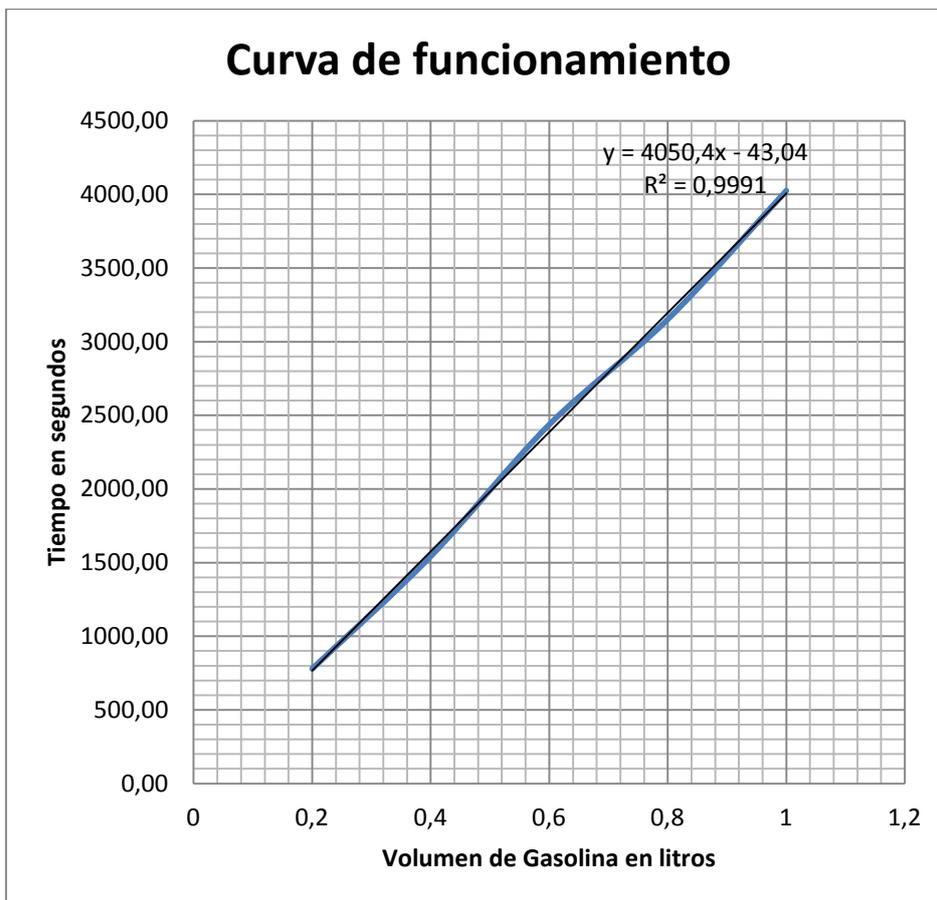
Funcionamiento del MCI para una carga de 1000 W						
Gasolina,	Tiempo, <i>t</i>	Tiempo total, <i>t</i>	Voltaje	Intensidad	Potencia	Energía



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

G									
Litros	hora	min	s	min	s	V	A	W	kW
0,2	0	12	59,25	12,99	779,25	118,9	7,66	910,77	273,23
0,4	0	25	42,72	25,71	1542,72	118,9	7,66	910,77	273,23
0,6	0	40	37	40,62	2437,00	118,9	7,66	910,77	273,23
0,8	0	52	32	52,53	3152,00	119	8,08	961,52	288,46
1	1	7	5	67,08	4025,00	119,1	8,08	962,33	288,70

Graficando en un sistema de coordenadas  $x, y$  al Tiempo total vs Volumen de Gasolina se obtiene la curva de funcionamiento del grupo electrógeno, la cual se indica en la Figura 3.19.



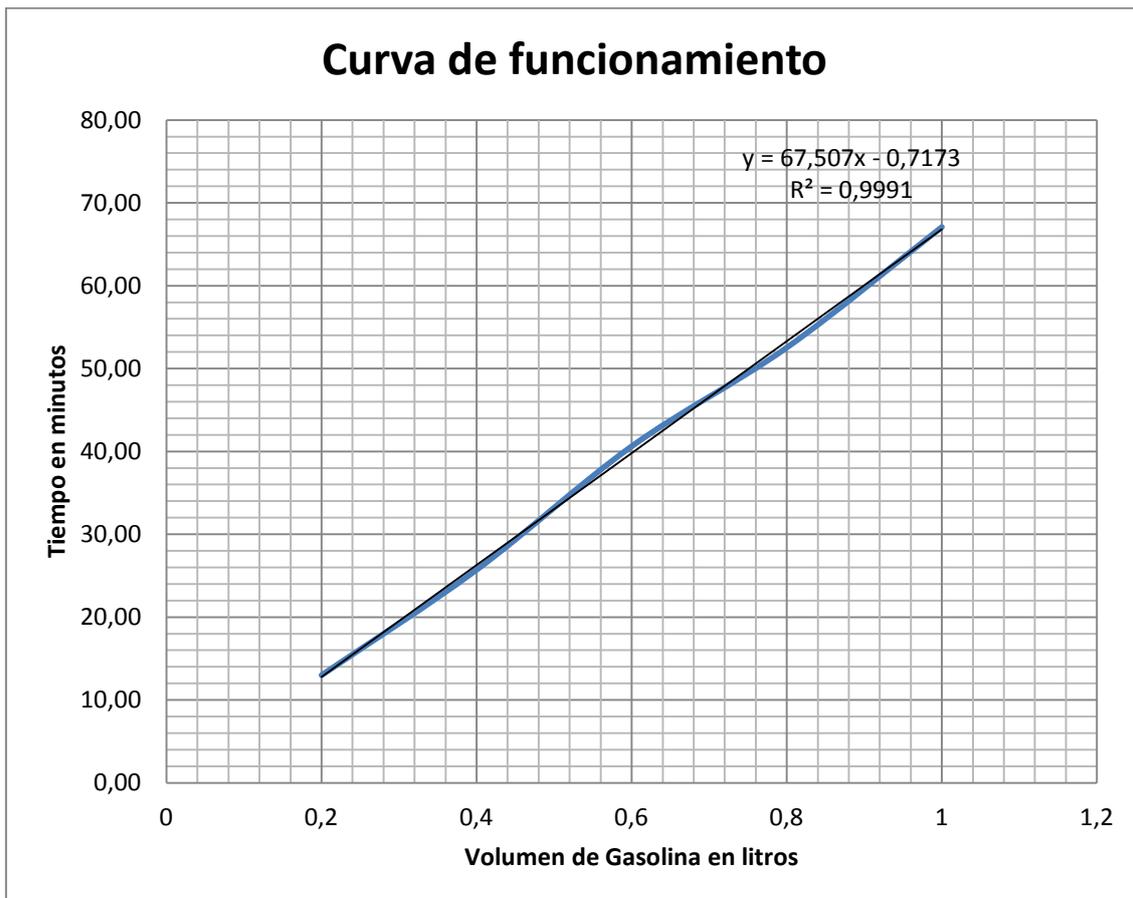
*Figura 3.19.- Curva de funcionamiento del grupo electrógeno a una carga de 1000 W Fuente Propia*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la Figura 3.19 se puede observar claramente que el tiempo de funcionamiento del motor aumenta proporcionalmente y en forma lineal a una mayor cantidad de gasolina, afirmando con un 99 % de confianza ya que  $R^2 = 0.99$  siendo la ecuación de tendencia la representada en la misma figura, donde  $y$  representa al tiempo en segundos y  $x$  corresponde al volumen de Gasolina, mediante la ecuación se puede calcular el tiempo que durará el motor encendido a una carga de 1000 W con cualquier cantidad de gasolina.

En la Figura 3.20 se obtiene la curva de funcionamiento y la ecuación de tendencia en minutos:



*Figura 3.20.- Curva de funcionamiento del grupo electrógeno a una carga de 1000 W*

Fuente Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En cuanto a la lectura de datos referentes a los gases de escape (ver tabla 3.6 ó anexo 3) se puede evidenciar un alto valor para las emisiones de *ppm CO*. En el anexo 3, los valores numéricos de los parámetros % CO y *ppm CO* están con asterisco, esto se debe a que el dispositivo de medida llega a su punto crítico de mediciones, lo que se constituyó como limitante para la medición de los gases de escape.

Como recomendación sería adquirir celdas de medición de mayor capacidad, lo que también provocaría una gran inversión económica, ya que dichos medidores son costosos. En esta investigación se utilizó el analizador descrito en el apartado 3.2. Sin embargo el lector debe entender que los datos registrados en la tabla 3.6 ó anexo 3 podrían ser mayores especialmente *ppm CO*. Debido a la limitante del medidor se optó por hacer 4 mediciones aleatorias (ver tabla 3.6) para luego obtener un promedio de los datos, los cuales servirán como datos de comparación cuando el *MCI* trabaje con el sistema *GEET A* ó *B*.

### **3.5.2.2. Proceso Experimental 2**

En el segundo proceso de experimentos el objetivo es determinar el reactor que operativamente presenta menos dificultades en su funcionamiento así como de su rendimiento tanto para el sistema *GEET A* como para el sistema *GEET B*. Para el desarrollo de este proceso se construyeron 3 tipos de reactores, Figura 3.13, además como lo indica la tabla 3.3, y como se mencionó anteriormente éste proceso se basa en dar respuesta a la hipótesis de “el aumento de la sección de transferencia de calor en el reactor aumenta el rendimiento operativo del *MCI*”.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En éste ámbito el reactor C está construido de acuerdo al anexo 9. El reactor A y B, son de mayor longitud, por lo que aumentará el área de transferencia térmica. Vale recordar que el reactor es un intercambiador de calor tipo doble tubo, en cuyo tubo interno se incorpora una varilla de sección redonda (puede revisar el anexo 2. Tal como muestra la tabla 3.3, en los reactores A, B y C la varilla es de diámetro 3/8" (9,5mm), mientras que en el reactor D la varilla es de diámetro 14 mm. Luego de hacer las pruebas aleatorias los resultados obtenidos son los que se indican en la tabla 3.8.

*Tabla 3.8 Observaciones evidenciadas del Proceso experimental 2*

Sistema <i>GEETA</i> y <i>GEET B.</i>	Longitud d mm	Diámetro de la varilla en mm	Volumen de Gasolina, litros	Volumen de Agua, litros	Dificultades en:				
					Tiempo de Construcción	Encendido	Tiempo de Funcionamiento	Vibraciones	Potencia
Reactor A	520	9,5 (3/8")	0,4 0,8 0,4	0,4 0,4 0,8		x	x	x	x
Reactor B	480	9,5 (3/8")				x	x	x	x
Reactor C	200	9,5 (3/8")							
Reactor D	200	14			x				x

La tabla 3.8 muestra los resultados de las pruebas aleatorias que se aplicaron a los diferentes reactores, es decir para cada uno de ellos se aplicaron tres experimentos referentes a la relación de volumen Gasolina – Agua (0,4 – 0,4;



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

0,8 – 0,4 y 0,4 – 0,8), y en los tres experimentos se observaron las mismas dificultades.

Por ejemplo para el reactor A durante los tres experimentos si bien el tiempo de construcción era menor referente al reactor D (se debió por el torneado de la varilla de 14 mm, ya que en el mercado no existe de estas dimensiones), el encendido del motor para que quede funcionando con el sistema Pantone origina muchos inconvenientes ya que se apaga, la regulación de las válvulas es muy sensible, una mínima apertura o cierre provoca el apagado del motor, así mismo cuando se consiguió que el motor quede funcionando con el sistema pantone la potencia era muy baja.

Los reflectores que son de potencia 1000 W en conjunto y que constituyen la demanda energética, su iluminación era muy deficiente, además que durante el poco tiempo que el motor estuvo encendido existieron vibraciones elevadas que traducidas a energía aumentan las pérdidas por fricción y por ende la disminución en el rendimiento total del motor. Estas mismas deducciones se observaron tanto en el sistema *GEET A* como en el sistema *GEET B*.

En el reactor C se observó dificultades menores, en general se puede decir que el funcionamiento con el sistema Pantone no presenta dificultades, el único inconveniente que se observó es la disminución de potencia aunque comparado con el resto de reactores es mucho mayor, por ello es que se ha decidido no poner como dificultad en la tabla 3.8.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Luego de haber culminado el proceso experimental 2, se concluyó que “*el aumento de área de transferencia de calor en el reactor disminuye el rendimiento operativo del motor*”, de esta manera en los siguientes procesos experimentales se decidió sólo trabajar con el reactor C que fue el que presentó menos dificultades y un mayor rendimiento ya sea para el sistema *GEET A* o para el sistema *GEET B*.

### **3.5.2.3. Proceso Experimental 3**

Una vez que se ha establecido cual es el tipo de reactor más eficiente para el tipo de motor del presente trabajo investigativo a continuación se procede a determinar la Relación Agua – Combustible que mejor se adapta a los Sistemas *GEET A* y *GEET B*.

En el proceso experimental 3 se realiza el estudio del reactor C en el sistema *GEET A*, cuyo montaje se indica en la Figura 3.15 y que su construcción es basado en el anexo 2.1 para ello se utiliza como método el diseño factorial  $2^k$ .

Para este diseño los factores están dados en la tabla 3.4, sin embargo el tercer factor que hace referencia al tipo de reactor, mediante los procesos experimentales 1 y 2 se ha podido sistematizar al reactor más eficiente que corresponde al reactor C, por ello los únicos factores influyentes en los experimentos posteriores son el volumen de gasolina  $G$  y el volumen de Agua  $V_a$ , quedando el diseño factorial  $2^2$ .

### **Factores y Dominio Experimental**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Una vez seleccionados los factores, a continuación se determina el rango de experimentación, esto es el *dominio experimental*. En la tabla 3.9 se describe los dominios experimentales para cada factor. Se adopta que cada factor es continuo, cuyo dominio es expresado en valores mínimo y máximo, asignándosele a cada uno la notación codificada de  $-1$  al nivel inferior y  $+1$  al nivel superior ( $-$  y  $+$  para simplificar).

**Tabla 3.9** Factores y Dominio Experimental para proceso experimental 3

Factores $X$	Dominio Experimental	
	Nivel Inferior ( $-$ )	Nivel Superior ( $+$ )
$X_1$ : Volumen de Gasolina (litros)	0,4	0,8
$X_2$ : Volumen de Agua (litros)	0	1,6

Es importante recalcar que para determinar los valores del dominio experimental se utilizó la técnica de pruebas exploratorias que consiste hacer funcionar al *MCI* con sistema *GEET A* con cantidades al azar de agua y gasolina y observando el mayor Voltaje que se obtenía.

## **Matriz de Experimentos: Diseño Factorial $2^2$**

Como se ha venido mencionado, los experimentos dependen del uso de 2 factores principales, según (Ferré, 2010) para conocer el efecto de un factor es suficiente hacerlo variar entre dos valores. Los más adecuados son los extremos de su dominio experimental: entre el nivel  $-1$  y el  $+1$ . Y además esta variación se debe realizar para cada posible combinación de los valores de los



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

demás factores. Esto permitirá descubrir si el efecto depende de qué valor tomen los otros factores.

Estas combinaciones están dadas por el diseño factorial  $2^2$ , los cuales se los muestra en la tabla 3.10, 4 experimentos correspondientes a 2 niveles del volumen de gasolina x 2 niveles de volumen de agua. Por otro lado se adicionan 4 experimentos a los 4 anteriores para lograr un rango moderado de la toma de datos quedando en total 8 (los indicados en la tabla 3.10 del 5 al 8). También se indican los valores de las variables respuesta  $Y$  medidos en cada uno de los experimentos, una explicación más detallada de las variables respuesta ver el Capítulo 4.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 3.10** Diseño Factorial 2<sup>2</sup>: Matriz de experimentos, Plan de Experimentación y Respuestas Medidas con el Sistema Pantone GEET A

Nro. Exper.	Matriz de Experimentos		Plan de Experimentación		Variables de Respuesta Y																
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	G (L)	Va (L)	t (m,s)	Effn %	CO ppm	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	Ea %	ṁ (l/min)	V (V)	I (A)	Gr (L)	Var (L)	Tec (°C)	Tsc (°C)	Tef (°C)	Tsf (°C)	Tp (°C)	Tb (°C)
1	-	-	0,4	0	12,25	49,1	5040	1,89	17,96	589,9	0,6	97	7,26	0,3	0	200	159,1	24	52	---	---
2	+	-	0,8	0	16,16	78,2	523	3	16,88	410,1	0,59	109	7,2	0,6	0	230	135,5	22	54	---	---
3	-	+	0,4	1,6	5	--	---	--	---	---	---	81	6,4	0,32	1,6	185	---	25	52	---	---
4	+	+	0,8	1,6	15,08	76,8	1867	3,4	16,21	338,9	0,6	102	7,03	0,5	1,6	232	146,3	26	52	---	---
5	-	- 0,75	0,4	0,2	9	38	1383 0	1,9	17,1	438,4	0,58	105	7,29	0,18	0,22	219	157,1	23	52	---	---
6	+	- 0,75	0,8	0,2	21,24	---	---	---	---	---	---	111	7,74	0,55	0,19	244	--	19	44	59	---
7	+	0	0,8	0,8	18,30	76,7	965	2,23	17,89	575,5	0,6	109, 2	7,6	0,55	0,8	200	106,3	20	40	---	---
8	0	- 0,75	0,6	0,2	14,31	51	1116 6	2,21	16,94	416,8	0,62	116	8,04	0,4	0,2	248	144,3	19	40	52	---

Los datos de los gases de escape, están respaldados en el anexo 4, que son los informes del analizador de gases.

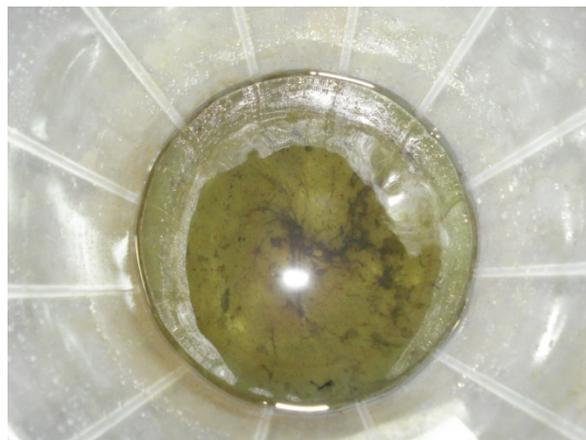


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

El análisis exhaustivo de las variables respuesta se las realiza en el capítulo 4, sin embargo de los 8 experimentos realizados en éste apartado como conclusión previa se puede destacar que en general la *Effn* aumenta, las *ppm CO* disminuyen considerablemente. Sin embargo también se puede observar la disminución del voltaje, que es una total desventaja ya que esto indica que la potencia del motor disminuye.

El tiempo de funcionamiento se refiere sólo cuando el voltaje se mantuvo en el indicado en la tabla 3.10 de cada prueba, luego se decidió apagar el motor manualmente ya que el voltaje se reducía notablemente, aunque vale recalcar que la gasolina aún no se consumía totalmente quedando un sobrante tanto de gasolina *Gr* como de agua *Var* en el burbujeador.

En la Figura 3.21 se puede observar la gasolina y agua residuales totalmente con partículas de suciedad.



**Figura 3.21.-** Gasolina y Agua residuales después del funcionamiento con sistema GEET A  
Fuente Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la Figura 3.22 se indica el resultado del nuevo combustible originado por el sistema Pantone en el Burbujeador, la cual tiene el aspecto de una niebla blanquecina.



*Figura 3.22.- Aspecto del nuevo combustible originado en el burbujeador*  
Fuente Propia

### **3.5.2.4. Proceso Experimental 4**

En el proceso experimental 4, se considera el *MCI* acoplado al sistema *GEET B* (el montaje está indicado en la Figura 3.16), utilizando el reactor C que fue el más eficiente determinado en el proceso experimental 2. Para la ejecución de los experimentos de éste proceso se utiliza el diseño factorial  $2^k$ .

### **Factores y Dominio Experimental**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

De igual forma como se explica en el proceso experimental 3, los factores influyentes en el experimental 4 son el volumen de gasolina  $G$  y el volumen de Agua  $Va$ , mientras que el dominio experimental se detalla en la tabla 3.11.

*Tabla 3.11 Factores y Dominio Experimental para proceso experimental 4*

Factores $X$	Dominio Experimental	
	Nivel Inferior (-)	Nivel Superior (+)
$X_1$ : Volumen de Gasolina (litros)	0,4	0,6
$X_2$ : Volumen de Agua (litros)	0,2	0,6

Así mismo, los niveles del dominio experimental se obtuvieron mediante pruebas exploratorias.

## **Matriz de Experimentos: Diseño Factorial $2^2$**

La explicación dada en el proceso experimental 3 permite diseñar en forma similar la matriz de experimentos para el proceso experimental 4, cuyo detalle se lo indica en la tabla 3.12, un total de 8 experimentos donde los 4 primeros corresponden al dominio experimental mientras que los 4 restantes son diferentes combinaciones aleatorias de agua – gasolina con el fin de obtener un modelo matemático que permita la valoración aceptable de los datos registrados. En la misma tabla se indica los datos registrados denominados *Variables Respuesta*.

De manera preliminar y de forma análoga a los resultados del proceso experimental 3, se evidencia un aumento de la *Effn* y una reducción en *ppm CO*, la desventaja sigue siendo la disminución de la potencia, ya que el voltaje



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

disminuye. Sin embargo con el sistema *GEET B* se logró tener una mejor estabilización del funcionamiento respecto al *GEET A*, ya que éste es más sensible en apagarse al manipularse la válvulas V2 y V4 y V6 del anexo 2.1.

Mediante los resultados de este proceso también el objetivo es determinar los porcentajes de agua y gasolina que originan las mejores condiciones de funcionamiento, en el presente trabajo investigativo se seleccionó el experimento Nro. 5 donde *ppm CO* es bajo y con un voltaje aceptablemente alto, cabe recalcar que existen otros experimentos donde se obtiene más voltaje pero así mismo las *ppm CO* aumentan, esto quedaría a criterio del lector para realizar un nuevo plan de experimentación.

Para esta investigación se seleccionó; entonces, como dentro de los mejores:

- experimento Nro. 5; y como un plan adicional,
- experimento Nro. 6 (debido al tiempo de funcionamiento que tuvo mejor estabilización).



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 3.12** Diseño Factorial 2<sup>2</sup>: Matriz de experimentos, Plan de Experimentación y Respuestas Medidas con el Sistema Pantone GEET B

Nro. Exper.	Matriz de Experimentos		Plan de Experimentación		Variables de Respuesta Y																
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	G (L)	Va (L)	t (m,s)	Effn %	CO ppm	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	Ea %	ṁ (l/min)	V (V)	I (A)	Gr (L)	Var (L)	Tec (°C)	Tsc (°C)	Tef (°C)	Tsf (°C)	Tp (°C)	Tb (°C)
1	-	-	0,4	0,2	13,25	76,8	866	3,95	15,56	286,3	0,59	106,6	7,6	0,26	0,2	188	177,8	18,8	33	59	8
2	+	-	0,6	0,2	21,16	71,4	5541	3,62	15,56	286,2	0,59	101	7,13	0,35	0,2	200	160,3	21	55	40	8
3	-	+	0,4	0,6	16,16	75,5	2368	4,61	14,53	224,6	0,59	103	7,24	0,2	0,6	184	202,7	23,4	42,1	87	16
4	+	+	0,6	0,6	15,02	77,2	558	4,07	15,44	277,4	0,6	100	7,32	0,38	0,6	297	184,4	12,3	67	37	9
5	-	0	0,4	0,4	11,05	77,4	632	3,92	15,62	290,6	0,6	108,5	7,63	0,2	0,4	270	176,4	19	48	54	12
6	-2	0	0,2	0,4	9,05	75,2	6032	4,55	14,25	211,2	0,59	106,5	7,45	0,1	0,4	187	170,6	20	36,5	92	14,5
7	2	2	0,8	0,8	26,54	69,3	7071	3,99	14,91	245	0,6	107	7,51	0,41	0,8	188	183,6	20,9	42	103	15,6
8	-1	-2	0,4	0	14,54	64,9	12012	3,92	14,53	224,7	0,6	113	7,75	0,2	0	278	176,7	19	37	49	12

Los datos de los gases de escape, están respaldados en el anexo 5, que son los informes del analizador de gases.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En cuanto a la gasolina y el agua residuales se indican en la Figura 3.23, y a diferencia de la Figura 3.21, los residuos del sistema *GEET B*, no presentan la cantidad de suciedad evidenciada en el sistema *GEET A*, debido a que los gases de escape ya no ingresan en el burbujeador (Ver figura 3.16 o anexo 2.2)



**Figura 3.23.-** Gasolina y Agua residuales después del funcionamiento con sistema *GEET B*  
Fuente Propia

El nuevo combustible originado por este sistema *GEET B* tiene igual aspecto que el mostrado en la Figura 3.22, una niebla blanquecina.

### **3.5.2.5. Proceso Experimental 5**

En los anteriores procesos experimentales se puede observar la inaplicabilidad de los dos sistemas *GEET A* y *B*, si bien, estos sistemas hacen funcionar al motor, como desventaja se observa que la potencia disminuye haciéndolo desfavorable para su explotación en el medio.

Por otro lado, si se observa el parámetro de medición de la eficiencia neta de combustión  $eff_n$ , ésta aumenta, mientras que el parámetro  $ppm\ CO$  disminuye cuando el motor funciona con cualquier sistema *GEET*.

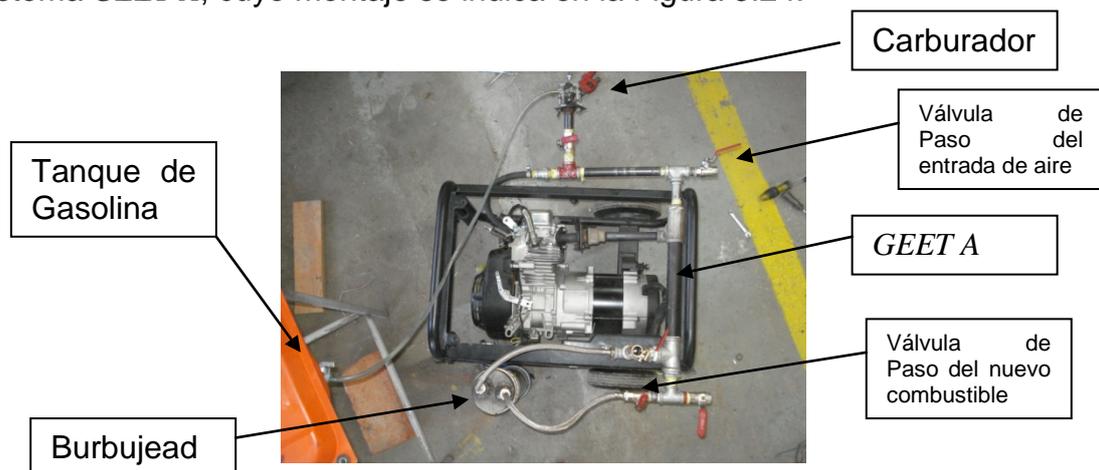


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Es por ello que en los procesos experimentales 5 y 6 se plantean el funcionamiento híbrido del motor con carburador y con el procesador *GEET*, con la finalidad de tomar las ventajas que presenta cada instalación.

La hipótesis que se asume es: “El funcionamiento del *MCI* en forma híbrida, Carburador más Sistema *GEET A* o sistema *GEET B*, aumenta la  $Eff_n$  y disminuye las  $ppm\ CO$  sin variar la potencia del motor respecto al funcionamiento del *MCI* en forma original”.

En el proceso experimental 5 se realizó los experimentos del Carburador más sistema *GEET A*, cuyo montaje se indica en la Figura 3.24.



**Figura 3.24.- Funcionamiento Híbrido: Carburador + GEET A**  
Fuente Propia

Los resultados no son favorables, ya que éste sistema no permite el funcionamiento híbrido. La principal dificultad fue que el motor tiende a ahogarse cuando se regula la válvula que permite el paso del nuevo combustible desde el burbujeador hacia la cámara de combustión.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

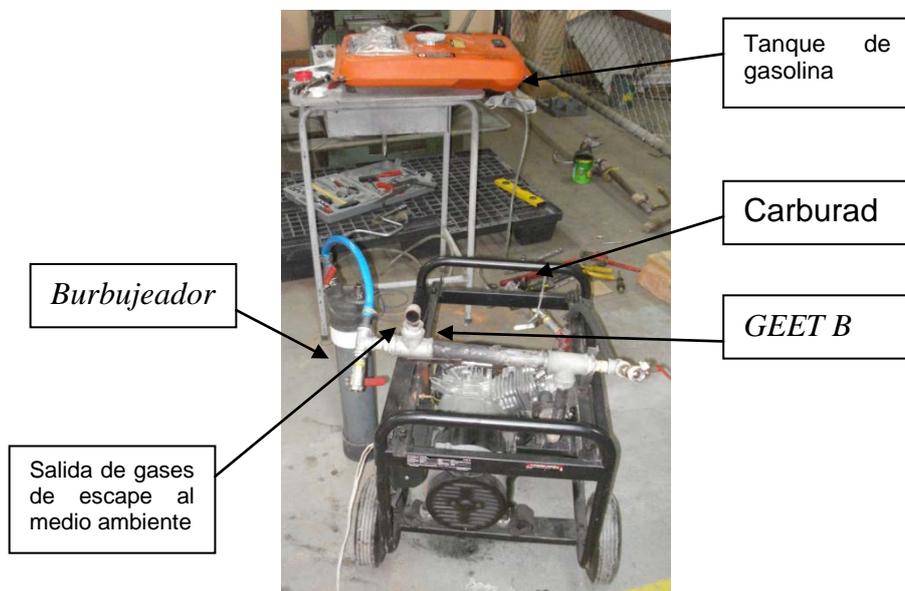
Cabe recalcar que en un inicio funciona en un lapso corto de tiempo y luego el motor va perdiendo fuerza hasta el punto de apagarse.

De ésta manera no se pudo registrar los datos y como conclusión se dedujo: “El sistema *GEET A* ahoga el funcionamiento del motor cuando éste funciona simultáneamente con el carburador”, es decir la hipótesis planteada al inicio de éste apartado no se cumple.

### 3.5.2.6. Proceso experimental 6

Siguiendo la secuencia experimental, en este apartado se enfoca en obtener los resultados del funcionamiento del *MCI* en forma híbrida, Carburador más sistema *GEET B*.

El montaje está representado por la Figura 3.25.



**Figura 3.25.- Funcionamiento Híbrido: Carburador + GEET B**  
Fuente Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La metodología utilizada fue el de pruebas aleatorias ya que el objetivo es determinar las cantidades más eficientes de agua y gasolina en el burbujeador y además la cantidad de gasolina en el tanque (que es el que alimenta al carburador).

Sin embargo, las pruebas aleatorias están basadas en los resultados del proceso experimental 4 donde se seleccionó los experimentos 5 y 6, debido a las razones ya explicadas.

Para determinar el plan experimental de éste apartado se basa en las siguientes observaciones respecto a la tabla 3.12:

1. El experimento 5 tiene cantidades de 0,4 y 0,4 litros de gasolina y Agua, respectivamente, lo cual se lo puede interpretar como gasolina – agua en una relación de 1 a 1 (Relación 1:1).
2. El experimento 6 tiene cantidades de 0,2 y 0,4 litros de gasolina y Agua, respectivamente, interpretado como relación de 1 a 2 (Relación 1:2).

De las observaciones antes descritas se plantea el siguiente plan experimental:

El método aplicado es el diseño factorial  $2^k$ , con  $k = 3$  que representan a 3 factores: Volumen de Gasolina en burbujeador  $G$ , Volumen de Agua en el burbujeador  $Va$  y volumen de gasolina en el tanque  $Gt$ . En resumen los factores y dominio experimental se representan en la tabla 3.13.

**Tabla 3.13** Factores y Dominio Experimental para proceso experimental 6

Factores	Dominio Experimental
----------	----------------------



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

$X$	Nivel Inferior (-)	Nivel Superior (+)
$X_1$ : Volumen de Gasolina en burbujeador, $G$ (litros)	0,2	0,6
$X_2$ : Volumen de Agua en burbujeador(litros)	0,2	0,6
$X_3$ : Volumen de Gasolina en tanque $G_t$ (litros)	0,2	0,6

## Matriz de Experimentos: Diseño Factorial $2^3$

La matriz de experimentos para el proceso experimental 6 se lo detalla en la tabla 3.14, un total de 8 experimentos. En la misma tabla se indican las *Variables Respuesta*.

Para el caso de los valores de los gases de escape, en forma detallada se respaldan en el anexo 6 los informes respectivos del analizador de gases.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 3.14** Diseño Factorial 2<sup>3</sup>: Matriz de experimentos, Plan de Experimentación y Respuestas Medidas al proceso experimental 6

Nro. Experi	Matriz de Experimentos			Plan de Experimentación			Variables de Respuesta Y																
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	G (L)	Va (L)	Gt (L)	t (m,s)	Effn %	CO ppm	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	Ea %	ṁ (l/min)	V (V)	I (A)	Gr (L)	Var (L)	Tec (°C)	Tsc (°C)	Tef (°C)	Tsf (°C)	Tp (°C)	Tb (°C)
1	0	0	–	0,4	0,4	0,2	24,54	67,5	4119	3,78	15,48	280,3	0,59	118	7,95	0,2	0,6	212	208,2	23,5	33,4	32	13,5
2	2	2	0	0,8	0,8	0,4	49	72,3	4232	4,39	14,65	230,5	0,59	115	7,92	0,42	0,8	252	202,8	21	38	48	21
3	–	–	–	0,2	0,2	0,2	20,39	56,6	1158 7	3,29	15,44	277,4	0,61	116,5	7,88	0,1	0,2	290	196,1	25	46	65	16
4	–	1	0	0,2	0,6	0,4	35,06	60,9	1105 2	3,61	15,05	253,2	0,61	116,3	8	0,1	0,4	288	192	16	44	59	14
5	2	2	–	0,8	0,8	0,2	33	73,5	6138	4,78	13,94	197,3	0,6	115,5	7,95	0,44	0,8	256	196,2	20	45	64	19
6	–	0	–	0,2	0,4	0,2	24,08	66	8062	3,73	15,17	260,3	0,6	115	7,76	0,08	0,4	291	185,8	18	52	45	17
7	0	2	0	0,4	0,8	0,4	55,56	74,2	7067	4,21	14,61	228,7	0,61	116	7,7	0,08	0,76	262	158,3	18	43	62	17
8	1	4	1	0,6	1,2	0,6	55	70,7	6224	4,67	14,08	203,3	0,6	116,8	8,1	0,27	1,16	182	216,7	19	37	52	18



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

De los resultados obtenidos en este proceso a primera vista se puede apreciar un notable aumento en la *effn*, y la disminución en la *ppm CO*, además que el voltaje está dentro del rango permisible para el acople de dispositivos, otro parámetro importante es la gasolina residual que aún no se ha consumido, esta es la gasolina sobrante y que viene a constituirse como un “ahorro de combustible”.

En los experimentos Nro. 7 y 8 se puede observar un consumo de agua lo que hace premeditar que es el influyente para la variación en los parámetros antes mencionados, así como del tiempo de funcionamiento.

### **3.6. Conclusiones del capítulo**

Luego de haber concluido con los procesos experimentales, económicamente la construcción no implica mayores costos de inversión, en cualquiera de los dos sistemas *GEET A* ó *GEET B*, sin embargo los mejores resultados de operatividad fueron en una manera híbrida entre el carburador, que es la forma original de fabrica del motor, acoplado al sistema *GEET B* ya que con esto se logra que durante el funcionamiento no disminuya la potencia final del *MCI*.

En esta forma híbrida se logró una reducción de *ppm CO* y un aumento en la *effn*, lo que lo hace más eficiente y amigable con el medio ambiente, pero; por otro lado, la operación con el sistema *GEET B* requiere de la manipulación de las válvulas que conforman el sistema, por lo cual requiere de precisión durante la apertura o cierre de cada una de ellas, lo cual debe ser sincronizadamente, caso contrario provocará el apagado del motor.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Esta manipulación puede llegar a ser tedioso y cansado al operarlo manualmente, problema principal que se ha evidenciado en esta investigación. Sin embargo se lo puede subsanar mediante la automatización de dichas válvulas, esto es muy importante al momento de querer instalar el sistema en automóviles donde la potencia siempre es variable y de acuerdo a la geografía del terreno.

El Sistema *GEET A* y *GEET B* permiten el funcionamiento del *MCI*, pero como gran desventaja es la disminución del voltaje y por ende de la potencia suministrada, por lo que lo convierte menos eficiente que la forma original de fábrica, lo que hay que recalcar que en ambos sistemas se observa la disminución de *ppm CO*.



## CAPITULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

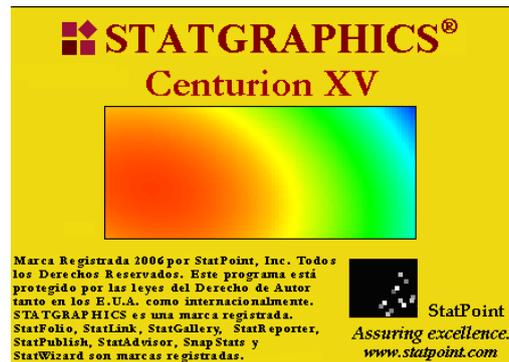
#### IV. Capítulo: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

##### 4.1. *Análisis de los datos experimentales*

El análisis de resultados parte de los datos registrados en las tablas 3.10, 3.12 y 3.14. Se puede observar que por cada variable existen 8 informaciones y se adopta una nomenclatura de la forma  $y_{11}$ ,  $y_{12}$ ,  $y_{24}$ ,  $y_{56}$ ,  $y_{15}$ ,  $y_{101}$ ,  $y_{108}$ , etc., donde el primer subíndice indica el número de variable, mientras que el segundo subíndice indica el número de experimento. De esta forma:

- La variable  $y_{11}$  se lee: Respuesta de la variable 1 (en este caso el tiempo operativo) del experimento 1
- La variable  $y_{43}$ , se lee: Respuesta de la variable 4 (en este caso porcentaje de  $CO_2$ ) del experimento 3 y así respectivamente para el resto de respuestas.

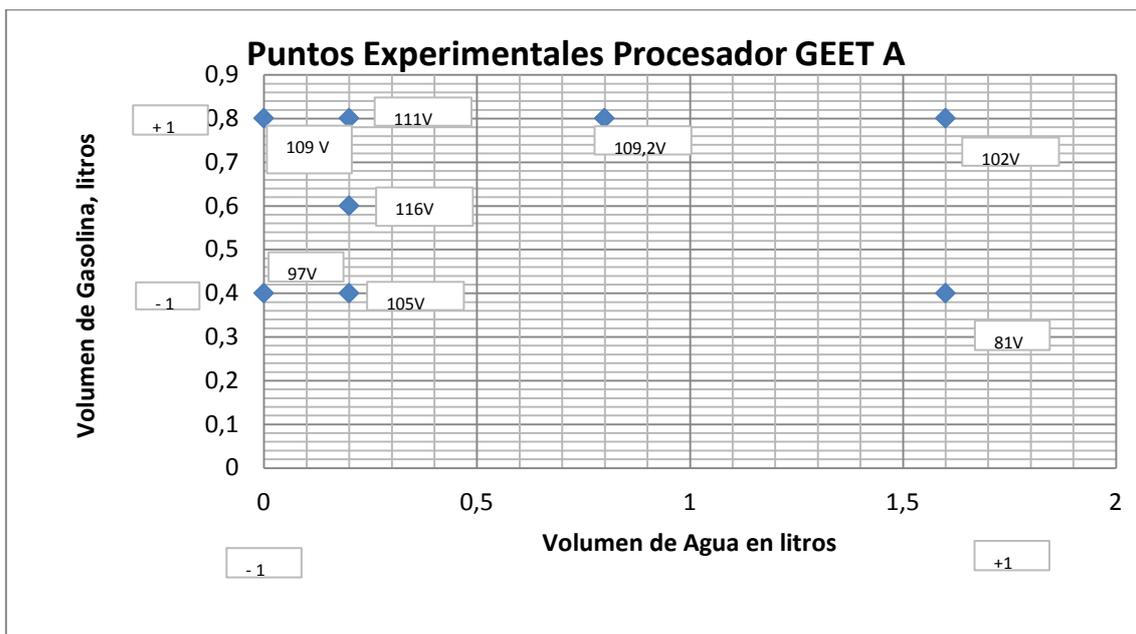
Para el análisis de los datos se recurre a softwares especializados y reconocidos a nivel mundial como lo es el EXCEL de Microsoft y el Statgraphics de Stat Point, Inc. (figura 4.1).



**Figura 4.1** .- Software STATGRAPHICS CENTURION XV  
 Fuente Software Statgraphics

### 4.1.1. Análisis de datos del Procesador GEET A

En la figura 4.2 se indican los puntos experimentales que conforman el *plan experimental* realizados para el procesador *GEET A*, junto a cada punto se indican los voltajes obtenidos, también en la figura se muestra los valores codificados +1 y -1 que son los niveles de cada factor, mientras que en la tabla 4.1 se presentan los resultados de comparación de funcionamiento entre el sistema con procesador y sin procesador *GEET A*.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Figura 4.2.- Plan Experimental para Procesador GEET A**  
Fuente Propia

En primer lugar se compara el tiempo de funcionamiento, la lógica que se utiliza es:

1. Determinar la gasolina consumida con el sistema *GEET A* para cada una de las pruebas. Por ejemplo el experimento Nro. 3 de la tabla 4.1 se utilizó inicialmente 0,4 litros de gasolina luego de haber funcionado el tiempo de 5 minutos la gasolina sobrante es de 0,32 litros.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.1** Comparación de funcionamiento entre Motor forma original respecto con el acoplado al Sistema GEET A

Nro	Gasolina G	Agua, Va	Voltaje	Intensidad	Tiempo operativo		Tiempo total t		Gasolina Residual Gr	Agua Residual, Var	Gasolina consumida	Tiempo funcionamiento de Gasolina consumida sin sistema GEET		Desfase de tiempo	Potencia con GEET	Energía sin GEET (para 5 min)	Potencia sin GEET	Energía sin GEET (para 5 min)	ppm CO con sistema GEET A	ppm CO con sistema GEET A	Efn con GEET	Efn sin GEET	
	(L)	(L)			V	A	min	S				min	s										(L)
1	0,4	0	97	7,26	12	25	12,4	745	0,3	0	0,1	373,39	6,23	6,18	704,22	211,27	910,77	273,23	23100,70	5040	58,8	49,1	
2	0,8	0	109	7,2	16	16	16,3	976	0,6	0	0,2	772,41	12,88	3,39	784,80	235,44	961,52	288,46				523	78,2
3	0,4	1,6	81	6,4	5	0	5,0	300	0,32	1,6	0,08	293,74	4,91	0,09	518,40	155,52	910,77	273,23				25328	
4	0,8	1,6	102	7,03	15	8	15,1	908	0,5	1,6	0,3	1172,7	19,55	-4,41	717,06	215,12	961,52	288,46				1867	76,8
5	0,4	0,2	105	7,29	9	0	9,0	540	0,18	0,2	0,22	852,36	14,21	-5,21	765,45	229,64	910,77	273,23				13830	38
6	0,8	0,2	111	7,74	21	24	21,4	1284	0,55	0,2	0,25	972,39	16,21	5,19	859,14	257,74	961,52	288,46				19312	
7	0,8	0,8	109,2	7,6	18	30	18,5	1110	0,55	0,8	0,25	972,39	16,21	2,29	829,92	248,98	961,52	288,46				965	76,7
8	0,6	0,2	116	8,04	14	31	14,5	871	0,4	0,2	0,2	772,41	12,88	1,64	932,64	279,79	910,77	273,23				11166	51



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

2. Utilizando la ecuación de tendencia de funcionamiento del Motor obtenida en el proceso experimental 1, ver Figura 3.20 calcular el tiempo en minutos que demoraría el motor si éste funcionase con el sistema convencional, para el ejemplo anterior reemplazando 0,32 litros en la ecuación de tendencia se obtiene 4,91 minutos (Valor que corresponde a la columna de “Tiempo funcionamiento de gasolina consumida sin GEET” de la tabla 4.1).
3. Calcular el desfase de tiempos. Para el ejemplo 5 – 4,91 = 0,09 minutos, este valor significa que con procesador GEET el motor funcionó 0,09 minutos más de lo que funcionaría sin el procesador, es decir en la forma original de fábrica del motor.

Para dar una mejor interpretación a la columna desfase de tiempos, se adopta el siguiente criterio al resultado, si es:

Positivo: el procesador *GEET* tiene ventaja.

Negativo: Procesador *GEET* no es recomendable.

Neutro: La utilización del Procesador *GEET* es indiferente.

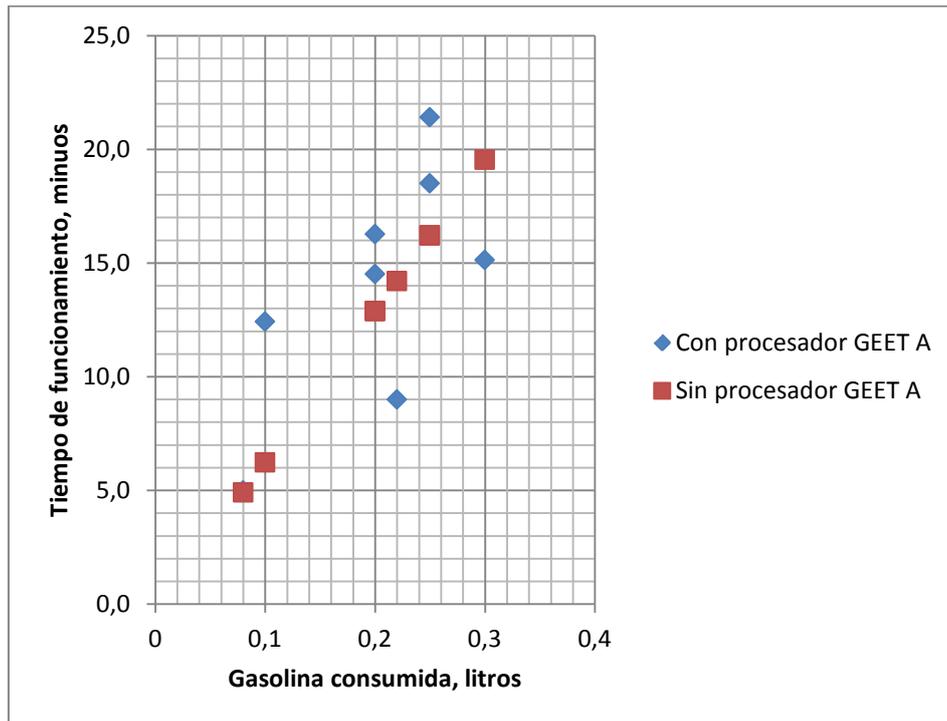
Sin embargo, a pesar de que los resultados de “desfase de tiempos” de la tabla 4.1 sea en su mayoría positivos, esto no significa la eficacia del procesador *GEET A*, ya que si se observa la potencia ha disminuido notablemente.

En la figura 4.3 se representa la comparación de desfase de tiempos, en la cual se denota claramente que los resultados del procesador *GEET A* están en su mayoría por encima de los que no están con el procesador el *GEET* para una



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

misma cantidad de gasolina consumida, es decir se evidencia la ventaja del sistema Pantone. Por ejemplo para una lectura de 0,3 litros el desfase entre los puntos con procesador y sin procesador es de -4,41 minutos, lo que representa que el motor funciona mejor sin el procesador.



**Figura 4.3.-** Desfase de tiempos para Procesador GEET A  
Fuente Propia

En cuanto al análisis de Potencia suministrada por el motor, en la Tabla 4.1 se ha realizado el respectivo cálculo, los cuales se indican en la columna “potencia con GEET” que es el resultado de la multiplicación entre el Voltaje y la Intensidad en cada uno de los experimentos. Así mismo se presenta la energía entregada para un tiempo de 5 minutos.

En forma gráfica el desfase de potencias para todos los experimentos se lo representa en la Figura 4.4, en la cual se puede observar que los puntos “sin



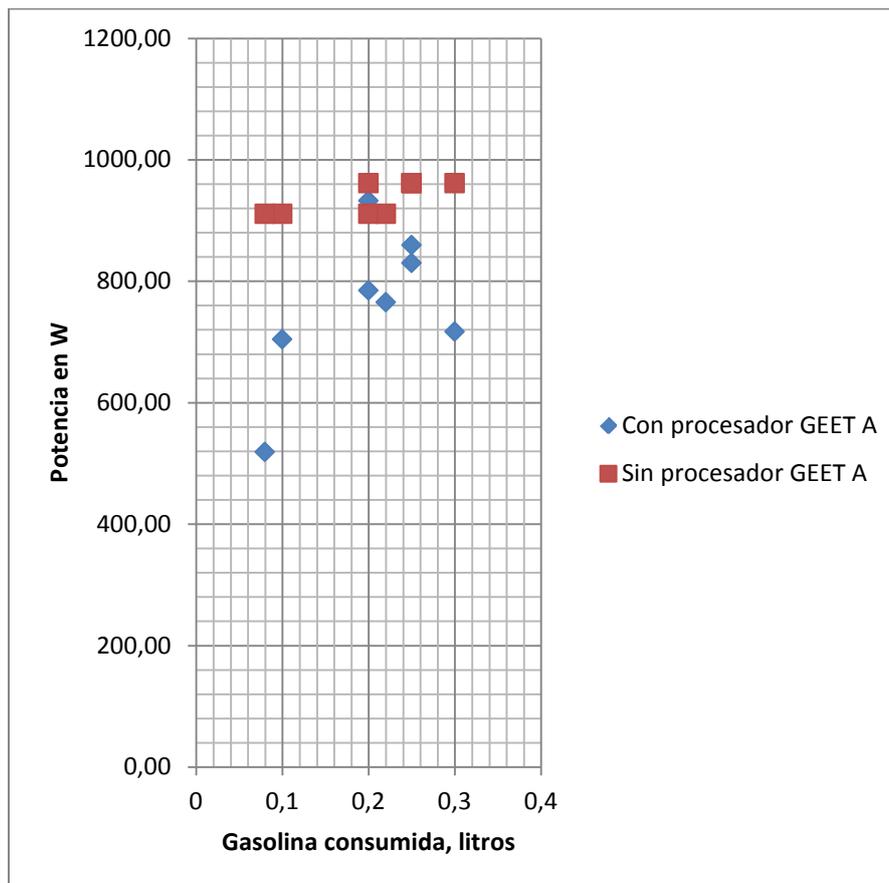
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

procesador” están por sobre los puntos de “con procesador”, lo que significa que utilizando el procesador, por un lado el tiempo de funcionamiento puede ser mayor como lo indica la Figura 4.3, pero por otro lado, este tiempo mayor se debe a que la potencia del motor ha disminuido como lo representa la Figura 4.4, es decir a menor demanda energética menor el consumo.

Es así que, tanto la potencia y la energía son mayores cuando el Motor funciona sin el procesador *GEET A*. Este problema se evidencia en todos los experimentos a excepción del número 8, donde inicialmente la gasolina en el burbujeador fue de 0,6 l, de los cuales se consumieron 0,2 l en un tiempo de 14,5 minutos dando un voltaje de 116 V y 8,04 A por lo cual se obtiene una potencia de 932,64 W mayor a los 910,77 W, cuando el motor funciona sin el procesador.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



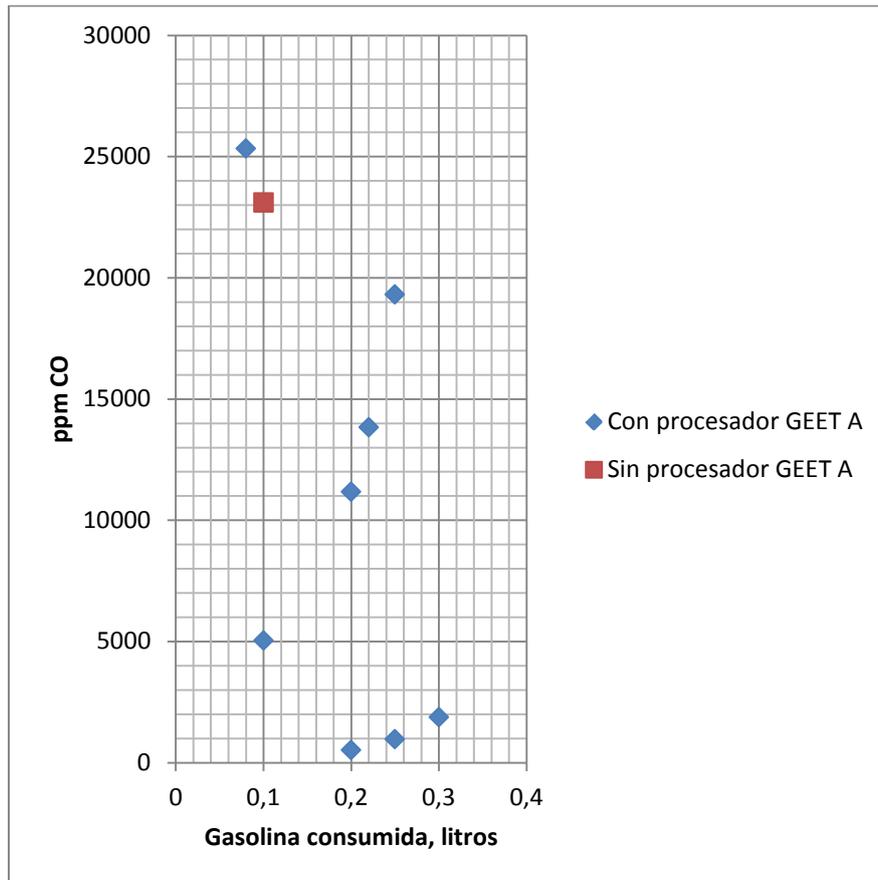
**Figura 4.4.- Desfase de Potencias para Procesador GEET A**  
Fuente Propia

A continuación se realiza la comparación entre los valores de *ppm CO*, que representa a los gases contaminantes emanados por el motor hacia el medio ambiente, este es el caso representado en la figura 4.5.

En general en todos los experimentos se obtuvo una disminución de los gases contaminantes, para ver la lectura de datos completos de otros gases emitidos en la combustión dados por el analizador de Gases puede dirigirse al Anexo 4.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



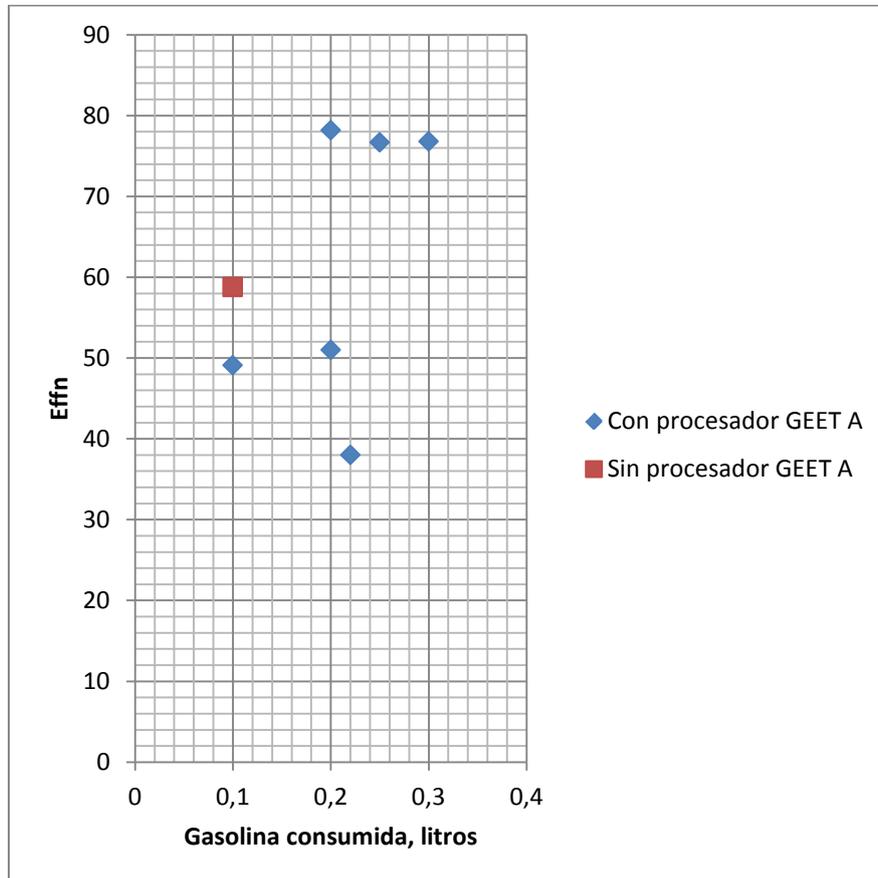
**Figura 4.5.- Desfase de ppm CO para Procesador GEET A  
Fuente Propia**

En el caso de  $ppm\ CO$  que disminuyó con el uso del procesador *GEET A*, permite concluir que el uso del *sistema Pantone A* contribuye con la reducción de gases contaminantes. Cabe mencionar que en la figura 4.5 sólo existe un dato para  $ppm\ CO$  sin procesador, ya que se utiliza sólo el promedio por lo expuesto en el apartado 3.5.2.1.

Finalmente se realiza el estudio comparativo de la eficiencia neta de combustión  $effn$ , la cual se representa en la Figura 4.6, los experimentos 2, 4 y 7 sobrepasan la  $effn$  con *GEET* respecto al promedio medido cuando no tiene Procesador.



Otra observación que se puede deducir de los datos de la tabla 4.1 es que si la *effn* disminuye las *ppm CO* aumentan.



*Figura 4.6.- Desfase de effn para Procesador GEET A*  
Fuente Propia

Tanto para la validación de las pruebas experimentales como para analizar otros tipos de resultados se hace uso del software StatGraphics, para un primer caso se presenta el análisis de Potencia.

## ANÁLISIS DE POTENCIA

En la tabla 3.10 se realizó la matriz de experimentos que representan a los niveles del plan de experimentación junto con las respectivas variables



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

respuesta, en tanto que en la tabla 4.1 se presentan los cálculos obtenidos de la potencia. Estos valores son ingresados en el libro de datos de Statgraphics para su respectivo análisis, el cual se muestra en la Figura 4.7.

	BLOQUE	Gasolina	Agua	Potencia
1	1	-1	-1	704,22
2	1	1	-1	784,8
3	1	-1	1	518,4
4	1	1	1	717,06
5	1	-1	-0,75	765,45
6	1	1	-0,75	859,14
7	1	1	0	829,92
8	1	0	-0,75	932,64

*Figura 4.7.- Libro de datos de Statgraphics para análisis de potencia en GEET A*  
**Fuente Propia**

Entre otros, se cita algunos de los resultados que emite el Statgraphics:

## 1. Efectos Estimados para Potencia

En la tabla 4.2 se presentan los Efectos estimados para Potencia, los cuales indican las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1,07082. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos. Es decir el plan



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

de experimentación para *GEET A* de esta investigación concuerda con el V.I.F. al no sobrepasar el límite máximo de 10.

*Tabla 4.2 Efectos estimados para Potencia GEET A*

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
Promedio	728,298	33,8029	
A:Gasolina	148,925	70,3771	1,07082
B:Agua	-187,362	79,4129	1,00244
AB	62,2463	81,419	1,06838

Errores estándar basados en el error total con 4 *g.l.* (grados de libertad)

Los grados de libertad corresponden a los experimentos 5 al 8 de la tabla 3.10.

## 2. Matriz de Correlación para los Efectos Estimados

*Tabla 4.3 Matriz de correlación para los efectos GEET A*

		(1)	(2)	(3)	(4)
(1)	Promedio	1,0000	-0,1464	0,3368	-0,0370
(2)	A:Gasolina	-0,1464	1,0000	-0,0493	0,2530
(3)	B:Agua	0,3368	-0,0493	1,0000	-0,0125
(4)	AB	-0,0370	0,2530	-0,0125	1,0000

La matriz de correlación muestra el grado de confusión entre los efectos. Un diseño perfectamente ortogonal mostrará una matriz diagonal con 1 en la diagonal y 0 fuera de ella. Cualquier término distinto de cero implica que los



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

estimados de los efectos correspondientes a esa fila y columna estarán correlacionados. En este caso, hay 3 pares de efectos con interacción distinta de cero. No obstante, como ninguna es mayor o igual que 0,5, probablemente será capaz de interpretar los resultados sin mucha dificultad.

### 3. Modelo matemático del proceso experimental 3

Statgraphics permite obtener el modelo matemático a partir de los datos con lo cual se realiza el resto de ajustes a los cálculos, para ello utiliza el método de coeficiente de regresión.

*Tabla 4.4 Coeficiente de regresión para Potencia GEET A*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	728,298
A:Gasolina	74,4624
B:Agua	-93,6812
AB	31,1231

La tabla 4.4 despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$Potencia = 728,298 + 74,4624 * G - 93,6812 * Va + 31,1231 * G * Va$$

(4.1)

Donde:

*Potencia en W*

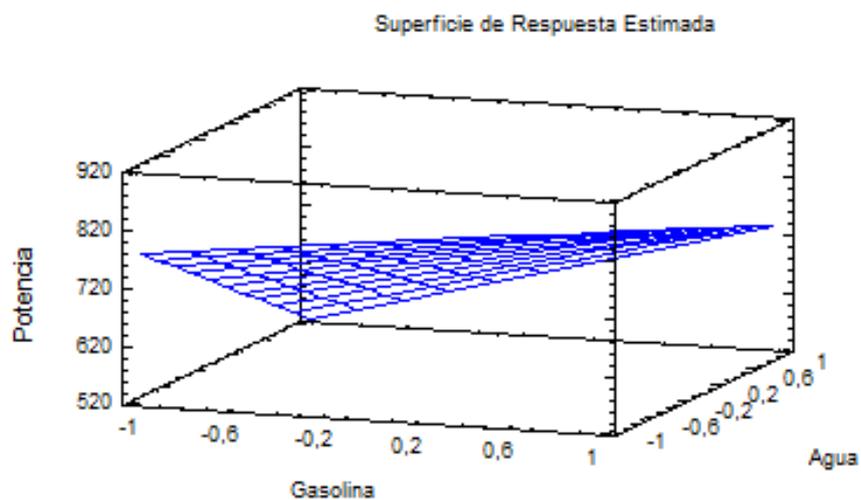


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

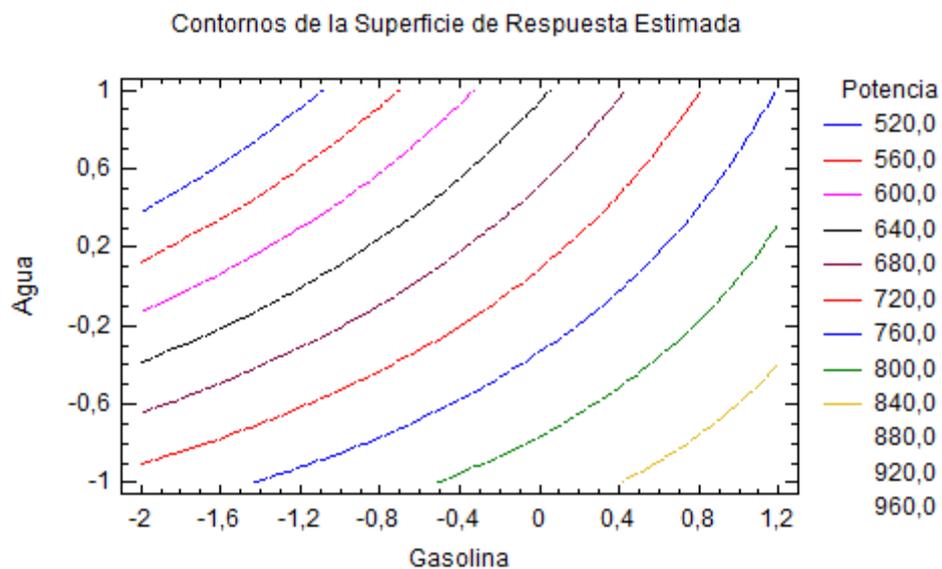
$G = \text{Volumen de Gasolina codificado}$

$Va = \text{Volumen de Agua codificado}$

El valor codificado corresponde a los niveles indicados en la matriz de experimentos de la tabla 3.10. Gráficamente se representa en las Figuras 4.8 y 4.9 donde se observa los distintos valores que toma la potencia para diferentes combinaciones de Gasolina y Agua



**Figura 4.8.- Superficie de respuesta estimada para la Potencia GEETA Fuente Propia**





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Figura 4.9.-** Contornos de la superficie de respuesta estimada para la Potencia GEET A Fuente Propia

Mediante la Figura 4.9 o la ecuación 4.1 se puede predecir que potencia se obtendría al poner diferentes cantidades de agua o gasolina.

## 4. Análisis de Varianza para Potencia. Tabla ANOVA

**Tabla 4.5** Coeficiente de regresión para Potencia GEET A

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Gasolina	35598,4	1	35598,4	4,48	0,1018
B:Agua	44252,9	1	44252,9	5,57	0,0777
AB	4646,59	1	4646,59	0,58	0,4872
Error total	31799,4	4	7949,86		
Total (corr.)	108368,	7			

R-cuadrada = 70,656 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 48,6479 %

El StatAdvisor de StatGraphics indica que: “La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Potencia en piezas separadas para cada uno de los efectos, entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 0 efectos tienen un *valor-P* menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El parámetro estadístico *R-Cuadrada* indica que el modelo, así ajustado, explica 70,656% de la variabilidad en Potencia. El estadístico *R-cuadrada ajustada*, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 48,6479%.



## 5. Optimizar Respuesta

La Tabla 4.6 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Potencia sobre la región indicada.

Meta: maximizar Potencia

Valor óptimo = 865,319

*Tabla 4.6 Optimización de la Potencia GEET A*

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Gasolina	-1,0	1,0	1,0
Agua	-1,0	1,0	-1,0

## **ANÁLISIS DE ppm CO del sistema GEET A**

En estudio similar al análisis de potencia, a continuación en las Tablas 4.7 a la 4.10 y la Figura 4.10 se presentan los resultados obtenidos para ppm CO.

*Tabla 4.7 Efectos estimados para ppm CO GEET A*

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
Promedio	11175,4	2950,82	
A:Gasolina	-12027,0	6143,57	1,07082
B:Agua	4763,31	6932,35	1,00244
AB	-12517,4	7107,47	1,06838

Errores estándar basados en el error total con 4 g.l.

El V.I.F. no sobrepasa el valor de 10.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.8** Análisis de varianza para ppm CO GEET A

Fuente	Suma de Cuadrados	de g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Gasolina	2,32172E8	1	2,32172E8	3,83	0,1219
B:Agua	2,86018E7	1	2,86018E7	0,47	0,5298
AB	1,87903E8	1	1,87903E8	3,10	0,1530
Error total	2,42325E8	4	6,05813E7		
Total (corr.)	5,99397E8	7			

R-cuadrada = **59,5718** por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **29,2507** por ciento

En este caso, ningún efecto tiene un *valor-P* menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

**Tabla 4.9** Coeficiente de Regresión para ppm CO GEET A

Coeficiente	Estimado
Constante	11175,4
A:Gasolina	-6013,49
B:Agua	2381,65
AB	-6258,68

Datos que permiten encontrar el modelo matemático para ppm CO

$$ppm\ CO = 11175,4 - 6013,49 * G + 2381,65 * Va - 6258,68 * G * Va$$

(4.2)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Donde:

$ppm\ CO = partes\ por\ mill6n\ de\ mon6xido\ de\ Carbono$

$G = Volumen\ de\ Gasolina\ codificado$

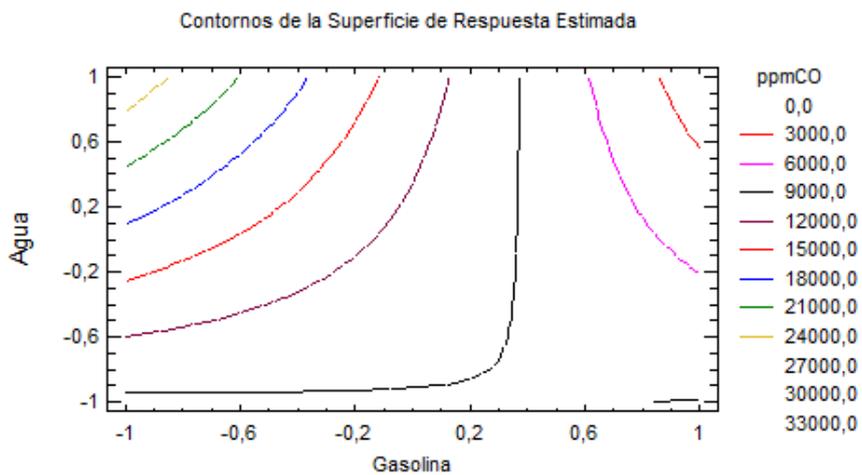
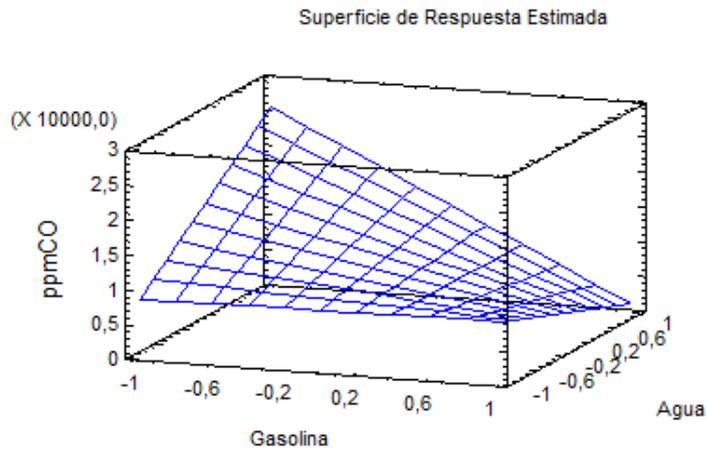
$Va = Volumen\ de\ Agua\ codificado$

Mediante la ecuaci6n 4.2 6 gr6ficamente de la **figura 4.10** se puede obtener el valor de  $ppm\ CO$  para varias combinaciones de Agua – Gasolina.

La matriz de correlaci6n, Tabla 4.10, no tiene ning6n valor mayor a 0,5 fuera de la diagonal, por lo cual la interpretaci6n de datos no presenta dificultades.

**Tabla 4.10** Matriz de Correlaci6n para los efectos estimados GEET A

		(1)	(2)	(3)	(4)
(1)	promedio	1,0000	-0,1464	0,3368	-0,0370
(2)	A:Gasolina	-0,1464	1,0000	-0,0493	0,2530
(3)	B:Agua	0,3368	-0,0493	1,0000	-0,0125
(4)	AB	-0,0370	0,2530	-0,0125	1,0000

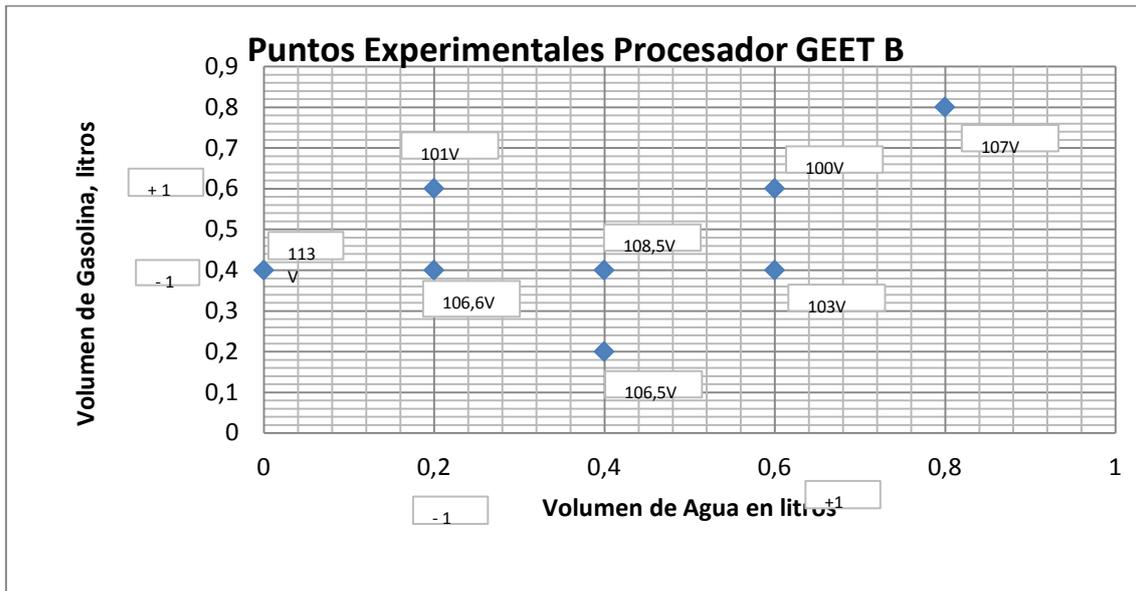


**Figura 4.10.- Superficie de Respuesta para ppm CO GEET A**  
Fuente Propia

#### 4.1.2. Análisis de datos del Procesador GEET B

La explicación para el procesador *GEET B* sigue el mismo esquema explicado en el análisis para el procesador *GEET A* del apartado 4.1.1.

La región de experimentación está dada por los puntos experimentales de la figura 4.11, que en conjunto forman el *Plan experimental*.



*Figura 4.11.- Plan Experimental para el Procesador GEET B  
Fuente Propia*

En este caso el mayor voltaje obtenido es de 108,5 V correspondiente a una combinación de 0,4 litros de agua e igual cantidad de gasolina, es decir una relación de 1:1. En cantidades codificadas es -1 Gasolina y 0 en Agua.

Los resultados obtenidos se registran en la Tabla 3.12, mientras que en la Tabla 4.11, se presenta una comparación de datos entre el funcionamiento “Sin procesador” y “Con procesador GEET B”



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

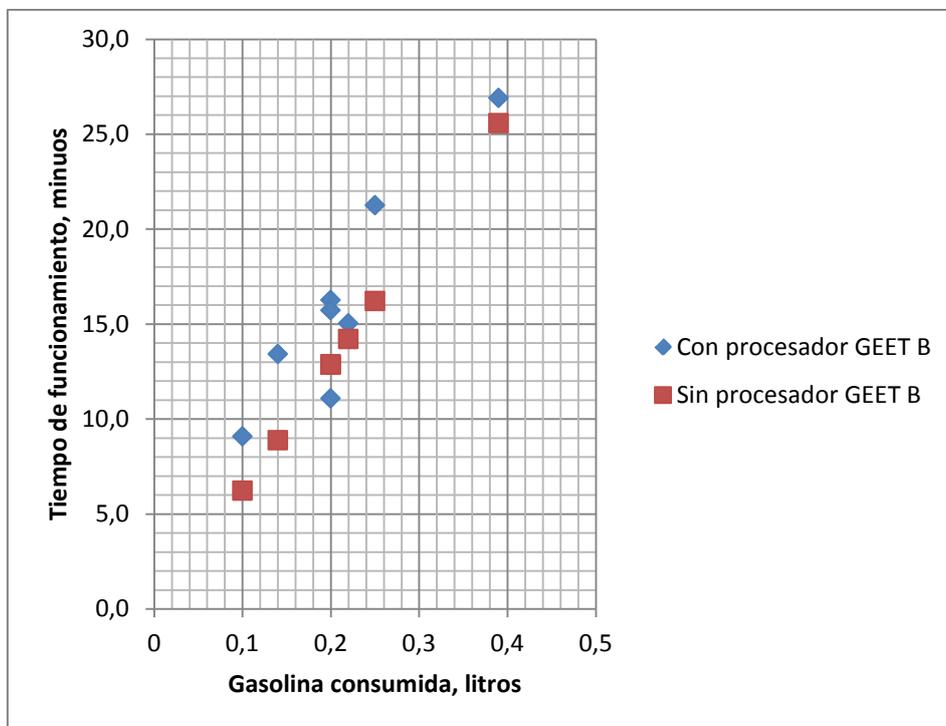
**Tabla 4.11** Comparación de funcionamiento entre Motor forma original respecto con el acoplado al Sistema GEET B

Nro	Gasolina G	Agua, Va	Voltaje	Intensidad	Tiempo operativo		Tiempo total		Gasolina Residual Gr	Agua Residual, Var	Gasolina consumida	Tiempo funcionamiento de Gasolina consumida sin sistema GEET		Desfase de tiempo	Potencia con GEET	Energía sin GEET (para 5 min)	Potencia sin GEET	Energía sin GEET (para 5 min)	ppm CO con sistema GEET A	ppm CO con sistema GEET A	Efn con GEET	Efn sin GEET
					min	s	Min	s				s	min									
	(L)	(L)	V	A	min	s	Min	s	(L)	(L)	(L)	s	min	min	W	kJ	W	kJ	Ppm	ppm	%	%
1	0,4	0,2	106,6	7,6	13	25	13,4	805	0,26	0,2	0,14	532,84	8,88	4,53	810,16	243,05	910,77	273,23	23100,70	866	58,8	76,8
2	0,6	0,2	101	7,13	21	16	21,3	1276	0,35	0,2	0,25	972,39	16,21	5,06	720,13	216,04	910,77	273,23		5541		71,4
3	0,4	0,6	103	7,24	16	16	16,3	976	0,2	0,6	0,2	772,41	12,88	3,39	745,72	223,72	910,77	273,23		2368		75,5
4	0,6	0,6	100	7,32	15	2	15,0	902	0,38	0,6	0,22	852,36	14,21	0,83	732,00	219,60	910,77	273,23		558		77,2
5	0,4	0,4	108,5	7,63	11	5	11,1	665	0,2	0,4	0,2	772,41	12,88	-1,79	827,86	248,36	910,77	273,23		632		77,4
6	0,2	0,4	106,5	7,45	9	5	9,1	545	0,1	0,4	0,1	373,39	6,22	2,86	793,43	238,03	910,77	273,23		6032		75,2
7	0,8	0,8	107	7,51	26	54	26,9	1614	0,41	0,8	0,39	1534,1	25,57	1,33	803,57	241,07	961,52	288,46		7071		69,3
8	0,4	0	113	7,75	15	44	15,7	944	0,2	0	0,2	772,41	12,88	2,86	875,75	262,73	910,77	273,23		12012		64,9



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la figura 4.12 se detalla el desfase de tiempos, y en concordancia con el sistema *GEET A* se observa la misma situación donde los tiempos de funcionamiento son mayores cuando se utiliza el procesador *GEET B*, con excepción del experimento 5 que contempla una combinación de 0,4 litros de agua y 0,4 litros de gasolina existiendo un desfase de -1,79 minutos, esto tiene relación directa con el mayor voltaje obtenido que fue de 108,5 V, “Mayor Voltaje menor tiempo de funcionamiento”



**Figura 4.12.- Desfase de Tiempos para GEET B**  
Fuente Propia

En la Figura 4.13 se indica el desfase de la potencia cuyos puntos indican que se pierde potencia al incorporar el sistema Pantone *GEET B* al *MCI*, lo cual demuestra el mismo problema que se obtuvo con el *GEET A*: “El tiempo de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Funcionamiento es mayor pero se reduce la potencia inicial del motor, lo conduce a una ineficacia del sistema *GEET B*".

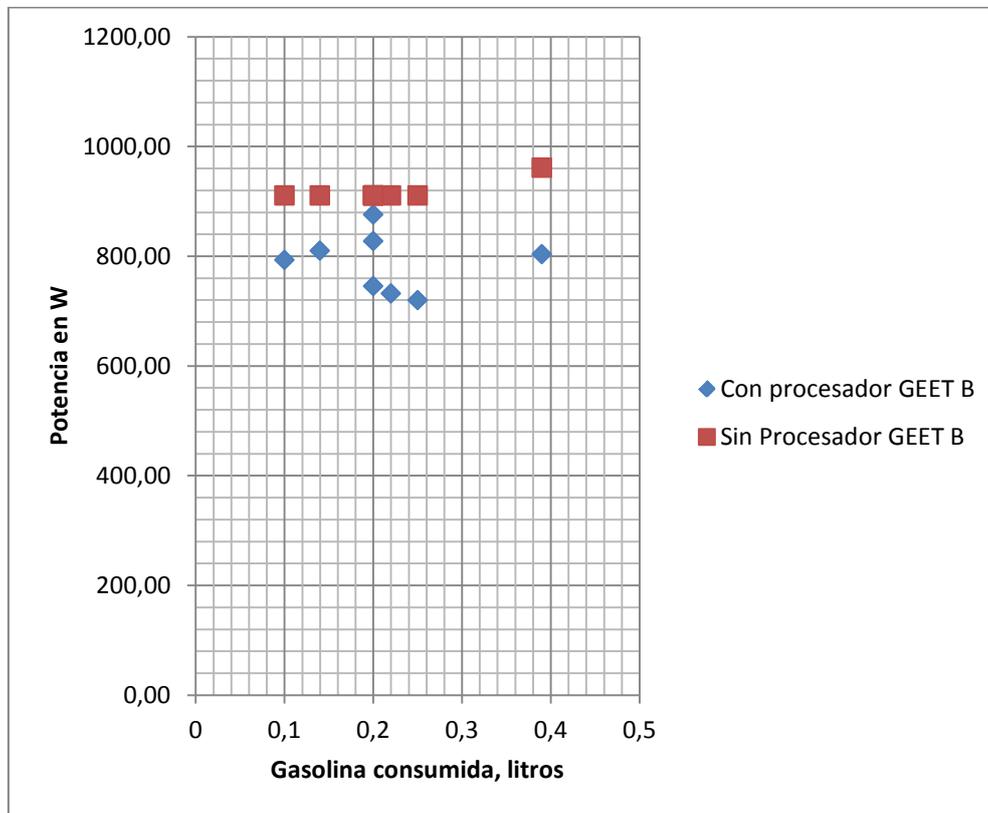


Figura 4.13.- Desfase de Potencias para Procesador *GEET B*

Fuente Propia

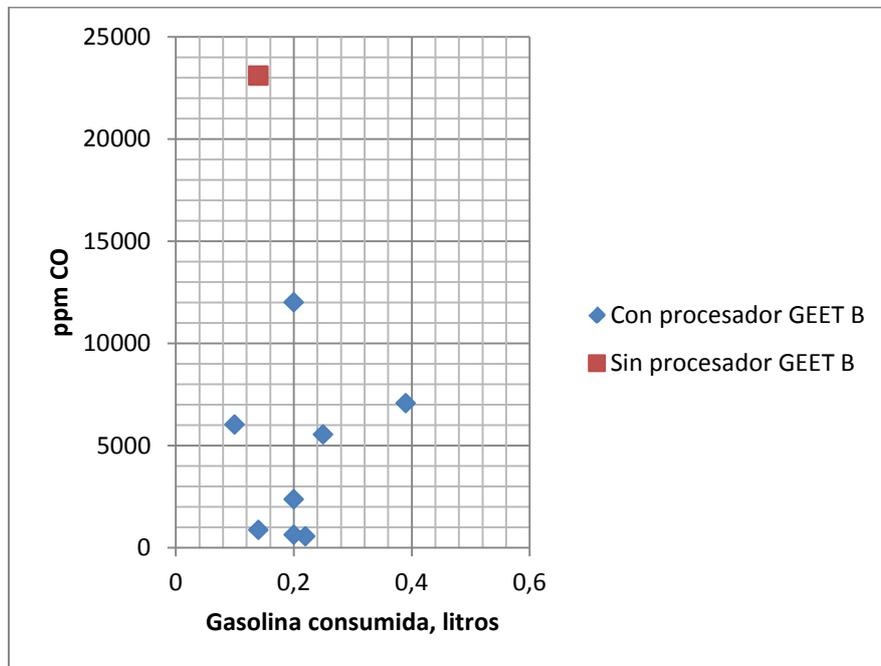
En cuanto al *ppm CO*, los resultados son como se indican en la Figura 4.14, donde se puede observar claramente una gran disminución en los gases contaminantes *ppm CO*, incluso la reducción es mayor si se compara con el sistema *GEET A*.

Este mismo efecto se observa en la *Effn*, Figura 4.15, que tiene un aumento apreciable, es decir un aprovechamiento mejor en la combustión de la gasolina.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

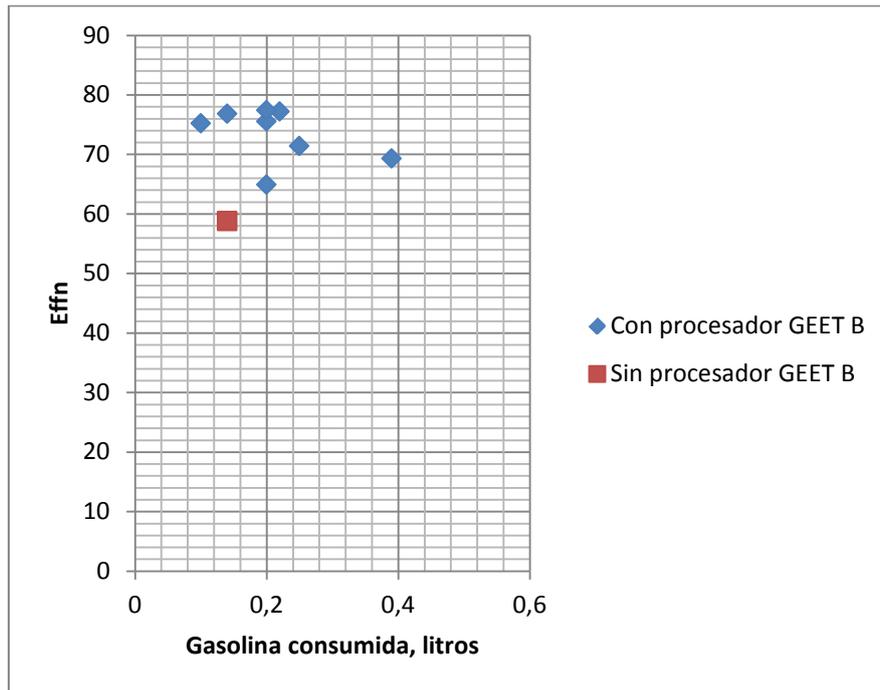
Con estos resultados se puede concluir que el Sistema *GEET B* es mejor que el sistema *GEET A* al momento de acoplarlo a un *MCIbp*, lo que si tienen en similitud es la disminución de la Potencia que los convierte a cualquiera de los dos sistemas pantone como ineficaces e ineficientes al querer explotar su tecnología a la comunidad en general, ya que un mejor desempeño de su trabajo se obtiene con la forma original de fábrica, es decir con carburador.



*Figura 4.14.- Desfase de ppm CO para Procesador GEET B*  
Fuente Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



**Figura 4.15.-** Desfase de  $Effn$  para Procesador GEET B  
Fuente Propia

Por otro lado se debe tener presente la importancia en la reducción de los gases contaminantes, que desde el punto de vista ambiental sería una gran fuente investigativa para perfeccionar su tecnología.

Respecto al análisis de resultados mediante Statgraphics, primero se configura el libro de datos, Figura 4.16.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

	BLOQUE	Gasolina	Agua	Potencia	ppm CO	Effn
1	1	-1	-1	810,16	866	76,8
2	1	1	-1	720,13	5541	71,4
3	1	-1	1	745,72	2368	75,5
4	1	1	1	732,00	558	77,2
5	1	-1	0	827,86	632	77,4
6	1	-2	0	793,43	6032	75,2
7	1	2	2	803,57	7071	69,3
8	1	-1	-2	875,75	12012	64,9

**Figura 4.16.-** Libro de datos en Statgraphics para GEET B  
Fuente Propia

Una vez configurado el libro de datos, se realizan los análisis:

## ANÁLISIS DE POTENCIA para GEET B

**Tabla 4.12** Efectos estimados para Potencia GEET B

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	760,874	11,2882	
A:Gasolina	-51,0197	17,8175	1,52804
B:Agua	-26,2686	17,3622	1,28972
AB	56,8704	13,5458	1,2757

Errores estándar basados en el error total con 4 g.l.  
El V.I.F. no sobrepasa el valor de 10.

En la Tabla 4.13 se indica la tabla ANOVA

**Tabla 4.13** Análisis de varianza para potencia GEET B



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

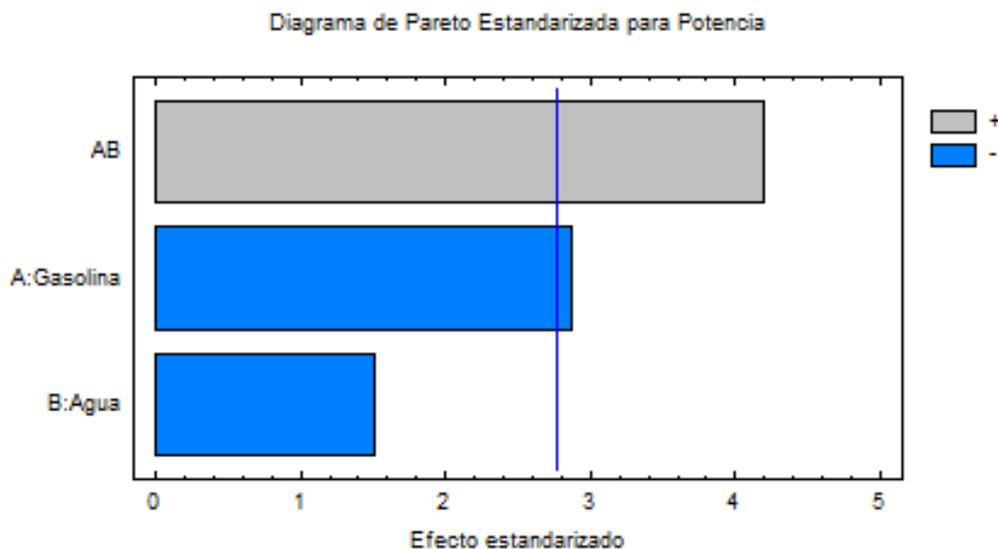
Fuente	Suma de Cuadrados	de g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Gasolina	5749,31	1	5749,31	8,20	0,0458
B:Agua	1605,09	1	1605,09	2,29	0,2048
AB	12359,4	1	12359,4	17,63	0,0137
Error total	2804,75	4	701,187		
Total (corr.)	19579,1	7			

R-cuadrada = 85,6748 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 74,9309 porciento

En este caso el efecto A, correspondiente a la gasolina y la interacción AB, combinación de agua – gasolina, son efectos significativos con un nivel de confianza del 95 %, ya que *valor-P* son menores que 0,05, en otras palabras estos efectos son los que más van a influir en la variable respuesta, que en este caso es la Potencia.

Los efectos significativos se los puede representar en un diagrama de Pareto (Figura 4.17). En la cual se puede observar que la interacción AB es la que más influye positivamente a la respuesta.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Figura 4.17.- Diagrama de Pareto de la Potencia para GEET B Fuente Propia**

**Tabla 4.14 Matriz de Correlación de Potencia para los efectos estimados GEET B**

		(1)	(2)	(3)	(4)
(1)	promedio	1,000 0	0,376 5	- 0,055 7	- 0,528 6
(2)	A:Gasolina	0,376 5	1,000 0	- 0,409 5	- 0,398 2
(3)	B:Agua	- 0,055 7	- 0,409 5	1,000 0	- 0,055 7
(4)	AB	- 0,528 6	- 0,398 2	- 0,055 7	1,000 0

La matriz de correlación de la tabla 4.14, no tiene ningún valor mayor o igual a 0,5 fuera de la diagonal, por lo cual la interpretación de datos no presenta dificultades, lo ideal como se mencionó anteriormente es que todos tengan un valor de cero fuera de la diagonal, con lo cual se obtiene una matriz ortogonal.

**Tabla 4.15 Coeficiente de Regresión para Potencia GEET B**

Coefficiente	Estimado
constante	760,874
A:Gasolina	- 25,5099
B:Agua	- 13,1343
AB	28,4352

Los datos de la Tabla 4.15 permiten encontrar el modelo matemático para *potencia en GEET B*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$potencia = 760,874 - 25,5099 * G - 13,1343 * Va + 28,4352 * G * Va$$

(4.3)

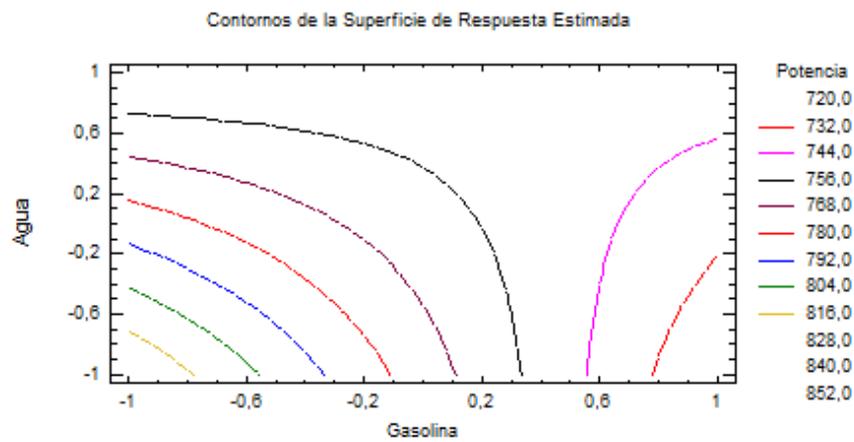
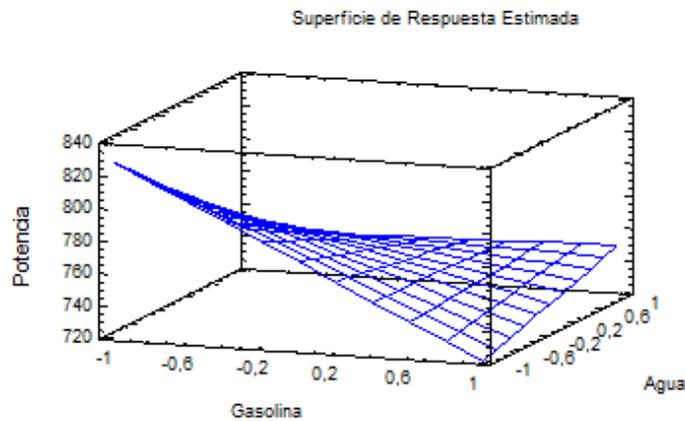
Donde:

*Potencia en W*

*G = Volumen de Gasolina codificado*

*Va = Volumen de Agua codificado*

Mediante la ecuación 4.3 ó gráficamente en la Figura 4.18 se puede obtener el valor de *potencia* para varias combinaciones de Agua – Gasolina en el sistema *GEET B*.



**Figura 4.18.- Superficie de Respuesta para Potencia GEET B Fuente Propia**

## ANÁLISIS DE ppm CO del sistema GEET B

**Tabla 4.16 Efectos estimados para ppm CO GEET B**

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	3422,22	1758,79	
A:Gasolina	111,906	2776,11	1,52804
B:Agua	-3151,36	2705,17	1,28972
AB	2604,73	2110,54	1,2757



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Errores estándar basados en el error total con 4 g.l.  
El V.I.F. no sobrepasa el valor de 10.

En la Tabla 4.17 se indica la tabla ANOVA

*Tabla 4.17 Análisis de varianza para ppm CO GEET B*

Fuente	Suma de Cuadrados	de g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Gasolina	27659,4	1	27659,4	0,00	0,9698
B:Agua	2,31006E7	1	2,31006E7	1,36	0,3088
AB	2,59269E7	1	2,59269E7	1,52	0,2847
Error total	6,80886E7	4	1,70222E7		
Total (corr.)	1,14617E8	7			

R-cuadrada = 40,5948 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 por ciento

Ningún valor es menor a 0,05, sin embargo el R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 % indica que se necesitan más datos de prueba dentro de la región de experimentación (entre los niveles +1 y -1), como recomendación a futuras investigaciones se plantea la ejecución de un mayor número de pruebas, siguiendo la metodología descrita en esta investigación, con la precaución que todos los experimentos estén dentro del plan experimental y de esta forma elevar este parámetro de 0 %.

Para efectos de este trabajo, se adoptan como suficientes los datos dados en la Tabla 4.11 y por ende la Tabla 4.17, ya que con los resultados que se obtienen de las pruebas emiten una idea clara que las emisiones disminuyen, lo cual está dentro de la línea investigativa de este trabajo.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.18** Matriz de Correlación de ppm CO para los efectos estimados GEET B

		(1)	(2)	(3)	(4)
(1)	promedio	1,0000	0,3765	-0,0557	-0,5286
(2)	A:Gasolina	0,3765	1,0000	-0,4095	-0,3982
(3)	B:Agua	-0,0557	-0,4095	1,0000	-0,0557
(4)	AB	-0,5286	-0,3982	-0,0557	1,0000

La matriz de correlación de la Tabla 4.18, no tiene ningún valor mayor o igual a 0,5 fuera de la diagonal, por lo cual la interpretación de datos no presenta dificultades.

**Tabla 4.19** Coeficiente de Regresión para ppm CO GEET B

Coeficiente	Estimado
constante	3422,22
A:Gasolina	55,9528
B:Agua	-1575,68
AB	1302,36

Los datos de la Tabla 4.19 permiten encontrar el modelo matemático para ppm CO en GEET B, aunque cabe recalcar el modelo matemático falta ajustar ya que



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

los resultados ANOVA de la Tabla 4.17 demostraron que faltan más experimentaciones.

$$ppm\ CO = 3422,22 + 55,9528 * G - 1575,68 * Va + 1302,36 * G * Va$$

(4.4)

Donde:

*ppm CO = partes por millón de Monóxido de Carbono*

*G = Volumen de Gasolina codificado*

*Va = Volumen de Agua codificado*

## ANÁLISIS DE Eficiencia Neta de Combustión *Effn* para GEET B

*Tabla 4.20 Efectos estimados para Effn GEET B*

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	74,309	1,74766	
A:Gasolina	-1,8352	2,75855	1,52804
B:Agua	4,09065	2,68805	1,28972
AB	-2,86916	2,09719	1,2757

Errores estándar basados en el error total con 4 g.l.

El V.I.F. no sobrepasa el valor de 10.

En la Tabla 4.21 se indica la tabla ANOVA

*Tabla 4.21 Análisis de varianza para Effn GEET B*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fuente	Suma de Cuadrados	de g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Gasolina	7,43888	1	7,43888	0,44	0,5423
B:Agua	38,9235	1	38,9235	2,32	0,2027
AB	31,4583	1	31,4583	1,87	0,2431
Error total	67,2296	4	16,8074		
Total (corr.)	142,679	7			

R-cuadrada = 52,8805 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 17,5408 porciento

En este caso, ningún efecto tiene un *valor-P* menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

En el caso de  $R^2$  los valores de porcentajes son pequeños lo que se interpreta como falta de experimentos dentro del plan experimental. Este problema se subsanaría junto con el análisis de *ppm CO* descrito anteriormente.

**Tabla 4.22** Matriz de Correlación de Efn para los efectos estimados GEET B

		(1)	(2)	(3)	(4)
(1)	promedio	1,0000	0,3765	-0,0557	-0,5286
(2)	A:Gasolina	0,3765	1,0000	-0,4095	-0,3982
(3)	B:Agua	-0,0557	-0,4095	1,0000	-0,0557
(4)	AB	-0,5286	-0,3982	-0,0557	1,0000

La matriz de correlación de la tabla 4.22, no tiene ningún valor mayor o igual a 0,5 fuera de la diagonal, por lo cual la interpretación de datos no presenta dificultades.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.23** Coeficiente de Regresión para *Effn* GEET B

Coefficiente	Estimado
constante	74,309
A:Gasolina	-0,917601
B:Agua	2,04533
AB	-1,43458

Los datos de la Tabla 4.23 permiten encontrar el modelo matemático para *potencia en GEET B*

$$Effn = 74,309 - 0,917601 * G + 2,04533 * Va - 1,43458 * G * Va \quad (4.3)$$

Donde:

*Effn* en %

*G* = Volumen de Gasolina codificado

*Va* = Volumen de Agua codificado

### **4.1.3. Análisis de Funcionamiento Híbrido: Carburador + GEET B**

Vale recordar que este sistema es muy sensible a la apertura y cierre de las válvulas del sistema, por lo que requiere de precisión y sincronización en su manipulación, de esta manera se pueden obtener los mejores resultados de los que se indican a continuación.

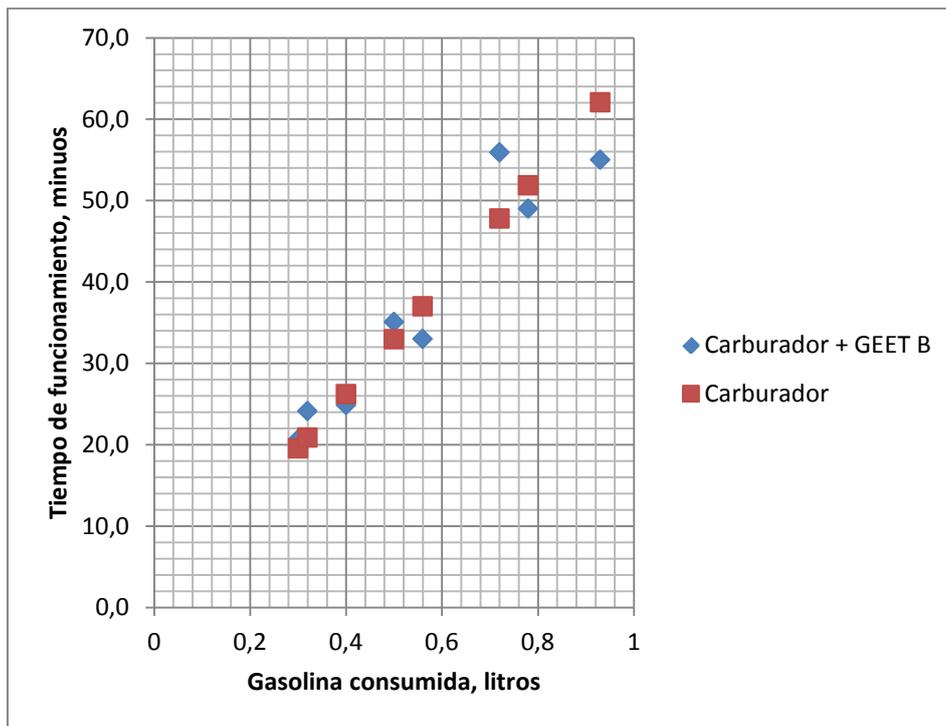
La lectura del análisis de funcionamiento híbrido se basa en el mismo contexto explicado en el procesador *GEET A*, apartado 4.2.1, con la diferencia que en



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

esta sección no se utiliza el software Statgraphics, ya que el objetivo de las experimentaciones es definir la relación Gasolina – Agua (G:Va) en el burbujeador y la relación Gasolina en el burbujeador – Gasolina en el tanque (G:Gt).

De la Tabla 3.14 donde se registran los resultados de las variables respuesta para el funcionamiento híbrido, permiten construir las gráficas de análisis, inicialmente se empieza por el desfase de tiempo, la cual se representa en la Figura 4.19.



**Figura 4.19.-** Desfase de Tiempos para funcionamiento híbrido: Carburador + GEET B  
Fuente Propia

En la Figura 4.19 se observa casi totalmente una igualdad en el tiempo de funcionamiento del *MCIbp* tanto en forma original como al hacer funcionar en forma híbrida con el *GEET B*, sin embargo es importante rescatar que los



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

experimentos 6 y 7 son los de mayor relevancia al momento de su comparación con el resto de datos.

En el experimento 4 que corresponde a  $G = 0,2 \text{ l}$ ,  $Va = 0,6 \text{ l}$ ,  $Gt = 0,4 \text{ l}$ , relaciones de 1:3 y 1:2 respectivamente, se observa que el desfase del tiempo es de + 2,14 min. Un tiempo muy representativo, sin embargo  $ppmCO = 11052$ , que respecto al resto de datos, se observa un aumento en emisiones de gases de escape, por lo que se concluye que gasolina en el tanque en un porcentaje mayor al burbujeador, tiende al aumento del tiempo de funcionamiento como de las emisiones  $ppmCO$ , esta conclusión también se la pudo comprobar en otras pruebas exploratorias, no indicadas en esta investigación, por lo cual se descartaron todos los experimentos donde  $Gt$  sea mayor a  $G$ .

En el Experimento 1 y 2 si bien,  $ppmCO$  son los valores más bajos, pero el tiempo de funcionamiento se ha reducido, por lo que tendría q utilizarse más combustible para efectuar el mismo trabajo que un motor original de fábrica.

En los experimentos 6, 7 y 8, las relaciones son: 1:2 para  $G:Va$  y 1:1 para  $G:Gt$ , y precisamente con el 6 y 7 es donde se obtuvieron los mejores resultados para  $t$ , y aunque  $ppmCO$  no es el más adecuado, en contraposición se obtienen muy buenos tiempos de funcionamiento que representa a utilizar menos gasolina para un trabajo determinado y a su vez se logra reducir la contaminación ambiental.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Según las observaciones antes mencionadas, los resultados de los experimentos 1 y 2 respecto a los resultados de los experimentos 6 y 7, es decisión del usuario, en escoger la mejor opción, “me ahorro combustible, ya que tengo mayor tiempo de funcionamiento ó desde el criterio ambiental prefiero no utilizar más gasolina pero reduzco las *ppmCO*.”

En este trabajo investigativo, desde el punto de vista, disminución del recurso energético “*Gasolina*” se recomienda, utilizar el sistema híbrido con la relación: 1:2 para *G:Va* y 1:1 para *G:Gt*, con lo cual se logrará reducir dos cosas, respecto al modelo original del motor: el consumo de gasolina y la contaminación ambiental. A continuación se calculara porcentualmente estas reducciones.

En la tabla 4.24 se calcula los promedios de cada uno de los parámetros analizados con el sistema híbrido y sin el sistema híbrido.

## **Porcentaje de aumento en Trabajo Mecánico del Generador**

El porcentaje de aumento en tiempo de funcionamiento para el experimento 6 es:

24,1 min            100 %

3,25 min            *x*

$$x = \frac{3,25 \times 100}{24,1}$$

$$x = 15,5\%$$



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La regla de tres se refiere a la cantidad real que se consumió esto es de 0,32 l

El desfase de 3,25 minutos se refiere a la diferencia que existe en el consumo de los 0,32 l, en el sistema híbrido y el sistema del motor original.

Utilizando el sistema híbrido se logró aumentar el tiempo de funcionamiento en 3,25 min que representa un 15,5 % más de lo que funcionaría el motor en forma normal.

De la misma manera el análisis para el experimento 7 se obtiene un aumento del tiempo de funcionamiento del 17%. Por tanto el promedio de los dos experimentos es **16,28 %**.

**Tabla 4.24** Cálculo de promedios en el sistema Híbrido: Carburador + GEET B  
Relación  
G 1:2 Va  
G 1:1 Gt

Nro	Gasolina G (L)	Volumen Agua, Va (L)	Gasolina en tanque, Gt (L)	Tiempo total t min	Gasolina consumida Gc (L)	Tiempo funcionamiento de Gasolina consumida sin sistema Híbrido min	Desfase de tiempos Min	Potencia con sistema híbrido W	Energía con GEET (para 5 min) kJ	Potencia sin híbrido W	Energía sin sistema híbrido(para 5 min) kJ	CO sin sistema híbrido ppm	CO con sistema híbrido ppm	Effn sin sistema híbrido %	Effn con sistema híbrido %
6	0,2	0,4	0,2	24,1	0,32	20,88	3,25	892,4	267,72	910,77	273,23	23100,70	8062	58,8	66
7	0,4	0,8	0,4	55,9	0,72	47,80	8,13	893,2	267,96	961,52	288,46		7067		74,2
PROMEDIOS							5,69	892,8	267,84	936,15	280,84	23100,70	7564,50	58,80	70,10

Para obtener el ahorro de combustible, se contrasta con la curva del motor Figura 3.20, en dicha figura se muestra la ecuación de tendencia donde y es el tiempo en minutos, y x es el volumen de gasolina en litros, por lo que para que el motor trabaje el tiempo de 24,1 minutos, perteneciente al experimento 6,



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

según la ecuación de tendencia se habrían requerido 0,368 litros de gasolina, sin embargo con el uso del sistema híbrido: Carburador + *GEET B*, sólo se utilizaron 0,32 litros lo que representa que se han ahorrado 0,048 litros, porcentualmente:

0,368 litros            100 %

0,048 litros             $x$

$$x = \frac{0,048 \times 100}{0,368}$$

$$x = 13 \%$$

De la misma forma se obtiene para el experimento 7 un ahorro de combustible de 0,119 litros representado un porcentaje de ahorro de 14,2 %.

En promedio el sistema híbrido permite un ahorro de combustible del **13,6 %**.

## **Porcentaje de disminución de Potencia**

En la Figura 4.20 se aprecia cómo actúa la potencia; en general, en funcionamiento híbrido varía entre 918 y 946 *W*. Con este sistema se mejora notablemente el rendimiento del *MCI* respecto a los análisis de los apartados 4.1.1 y 4.1.2 (*GEET A* y *GEET B*, respectivamente) esto también depende de los voltajes que se han obtenido en las pruebas registradas en la Tabla 3.14. Sin embargo sufre cierta disminución respecto al funcionamiento original que se calcula a continuación:



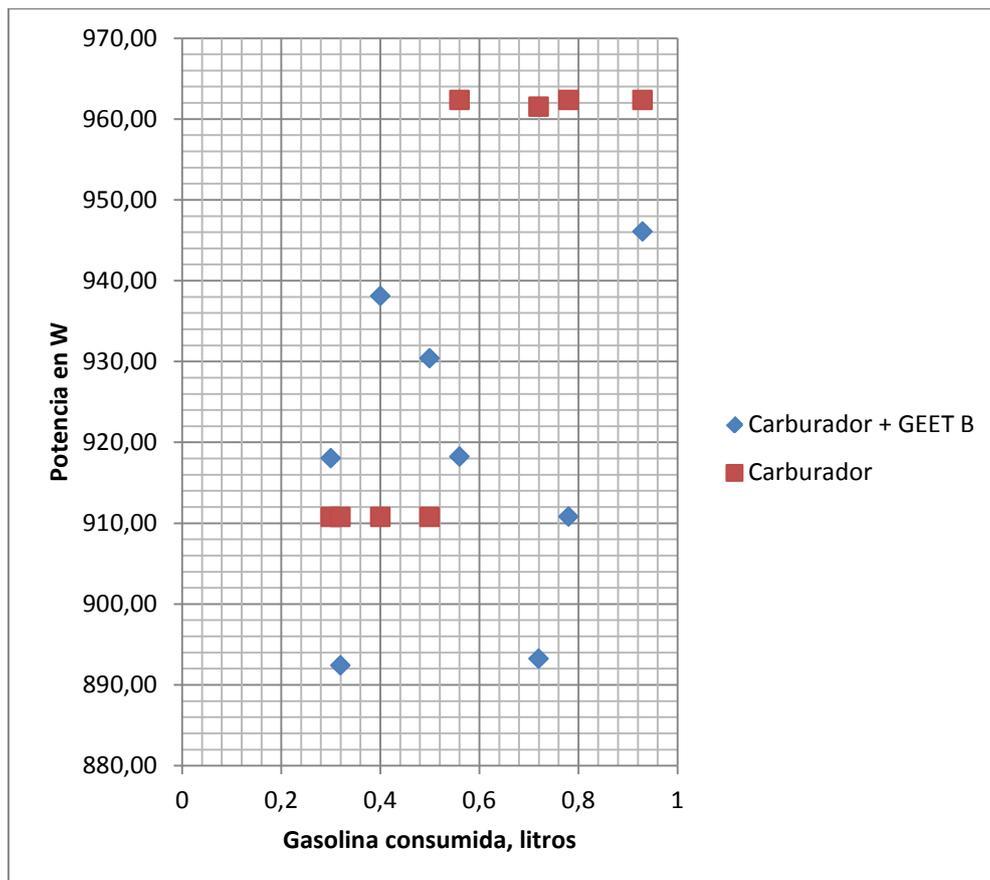
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Se utiliza los valores promedio de la Tabla 4.24. La disminución de potencia es de:

$$936,15 - 892,8 = 43,35 \text{ W}$$

Porcentualmente representa una disminución de **4.63%**.

En funcionamiento híbrido también se pudo destacar que el Motor tiene mejores condiciones operativas, ya que el voltaje permanece mucho más estable en comparación cuando el motor trabaja solo con alguno de los dos sistemas *GEET*, además las vibraciones están dentro de los parámetros normales del motor.



**Figura 4.20.-** Desfase de Potencias para funcionamiento híbrido: Carburados + GEET B



Fuente Propia

Para complementar los estudios de este análisis se realiza la comparación de los gases contaminantes dados por la variable respuesta *ppm CO* y la *Effn*.

### **Porcentaje de Disminución de *ppm CO***

En la Figura 4.21 se muestra la *ppm CO*, los resultados son muy satisfactorios ya que realmente el monóxido de carbono se reduce con la implementación híbrida, sin embargo es importante describir que si se pone más gasolina en el tanque respecto al burbujeador, las emisiones tienden a subir, incluso a las condiciones iniciales del motor, esto puede evidenciarse por el experimento 4 de la Tabla 3.14 y por otras pruebas exploratorias que no han sido incorporadas en esta investigación, pero se ha evidenciado este efecto.

Así mismo, cuando la gasolina en el tanque es menor a la gasolina del burbujeador, la potencia y el tiempo de funcionamiento se ven afectados, ya que disminuyen tal como lo indican los experimentos 1, 2 y 5.

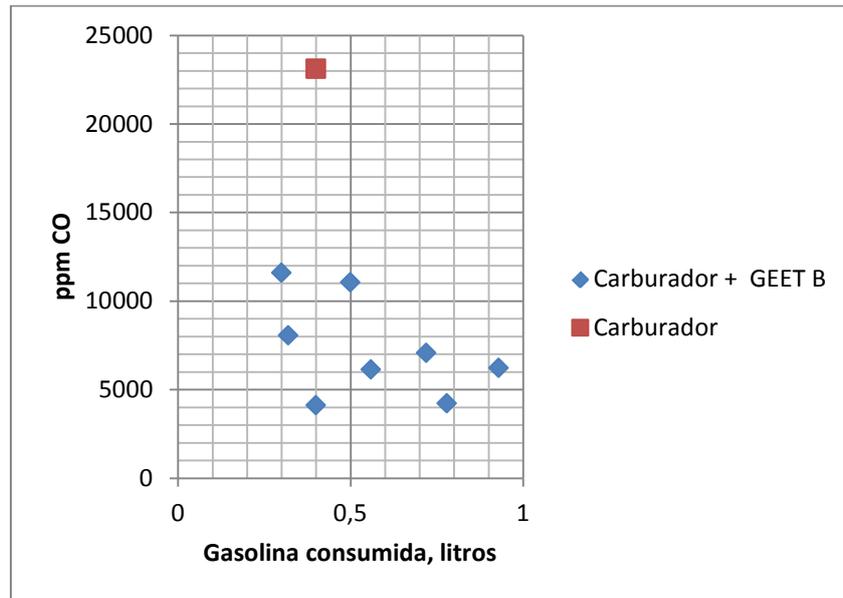


Figura 4.21.- Desfase de ppm CO para funcionamiento híbrido: Carburados + GEET B

Fuente Propia

La disminución se calcula respecto a la Tabla 4.24, con el sistema híbrido se redujo en promedio a 7564,5 ppm CO, siendo una variación con respecto al sistema convencional de 15536,2 ppm CO, que representa una disminución de **67,25 %**.

### Porcentaje de Aumento de *effn*.

En la Figura 4.22 se indica el desfase para *effn*, claramente se puede concluir que existe un mejor aprovechamiento del combustible con la utilización del sistema híbrido.

El aumento de *effn* en valores promedio que define la Tabla 4.24 es de 70,1 – 58,8 = 11,3, que representa un incremento del **19.2 %**.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

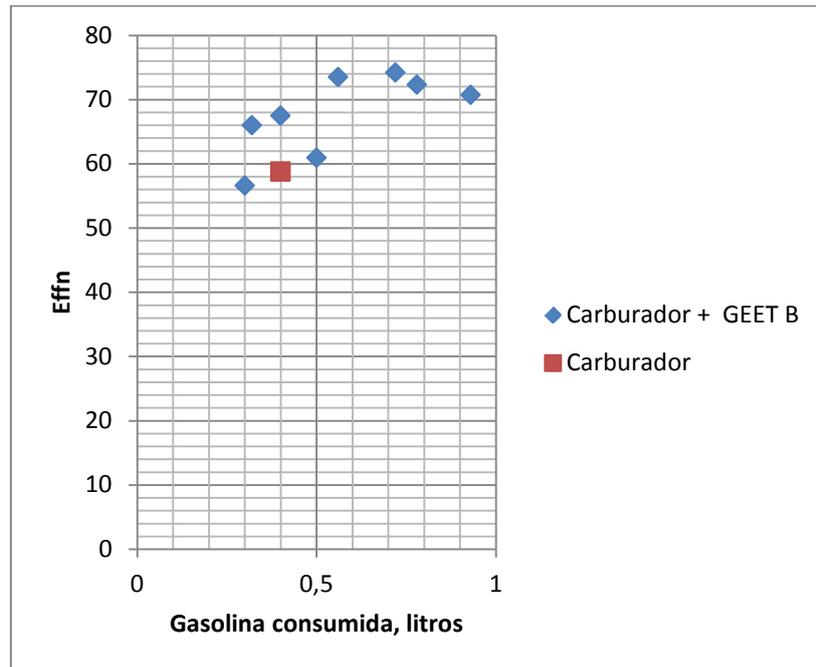


Figura 4.22.- Desfase de  $effn$  para funcionamiento híbrido: carburador + GEET B

Fuente Propia

En conclusión el sistema híbrido permitió un mejor funcionamiento del *MCIbp*, se logró un mejor trabajo en cuanto a potencia, ya que su disminución no era tan evidente en comparación cuando cualquier sistema *GEET* funcionaba por separado, logrando a su vez aumentar notablemente la  $effn$  de combustión desde un 58.8% hasta un 70.1 % en promedio sumado a esto una ventaja más es la disminución de gases contaminantes evidenciado por el parámetro  $ppm$   $CO$ , que en general puede afirmarse: “en principio el motor trabajaba con 23000  $ppm$  y luego con el sistema híbrido se alcanzaron valores de 7564,5  $ppm$ ”.

La gran desventaja que se tiene con este sistema híbrido es la manipulación de las válvulas, que debe ser en forma sincronizada y precisa su apertura y cierre (ver anexo 2.2), caso contrario provocará el apagado del motor, esto hace que



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

se planteen nuevos estudios investigativos como la automatización del sistema de válvulas. Además de mejorar las relaciones que deben haber entre la gasolina y agua en el burbujeador y la gasolina en el tanque.

En esta investigación se obtuvieron los mejores resultados con las relaciones:

Gasolina en burbujeador,	$G \ 1:2 \ Va$	Volumen de agua
Gasolina en burbujeador,	$G \ 1:1 \ Gt$	gasolina en el tanque

Queda a disposición del lector que pueden optimizarse los resultados de esta investigación, realizar estudios de máxima pendiente para tratar de encontrar los mejores resultados y luego poder plantear tecnologías que sean capaces de explotar enteramente el sistema Pantone.

Cabe resaltar que las tablas 3.10 y 3.12 el volumen de agua no disminuye, o por lo menos no fue evidente en forma visual, sin embargo en la tabla 3.14 que se refiere al funcionamiento híbrido: carburador + *GEET B* en los experimentos Nros. 7 y 8 se observa una disminución del agua inicial vertida en el burbujeador, las figuras 4.23 y 4.24 se evidencian los volúmenes residuales en el envase de medición para los experimentos 7 y 8 respectivamente.



(a)



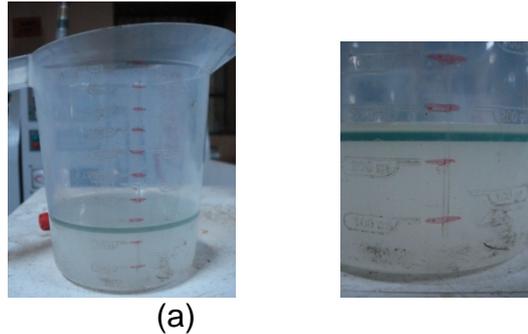
(b)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Figura 4.23.-** Volúmenes residuales de Agua y gasolina para el experimento 7 de la tabla 3.14  
La figura (b) es una ampliación de la figura (a)

Fuente Propia



**Figura 4.24.-** Volúmenes residuales de Agua y gasolina para el experimento 8 de la tabla 3.14  
La figura (b) es una ampliación de la figura (a)

Fuente Propia

En síntesis en la Tabla 4.25 se resumen los resultados para el sistema Híbrido:

Carburador + GEET B en las proporciones  $G 1:2 Va$  y  $G 1:1 Gt$ .

**Tabla 4.25** Resultados Porcentuales para sistema Híbrido: Carburador + GEET B

	Aumenta en:	Disminuye en:
Tiempo de Funcionamiento	16,28 %	
Ahorro de Combustible		13,6%
Potencia		4,63%
ppm CO		67,25 %
effn	19,2 %	

#### 4.1.4. Análisis de la Temperatura Superficial de Conductos Ts

La Temperatura se midió en la entrada y salida de los fluidos en el intercambiador de doble tubo (reactor), Figura 4.25



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

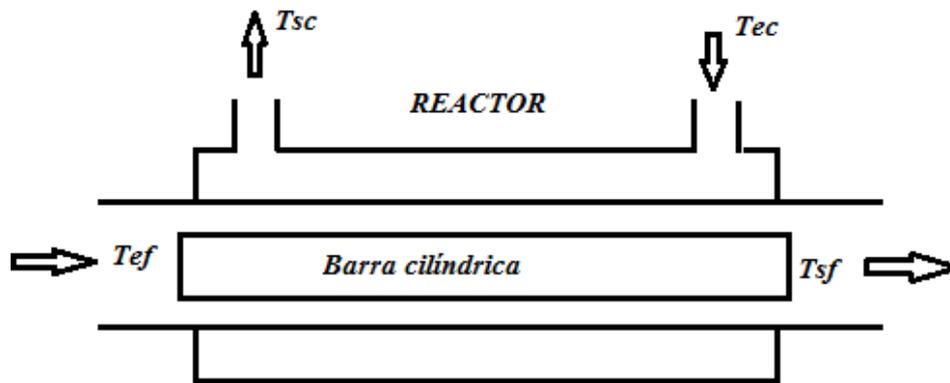


Figura 4.25.- Temperaturas de entrada y salida del fluido caliente y frío en el reactor

Fuente Propia

Donde:  $T_{ec}$  = Temperatura de entrada del fluido caliente

$T_{sc}$  = Temperatura de salida del fluido caliente

$T_{ef}$  = Temperatura de entrada del fluido frío

$T_{sf}$  = Temperatura de salida del fluido frío

El fluido caliente que representa a los gases de combustión pasan en el reactor por el tubo externo, mientras que el nuevo combustible proveniente del burbujeador pasa por el reactor a través del tubo interno, estos dos fluidos intercambian calor mediante las paredes del reactor en contraflujo.

La barra cilíndrica se imanta cuando en el reactor los fluidos están circulando, y su fuerza de imantación es mayor cuando su temperatura va subiendo.

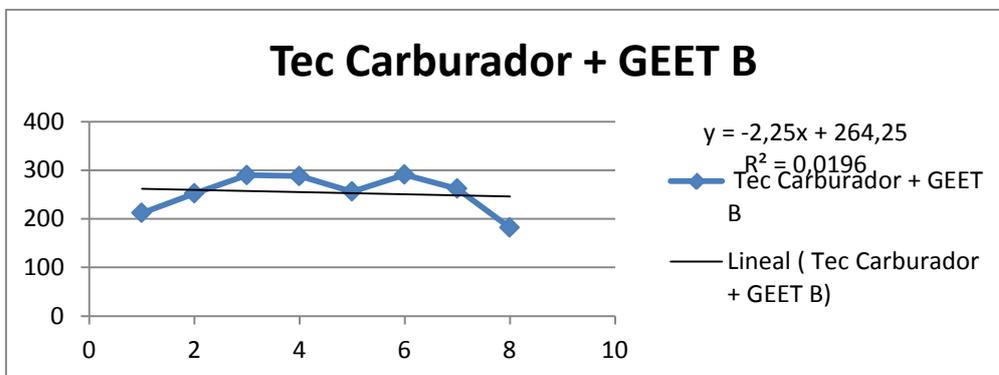
En el caso de las paredes de los tubos del reactor la temperatura superficial también se incrementa cuyos datos están registrados en las Tablas 3.10, 3.12 y 3.14.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

De las observaciones realizadas a estas temperaturas se deduce la no linealidad de éstas ya que siempre toman valores distintos y separados entre sí, esto se puede justificar por la inestabilidad de posicionamiento de las válvulas, en el caso del sistema *GEET A* y *B*, es más difícil su estabilidad ya que no se logra el voltaje adecuado, en el caso del sistema híbrido (Carburador + *GEET B*) sería necesario el estudio adecuado de apertura y cierre de electroválvulas mediante técnicas de automatización de ésta forma se lograría un funcionamiento constante del motor.

En la Figura 4.26, como parámetro indicativo, se grafica la variabilidad de Temperaturas *Tec*, *Tsc*, *Tef* y *Tsf* para los 8 experimentos correspondientes al proceso experimental híbrido: Carburador + *GEET B*, para el resto de datos puede remitirse a las tablas 3.10, 3.12 y 3.14.



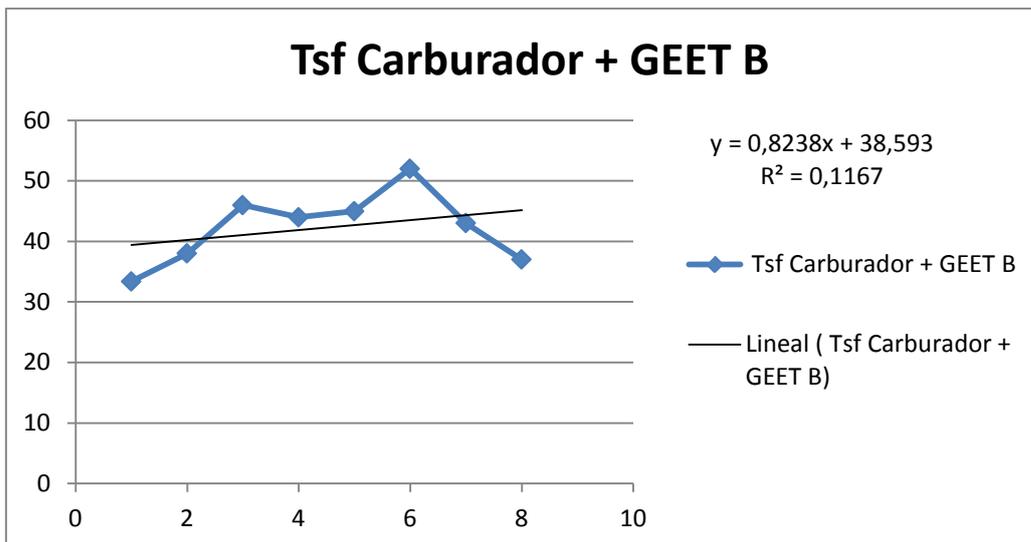
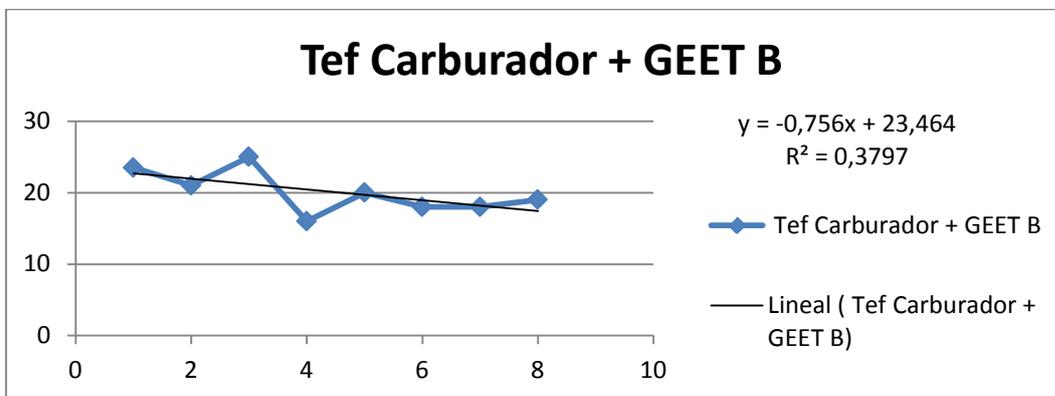
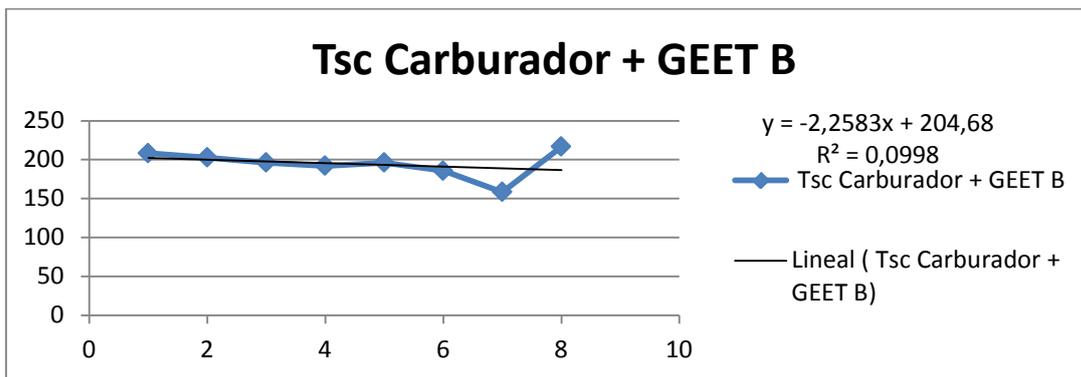


Figura 4.26.- Variabilidad de Temperatura Ts para el proceso experimental Híbrido Fuente Propia



En las gráficas de la figura 4.26 se indica también el  $R^2$ , el cual demuestra la no linealidad de los valores.

En el caso del flujo másico se observa en los resultados de la tabla 3.10, 3.12 y 3.14, un valor medio de 0,6  $l/min$ , este flujo no depende del tipo de accionamiento del motor ya que es igual para todos los procesos experimentales realizados, por tanto el flujo másico es independiente de tipo de sistema que esté alimentando a la cámara de combustión.

## **4.2. Potencialidades del Sistema Pantone en el sector Industrial y Residencial**

Para dar un criterio sobre el uso del Sistema Pantone, en primer lugar se detallan los costos de Construcción.

En las Tablas 3.1 y 3.2 se indican los materiales utilizados para la construcción del reactor y del burbujeador respectivamente. En la Tabla 4.26 se indican los costos para la implementación del sistema Pantone *GEET B* en forma híbrida con el carburador, combinación que permitió obtener mejores resultados satisfactorios.

**Tabla 4.26** Costos de implementación del Sistema Pantone

Ítem	Costo USD
Construcción de Reactor	40,00
Construcción de Burbujeador	20,00



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Costo Ingenieril	60,00
Total	120,00

Con la implementación de éste sistema se garantiza una potencia válida para la conexión de equipos eléctricos en el *MCIbp* evaluado en esta investigación, aunque cabe mencionar que del modelo original del motor la potencia se ve reducida en un 4.63 % como indica la Tabla 4.25.

Por otro lado además se garantizará la reducción de gases contaminantes en un 67,25 % y sobre todo para la comunidad en general la importancia de la reducción de consumo de combustible en un 13,6 % que se convierte en un ahorro económico.

En la Tabla 4.27 se muestra un estudio básico sobre el ahorro económico que se tendría por una metal mecánica con la implementación del sistema híbrido, así como su amortización. El estudio se basa en la utilización de un motogenerador para la industria metalmecánica.

Según información recogida, con entrevista de algunos de los propietarios de metalmecánicas de la ciudad de Loja, un motogenerador lo utilizan cuando se realizan trabajos en calles o parques y que generalmente no disponen del fluido eléctrico de la red, por ejemplo en la construcción de puentes, tejados metálicos, pasamanos, entre otros, la utilización es de aproximadamente 10 horas/mes.

*Tabla 4.27 Ahorro Económico y Amortización en la implementación del sistema Híbrido en un Motogenerador*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

GRUPO ELECTRÓGENO CON 10 HORAS DE TRABAJO MENSUAL	
Costo implementación Sistema pantone (USD):	120

Ítem	unidad	SIN Sistema Híbrido: Carburador + GEET B	CON Sistema Híbrido: Carburador + GEET B
Tiempo de Utilización	(h/mes)	10,000	10,000
	(min/mes)	600,000	600,000
Precio Gasolina	(USD/galón EEUU)	1,540	1,540
Consumo de Gasolina	litros /mes	8,900	7,689
	galones EEUU/mes	2,351	2,031
	galones EEUU/año	28,212	24,375
Costo Anual	(USD/año)	43,447	37,538

Ahorro Anual	5,909	USD/año
Amortización	20,309	Años

La Tabla 4.27 indica que la amortización es de 20 años aproximadamente, un parámetro no satisfactorio al momento de convencer a la comunidad para su implementación, esto se debe principalmente al costo de la gasolina que en nuestro País es bajo lo que provoca que el ahorro anual sea de 6 USD aproximadamente.

Otro ejemplo económico se indica en la Tabla 4.28 enfocado a una motobomba, que así mismo por entrevistas con propietarios que hacen uso de estos equipos los utilizan 8 horas por día con una frecuencia de 3 veces por semana, dando como resultado 96 horas de trabajo mensual.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.28** Ahorro Económico y Amortización en la implementación del sistema Híbrido en una Motobomba

GRUPO MOTOBOMBA CON 96 HORAS DE TRABAJO MENSUAL	
Costo implementación Sistema pantone (USD):	120

Ítem	unidad	SIN Sistema Híbrido: Carburador + GEET B	CON Sistema Híbrido: Carburador + GEET B
Tiempo de Utilización	(h/mes)	96,000	96,000
	(min/mes)	5760,000	5760,000
Precio Gasolina	(USD/galón EEUU)	1,540	1,540
Consumo de Gasolina	litros /mes	85,344	73,737
	galones EEUU/mes	22,546	19,479
	galones EEUU/año	270,547	233,752
Costo Anual	(USD/año)	416,642	359,979

Ahorro Anual	56,663	USD/año
Amortización	2,118	años

La tabla 4.28 indica que al utilizarse con mayor frecuencia el motor, éste reduce la amortización del sistema siendo de 2 años aproximadamente.

Sin embargo, en las dos tablas 4.27 y 4.28, desde un criterio ambiental la implementación reducirían un 67,25 % de emisiones al medio ambiente por



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

cada motor, que si se toma en cuenta la utilización nacional tendría grandes ventajas.

Para finalizar, la potencialidad del Sistema *GEET B*, para que trabaje en forma híbrida con el carburador, en el sector industrial y residencial depende en gran medida de dos factores:

1. Las horas de utilización del motor.
2. Del precio de la gasolina.

Éstos dos factores influyen en el ahorro económico y la amortización que a la hora de vender un producto a la comunidad son los parámetros que realmente interesan, ya que generalmente nuestra sociedad, aunque los avances son muy significativos, pero aún faltan políticas medioambientalistas para vender un producto mediante la disminución en la contaminación, que en esta investigación fue la más relevante.

Desde el punto de vista Gubernamental, tendría más importancia el sistema ya que la implementación reduce 13,6 % de combustible por cada motor que a la hora de medir nacionalmente el consumo, este sería muy beneficioso para el estado.

También si se realiza un estudio detallado sobre los créditos de Carbono tendría gran impacto a nivel gubernamental, esto quedaría como recomendación para futuras investigaciones.

### **4.3. Conclusiones**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

La amplitud de la tesis investigativa ha conllevado a la generación de conclusiones que se describen a continuación:

1. La gran aplicación de los *MCI*, realzan el proceso investigativo para mejorar sus condiciones operativas que son ineficientes, alrededor de un 25 % en motores gasolina y un 30 % en motores a diesel.
2. Se ha sistematizado la información sobre el sistema Pantone, donde se ha podido deducir dos tipos, denotándolos con la simbología *GEET A* y *GEET B* que se diferencian específicamente en la forma de salida de los gases de escape, el primer tipo se basa en un circuito cerrado, mientras que el segundo tipo se basa en un flujo en circuito abierto, esquemáticamente están representados en el Anexo 2.
3. El procesador *GEET*, se compone básicamente del reactor, el burbujeador y una barra cilíndrica. El reactor que es un intercambiador de doble tubo, en cuyo tubo interno se coloca la barra cilíndrica, mientras que el burbujeador consta de un recipiente hermético y provisto de una entrada para que ingrese, o bien aire, o bien los gases de escape del motor, y una salida que sirve para conducir el nuevo combustible hacia el pistón.
4. Se diseñó los planes de experimentación para 6 tipos de procesos experimentales definiéndose en cada caso los niveles operativos y dificultades que presentan al momento de su acople al *MCI*, deduciendo al final de los experimentos que el Proceso experimental 6 que corresponde al Sistema Híbrido: Carburador + *GEET B* es el más



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

- eficiente con una relación de agua – combustible en el burbujeador de 1:2 y una relación de 1:1 de gasolina en el burbujeador respecto a la gasolina en el tanque.
5. La Evaluación energética del sistema híbrido: Carburador + *GEET B*, consistió en la comparación de funcionamiento con respecto al motor original de fábrica, obteniéndose como resultados un aumento del tiempo de funcionamiento en un 16,28 % , que permite traducir a un ahorro de combustible en un 13,6 %, la potencia de salida del motor se ve afectada con una reducción de 4,63 %, sin embargo, con esta reducción el motor sigue funcionando con parámetros eléctricos que están dentro del rango permitido (116 V). Por otro lado el sistema híbrido también permite reducir la contaminación ambiental respecto al Monóxido de carbono que se disminuye en un 67,25% *ppm*, y por último la eficiencia de combustión se incrementó en un 19,2 %.
  6. El tiempo de funcionamiento del motogenerador a gasolina en su forma original de fábrica, varía proporcionalmente a la cantidad de gasolina en el tanque, obteniéndose para el equipo utilizado en ésta investigación la ecuación de:  $t = 67,5G - 0,717$ , con un  $R^2 = 0,999$ , donde  $t$  está en minutos y  $G$  en litros de gasolina. El  $R^2 \cong 1$ , que indica un nivel de confianza casi del 100% para aplicar la ecuación.
  7. El procesador *GEET*, en sí es un equipo gasificador de la gasolina y agua que conforman en conjunto, el nuevo combustible, teniendo un aspecto de niebla blanca y es el que ingresa a la cámara de combustión para el funcionamiento del Motor.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

8. Mediante la experimentación con varios reactores, que varían en su longitud y por ende varía la superficie de transferencia de calor en el reactor, permitió deducir que del modelo principal dado por la literatura en la construcción de reactores, el aumento o disminución en la longitud de los reactores ocasionan la disminución de la eficiencia del procesador *GEET*, y por ende disminuye el rendimiento operacional del *MCI*.
9. Las potencialidades de uso del sistema Híbrido: Carburador + *GEET B*, en el sector industrial y residencial, si bien los costos de inversión son bajos, depende de la frecuencia de uso y de costos de la gasolina, éstos dos parámetros influyen en la amortización, ya que si la frecuencia de uso es bajo la amortización crecerá en años, como ejemplo 10 horas mensuales, su amortización será cerca de los 20 años y para 96 horas mensuales, la amortización será alrededor de 2 años, ambos para una inversión de 120 dólares.
10. Desde un criterio económico con el sistema híbrido se logró mejorar 4 condiciones: tiempo de funcionamiento, ahorro de combustible, *ppm CO* y *effn* y como desventajas se tiene la disminución de la potencia y la calibración de las válvulas en su punto óptimo que puede llegar a ser en ocasiones tedioso y cansado, sin embargo los beneficios crecen si se lo trata como un tema estatal, ya que los ahorros de combustible aumentarían significativamente lo que representa al gobierno un ahorro económico, además de contribuir con las nuevas políticas medioambientales, esto no tiene impacto desde la perspectiva



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

residencial, ya que los beneficios son bajos debido principalmente al tiempo de uso que mensualmente es bajo.

11. El diseño del reactor se basa en un proceso constructivo único indicado en el anexo 9 y puede acoplarse de acuerdo a los esquemas del anexo 2, ya que sus dimensiones para un *MCIBp*, no provocan mejoras en las variables de respuesta medidas en esta investigación, por el contrario disminuyen la eficiencia final del equipo, el cual está demostrado por el proceso experimental 2.
12. El Flujo másico que es emanado por la cámara de combustión permanece constante sin importar el tipo de sistema que este acoplado al *MCI*, por lo que puede afirmarse que el caudal másico es independiente del sistema instalado para la admisión del combustible.

#### **4.4. Recomendaciones**

1. La recomendación principal se basa respecto a la calibración de las válvulas que integran al *GEET B*, su apertura y cierre provocan la variación de la potencia final del motor, por lo que un estudio sobre su automatización ya sea mecánicamente o electrónicamente mejoraría la aplicación y potenciará su uso.
2. Si el sistema *GEET B* es construido por medio de válvulas, se recomienda que éstas sean seguras, por ejemplo válvulas de compuerta son mejor recomendadas que las de media vuelta, ya que el motor al estar en constante movimiento y vibraciones, las válvulas de media



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

- vuelta tienden a cerrarse o abrirse inesperadamente provocando el apagado del motor.
3. Tener cuidado con el contacto del tubo externo del reactor, donde se registraron temperaturas por sobre los 200 °C y que pueden ocasionar quemaduras si no se tiene el equipo y precauciones adecuadas.
  4. Para un mejor aprovechamiento en el uso del sistema híbrido: Carburador + *GEET B*, debería tratarse como un tema gubernamental, ya que los beneficios crecen cuando existe más horas de uso del motor, si se suma la totalidad de *MC1bp* utilizados en el sector residencial e industrial los ahorros de combustible tendrían gran repercusión a nivel estatal, por ello se recomienda una investigación detallada de éste impacto.
  5. La investigación de éste trabajo es la base para futuras investigaciones, por tanto se recomienda mejorar las condiciones operativas a través de estudios de máxima pendiente, con lo que se podría lograr mejores condiciones de trabajo, especialmente referente a las cantidades de agua – gasolina en el burbujeador.
  6. Todas las conducciones de flujo, así como el burbujeador tienen que ser herméticamente cerradas para evitar combinaciones no deseadas que provocarían la disminución de eficiencia del sistema Pantone.
  7. La construcción del burbujeador depende de la cantidad de agua – gasolina que se van a introducir en él, por lo que su construcción debe preverse la capacidad y luego no se presenten inconvenientes en la gasificación.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

8. Es recomendable luego de instalar el sistema *GEET B*, como medida de seguridad colocar el silenciador para evitar los ruidos fuertes que son producidos por el motor, de igual forma debe estar completamente sujetado, el silenciador, el reactor y el burbujeador y evitar desmontajes no previstos durante el funcionamiento.
9. De acuerdo a los resultados de la tabla 4.17 donde  $R^2$  ajustado = 0.0 % se recomienda realizar más experimentos dentro de la región de experimentación o utilizar el método para diseño de experimentos Factorial  $2^k$  con réplicas en el centro y de esta manera optimizar el valor de  $R^2$ .
10. Realizar un estudio detallado sobre los créditos de Carbono, debido a la reducción de *CO* en 67,25 % *ppm* que se consigue con el sistema híbrido: Carburador + *GEET B*, resultados que tendría gran impacto a nivel gubernamental.
11. Si se desea mejorar las relaciones de  $G$  1:2  $V_a$  y  $G$  1:1  $G_t$  que fueron los mejores resultados de esta investigación, tener presente que  $G$  siempre sea mayor a  $G_t$ , caso contrario el sistema se comporta como el sistema original y la contaminación ambiental tiende a aumentar.



## ***Bibliografía***

**Alvarez, Sergio. 2008.** Diariomotor. [En línea] 2008.

<http://www.diariomotor.com/2008/06/16/el-primer-coche-cuyo-combustible-es-unicamente-agua/>.

**Baíllo, Amparo. 2010.** *Diseño de Experimentos*. 2010.

**Biodisol. 2008.** Biodisol, mas energía mas Producción. [En línea] 2008.

<http://www.biodisol.com/medio-ambiente/tipos-de-gases-producidos-en-la-combustion-y-sus-consecuencias-energias-renovables-contaminantes-medio-ambiente-efecto-invernadero/>.

**Borrás, Alberto. 2009.** Panorama Actual sobre la Energía del Hidrógeno. [En

línea] Junio de 2009. <http://artursala.wordpress.com/tag/pantone-gillier-sistema-g/>.

**Ferré, Joan. 2010.** *El Diseño Factorial Completo 2k*. Tarragona : s.n., 2010.

**Infante, Celi. 2012.** [En línea] 2012. [Citado el: ]

<http://es.scribd.com/doc/55543652/3/Motor-convencional-del-tipo-Otto>.

**JCE. 2009.** Concienciación. [En línea] 2009. <http://redjedi.foroactivo.net/t1368-el-motor-pantone-funciona-garantizado-lo-publicara-el-dr-greer-en-su-web>.

**Mataix, Claudio. 2000.** *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Madrid :

Ediciones del Castillo S.A., 2000.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Moreno, Daniel. 2011.** Reality Energy. *Bourning Land. Quemando la Tierra.*  
[En línea] 2011. <http://realityenergy.wordpress.com/2011/01/25/burning-land-quemando-la-tierra/>.

**Panacea. 2010.** Panacea. [En línea] 2010.  
<http://www.panaceauniversity.org/GEET%20fuel%20procesor.pdf>.

**Rodríguez, Jorge. 2009.** *Introducción a la Termodinámica con algunas aplicaciones de Ingeniería.* Universidad Tecnológica Nacional : s.n., 2009.

**Van Jaag, Ares. 2009.** Breve Historia del Motor de Agua. [En línea] 2009.  
[http://grupos.emagister.com/mensaje/breve\\_historia\\_del\\_motor\\_de\\_agua\\_\\_\\_\\_por\\_ares/6745-1530113](http://grupos.emagister.com/mensaje/breve_historia_del_motor_de_agua____por_ares/6745-1530113).

## Tesis

**Martz, Cristophe. 2004.** *Elaboration d'un banc d'essai et caractérisations du procédé GEET de P. Pantone à reformage d'hydrocarbures.* Strasbourg, 2004.

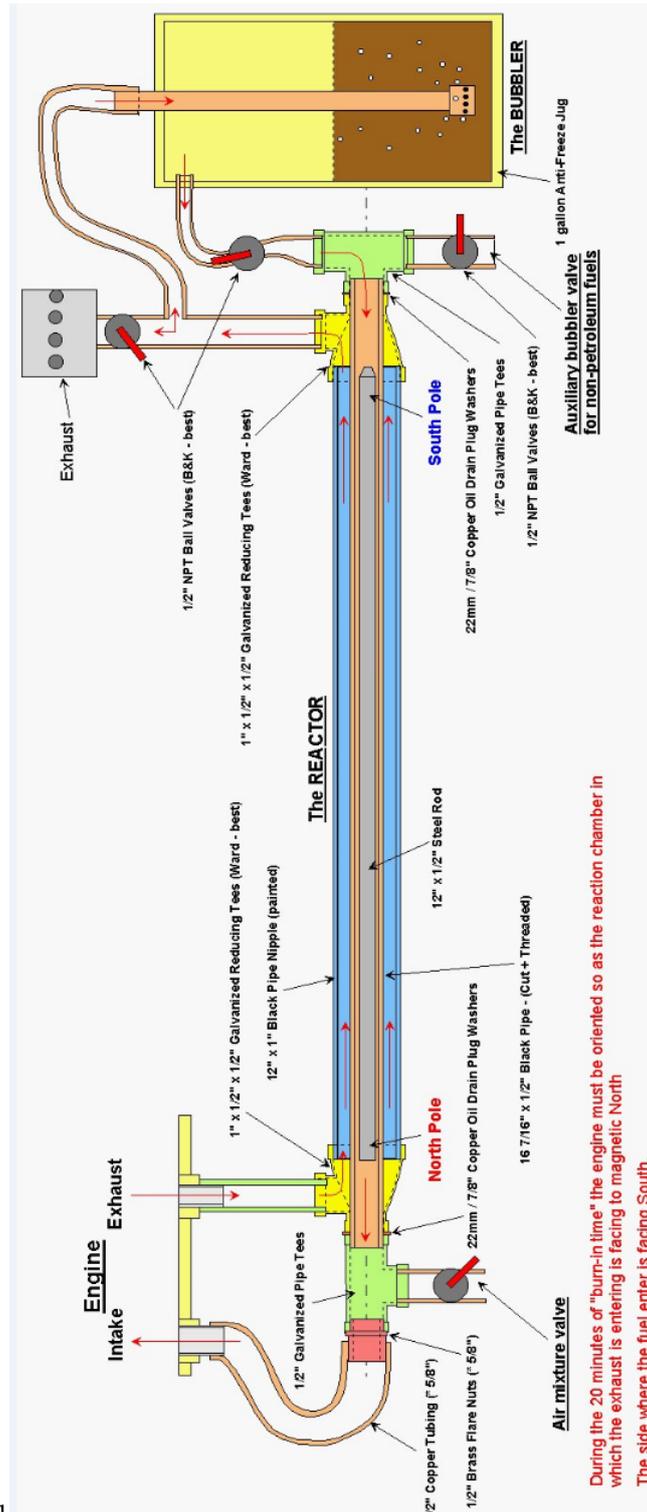


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## ANEXOS

### ANEXO 1

Esquema General del Procesador GEET Tipo A. Fuente: (Panacea, 2010))

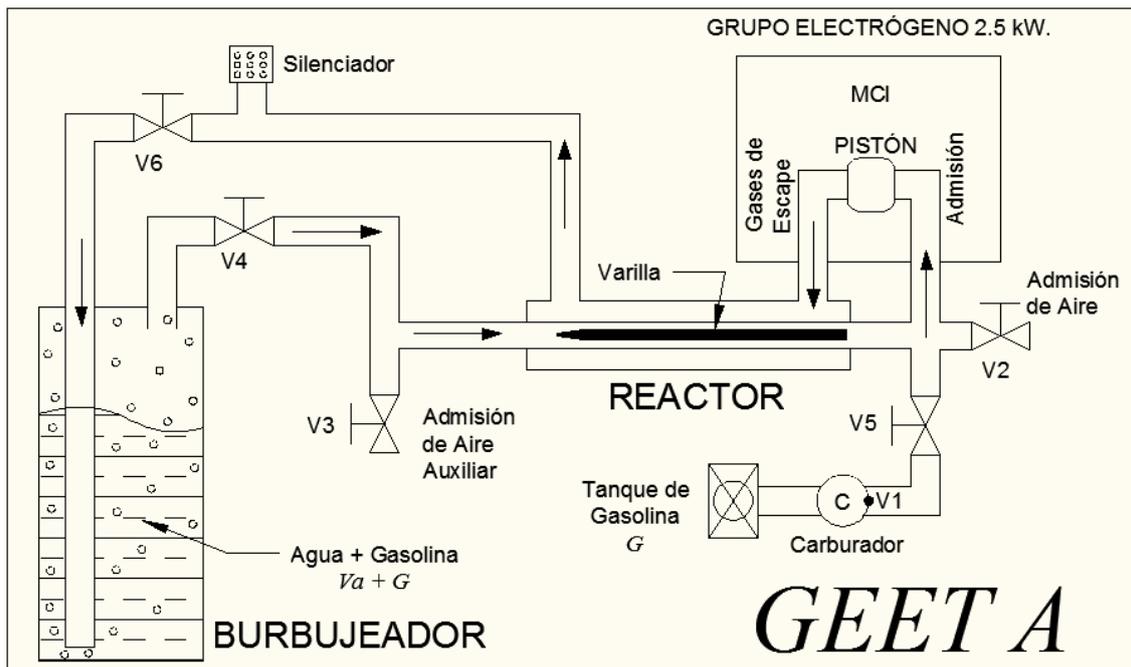




ANEXO 2

Esquemas Generales y partes que conforman al Procesador GEET Tipo A, B y sistema híbrido.

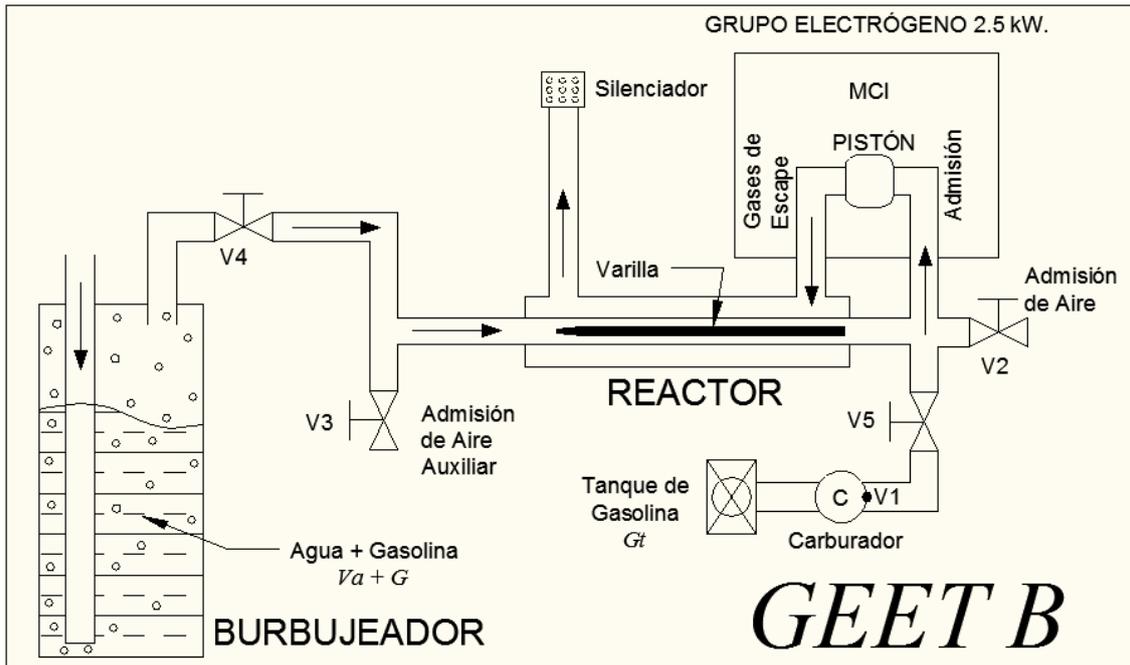
Anexo 2.1: GEET Tipo A y Sistema Híbrido: GEET A + Carburador



Anexo 2.2: GEET Tipo B y Sistema híbrido: GEET B + Carburador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## Anexo 3

### Mediciones Registradas por el Analizador de Gases para sistema convencional del MCI

Experimento 1		Experimento 2																																									
																																											
<b>Centro de Investigación</b> Biorrenovables y Eficiencia Ciudad Universitaria Guillermo Falcoñi E.		<b>Centro de Investigación</b> Biorrenovables y Eficiencia Ciudad Universitaria Guillermo Falcoñi E.																																									
Teléfono 072546799 Fax Tel. Móvil E-mail Internet		Teléfono 072546799 Fax Tel. Móvil E-mail Internet																																									
<b>Medición de productos de la combustión</b>		<b>Medición de productos de la combustión</b>																																									
<b>Propietario</b>	<b>Situación</b>	<b>Propietario</b>	<b>Situación</b>																																								
Folder	 1	Folder	 1																																								
<b>Medición</b>		<b>Medición</b>																																									
Tiempo	09/02/2012 17:18:52	Tiempo	09/02/2012 17:30:08																																								
Instrumento	testo 335	Instrumento	testo 335																																								
N° Serie	01889095	N° Serie	01889095																																								
Combustible	Light Oil	Combustible	Light Oil																																								
Derivado del petrolo		Derivado del petrolo																																									
	Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.		Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>09/02/2012 17:18:52</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>13.71</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>*3</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>*27436</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>3.44</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>105.2</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.59</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>61.9</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>58.4</td><td>% Effq</td></tr> <tr><td>187.9</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	09/02/2012 17:18:52	Fecha/hora	13.71	% O2	*3	% CO	*27436	ppm CO	3.44	% CO2	105.2	°C FT	0.59	l/min Pump	61.9	% Effn	58.4	% Effq	187.9	% ExAir		<table border="1"> <thead> <tr> <th>09/02/2012 17:30:08</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>16.41</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>*2</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>*23431</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>1.73</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>101.5</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.56</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>43.8</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>41.4</td><td>% Effq</td></tr> <tr><td>357.5</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	09/02/2012 17:30:08	Fecha/hora	16.41	% O2	*2	% CO	*23431	ppm CO	1.73	% CO2	101.5	°C FT	0.56	l/min Pump	43.8	% Effn	41.4	% Effq	357.5	% ExAir	
09/02/2012 17:18:52	Fecha/hora																																										
13.71	% O2																																										
*3	% CO																																										
*27436	ppm CO																																										
3.44	% CO2																																										
105.2	°C FT																																										
0.59	l/min Pump																																										
61.9	% Effn																																										
58.4	% Effq																																										
187.9	% ExAir																																										
09/02/2012 17:30:08	Fecha/hora																																										
16.41	% O2																																										
*2	% CO																																										
*23431	ppm CO																																										
1.73	% CO2																																										
101.5	°C FT																																										
0.56	l/min Pump																																										
43.8	% Effn																																										
41.4	% Effq																																										
357.5	% ExAir																																										



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## Experimento 3



Centro de Investigación  
Biomás y Eficiencia  
Ciudad Universitaria Guillermo Falcoñi E

Teléfono 072546799  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
Folder

Situación



1

#### Medición

Tiempo 09/02/2012 17:30:58  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Combustible Light Oil  
Derivado del petróleo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

09/02/2012 17:30:58	Fecha/hora
15.23	% O2
*2	% CO
*20595	ppm CO
2.80	% CO2
115.2	°C FT
0.60	l/min Pump
58.5	% Effn
55.1	% Effg
264.0	% ExAir

## Experimento 4



Centro de Investigación  
Biomás y Eficiencia  
Ciudad Universitaria Guillermo Falcoñi E

Teléfono 072546799  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



2

#### Medición

Tiempo 14/02/2012 9:28:21  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Combustible Light Oil  
Derivado del petróleo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

14/02/2012 9:28:21	Fecha/hora
14.48	% O2
*2	% CO
*20941	ppm CO
3.33	% CO2
60.3	°C FT
0.58	l/min Pump
71.0	% Effn
67.0	% Effg
222.2	% ExAir

## Anexo 4

### Mediciones Registradas por el Analizador de Gases para sistema GEET A



## Experimento 1



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 17/08/2012 11:06:48  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

17/08/2012 11:06:48	Fecha/hora
17.10	% O2
1	% CO
13830	ppm CO
1.90	% CO2
157.1	°C FT
0.58	l/min Pump
38.0	% Effn
35.9	% Effg
438.4	% ExAir

## Experimento 2



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 17/08/2012 11:55:18  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

17/08/2012 11:55:18	Fecha/hora
16.21	% O2
0	% CO
1867	ppm CO
3.40	% CO2
146.3	°C FT
0.60	l/min Pump
76.8	% Effn
72.4	% Effg
338.9	% ExAir

## Experimento 3



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 17/08/2012 12:51:25  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

17/08/2012 12:51:25	Fecha/hora
17.50	% O2
*3	% CO
*25328	ppm CO
0.79	% CO2
103.1	°C FT
0.61	l/min Pump
2.0	% Effn
2.0	% Effg
500.5	% ExAir

## Experimento 4



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 17/08/2012 16:51:57  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

17/08/2012 16:51:57	Fecha/hora
17.96	% O2
1	% CO
5040	ppm CO
1.89	% CO2
159.1	°C FT
0.60	l/min Pump
49.1	% Effn
46.3	% Effg
589.9	% ExAir



## Experimento 5



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



**Medición**

Tiempo 17/08/2012 17:20:18  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

17/08/2012 17:20:18	Fecha/hora
16.88	% O2
0	% CO
523	ppm CO
3.00	% CO2
135.5	°C FT
0.59	l/min Pump
78.2	% Effn
73.6	% Effg
410.1	% ExAir

## Experimento 6



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



**Medición**

Tiempo 17/08/2012 18:35:47  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

17/08/2012 18:35:47	Fecha/hora
17.89	% O2
0	% CO
965	ppm CO
2.23	% CO2
106.3	°C FT
0.60	l/min Pump
76.7	% Effn
72.3	% Effg
575.5	% ExAir

## Experimento 7



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



**Medición**

Tiempo 21/08/2012 11:15:36  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

21/08/2012 11:15:36	Fecha/hora
17.68	% O2
*2	% CO
*19312	ppm CO
1.08	% CO2
197.2	°C FT
0.60	l/min Pump
0.0	% Effn
0.0	% Effg
533.3	% ExAir

## Experimento 8



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



**Medición**

Tiempo 21/08/2012 11:47:02  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

21/08/2012 11:47:02	Fecha/hora
16.94	% O2
*7	% CO
*11166	ppm CO
2.21	% CO2
144.3	°C FT
0.62	l/min Pump
51.0	% Effn
48.1	% Effg
416.8	% ExAir



## Anexo 5

### Mediciones Registradas por el Analizador de Gases para sistema GEET B

Experimento 1		Experimento 2																																									
 <p>Teléfono Fax Tel. Móvil E-mail Internet</p>		 <p>Teléfono Fax Tel. Móvil E-mail Internet</p>																																									
<p align="center"><b>Medición de productos de la combustión</b></p>		<p align="center"><b>Medición de productos de la combustión</b></p>																																									
<p><b>Propietario</b> 6</p>	<p><b>Situación</b></p>  1	<p><b>Propietario</b> 6</p>	<p><b>Situación</b></p>  1																																								
<p><b>Medición</b> Tiempo 21/08/2012 12:39:27 Instrumento testo 335 N° Serie 01889095</p>	<p>Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.</p>	<p><b>Medición</b> Tiempo 21/08/2012 17:19:27 Instrumento testo 335 N° Serie 01889095</p>	<p>Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.</p>																																								
<p>Combustible Light Oil Derivado del petrolo</p>		<p>Combustible Light Oil Derivado del petrolo</p>																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>21/08/2012 12:39:27</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15.62</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>0</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>632</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>3.92</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>176.4</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>77.4</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>72.9</td><td>% Effg</td></tr> <tr><td>290.6</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	21/08/2012 12:39:27	Fecha/hora	15.62	% O2	0	% CO	632	ppm CO	3.92	% CO2	176.4	°C FT	0.60	l/min Pump	77.4	% Effn	72.9	% Effg	290.6	% ExAir		<table border="1"> <thead> <tr> <th>21/08/2012 17:19:27</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15.56</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>1</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>5541</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>3.62</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>160.3</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.59</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>71.4</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>67.3</td><td>% Effg</td></tr> <tr><td>286.2</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	21/08/2012 17:19:27	Fecha/hora	15.56	% O2	1	% CO	5541	ppm CO	3.62	% CO2	160.3	°C FT	0.59	l/min Pump	71.4	% Effn	67.3	% Effg	286.2	% ExAir	
21/08/2012 12:39:27	Fecha/hora																																										
15.62	% O2																																										
0	% CO																																										
632	ppm CO																																										
3.92	% CO2																																										
176.4	°C FT																																										
0.60	l/min Pump																																										
77.4	% Effn																																										
72.9	% Effg																																										
290.6	% ExAir																																										
21/08/2012 17:19:27	Fecha/hora																																										
15.56	% O2																																										
1	% CO																																										
5541	ppm CO																																										
3.62	% CO2																																										
160.3	°C FT																																										
0.59	l/min Pump																																										
71.4	% Effn																																										
67.3	% Effg																																										
286.2	% ExAir																																										
<p align="center"><b>Experimento 3</b></p>		<p align="center"><b>Experimento 4</b></p>																																									
 <p>Teléfono Fax Tel. Móvil E-mail Internet</p>		 <p>Teléfono Fax Tel. Móvil E-mail Internet</p>																																									
<p align="center"><b>Medición de productos de la combustión</b></p>		<p align="center"><b>Medición de productos de la combustión</b></p>																																									
<p><b>Propietario</b> 6</p>	<p><b>Situación</b></p>  1	<p><b>Propietario</b> 6</p>	<p><b>Situación</b></p>  1																																								
<p><b>Medición</b> Tiempo 21/08/2012 17:54:41 Instrumento testo 335 N° Serie 01889095</p>	<p>Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.</p>	<p><b>Medición</b> Tiempo 21/08/2012 19:56:20 Instrumento testo 335 N° Serie 01889095</p>	<p>Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.</p>																																								
<p>Combustible Light Oil Derivado del petrolo</p>		<p>Combustible Light Oil Derivado del petrolo</p>																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>21/08/2012 17:54:41</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15.44</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>0</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>558</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>4.07</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>184.4</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>77.2</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>72.7</td><td>% Effg</td></tr> <tr><td>277.4</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	21/08/2012 17:54:41	Fecha/hora	15.44	% O2	0	% CO	558	ppm CO	4.07	% CO2	184.4	°C FT	0.60	l/min Pump	77.2	% Effn	72.7	% Effg	277.4	% ExAir		<table border="1"> <thead> <tr> <th>21/08/2012 19:56:20</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15.56</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>0</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>866</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>3.95</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>177.8</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.59</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>76.8</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>72.3</td><td>% Effg</td></tr> <tr><td>286.3</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	21/08/2012 19:56:20	Fecha/hora	15.56	% O2	0	% CO	866	ppm CO	3.95	% CO2	177.8	°C FT	0.59	l/min Pump	76.8	% Effn	72.3	% Effg	286.3	% ExAir	
21/08/2012 17:54:41	Fecha/hora																																										
15.44	% O2																																										
0	% CO																																										
558	ppm CO																																										
4.07	% CO2																																										
184.4	°C FT																																										
0.60	l/min Pump																																										
77.2	% Effn																																										
72.7	% Effg																																										
277.4	% ExAir																																										
21/08/2012 19:56:20	Fecha/hora																																										
15.56	% O2																																										
0	% CO																																										
866	ppm CO																																										
3.95	% CO2																																										
177.8	°C FT																																										
0.59	l/min Pump																																										
76.8	% Effn																																										
72.3	% Effg																																										
286.3	% ExAir																																										



## Experimento 5



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 22/08/2012 11:09:37  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095  
Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

22/08/2012 11:09:37	Fecha/hora
14.53	% O2
0	% CO
2368	ppm CO
4.61	% CO2
202.7	°C FT
0.59	l/min Pump
75.5	% Effn
71.1	% Effg
224.6	% ExAir

## Experimento 6



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 22/08/2012 11:37:59  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095  
Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

22/08/2012 11:37:59	Fecha/hora
14.25	% O2
1	% CO
6032	ppm CO
4.55	% CO2
170.6	°C FT
0.59	l/min Pump
75.2	% Effn
70.8	% Effg
211.2	% ExAir

## Experimento 7



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 22/08/2012 12:11:23  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095  
Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

22/08/2012 12:11:23	Fecha/hora
14.91	% O2
1	% CO
7071	ppm CO
3.99	% CO2
183.6	°C FT
0.60	l/min Pump
69.3	% Effn
65.2	% Effg
245.0	% ExAir

## Experimento 8



Teléfono  
Fax  
Tel. Móbil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 23/08/2012 10:07:50  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095  
Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

23/08/2012 10:07:50	Fecha/hora
14.53	% O2
1	% CO
12012	ppm CO
3.92	% CO2
176.7	°C FT
0.60	l/min Pump
64.9	% Effn
61.2	% Effg
224.7	% ExAir



## Anexo 6

### Mediciones del Analizador de Gases para sistema Híbrido: Carburador + GEET B

Experimento 1		Experimento 2																																							
																																									
Teléfono Fax Tel. Móvil E-mail Internet		Teléfono Fax Tel. Móvil E-mail Internet																																							
<b>Medición de productos de la combustión</b>		<b>Medición de productos de la combustión</b>																																							
<b>Propietario</b> 6	<b>Situación</b>   1	<b>Propietario</b> 6	<b>Situación</b>   1																																						
<b>Medición</b> Tiempo: 22/08/2012 18:53:46 Instrumento: testo 335 N° Serie: 01889095 Combustible: Light Oil Derivado del petrolo		<b>Medición</b> Tiempo: 22/08/2012 19:28:40 Instrumento: testo 335 N° Serie: 01889095 Combustible: Light Oil Derivado del petrolo																																							
Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.		Opacidad n° 1 Opacidad n° 2 Opacidad n° 3 Promedio opac. N° bomba opac. T.Rad.																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>22/08/2012 18:53:46</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15.48</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>0</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>4119</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>3.78</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>208.2</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.59</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>67.5</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>63.6</td><td>% Effq</td></tr> <tr><td>280.3</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	22/08/2012 18:53:46	Fecha/hora	15.48	% O2	0	% CO	4119	ppm CO	3.78	% CO2	208.2	°C FT	0.59	l/min Pump	67.5	% Effn	63.6	% Effq	280.3	% ExAir	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>22/08/2012 19:28:40</th> <th>Fecha/hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15.05</td><td>% O2</td></tr> <tr><td>1</td><td>% CO</td></tr> <tr><td>11052</td><td>ppm CO</td></tr> <tr><td>3.61</td><td>% CO2</td></tr> <tr><td>192.0</td><td>°C FT</td></tr> <tr><td>0.61</td><td>l/min Pump</td></tr> <tr><td>60.9</td><td>% Effn</td></tr> <tr><td>57.4</td><td>% Effq</td></tr> <tr><td>253.2</td><td>% ExAir</td></tr> </tbody> </table>	22/08/2012 19:28:40	Fecha/hora	15.05	% O2	1	% CO	11052	ppm CO	3.61	% CO2	192.0	°C FT	0.61	l/min Pump	60.9	% Effn	57.4	% Effq	253.2	% ExAir
22/08/2012 18:53:46	Fecha/hora																																								
15.48	% O2																																								
0	% CO																																								
4119	ppm CO																																								
3.78	% CO2																																								
208.2	°C FT																																								
0.59	l/min Pump																																								
67.5	% Effn																																								
63.6	% Effq																																								
280.3	% ExAir																																								
22/08/2012 19:28:40	Fecha/hora																																								
15.05	% O2																																								
1	% CO																																								
11052	ppm CO																																								
3.61	% CO2																																								
192.0	°C FT																																								
0.61	l/min Pump																																								
60.9	% Effn																																								
57.4	% Effq																																								
253.2	% ExAir																																								



## Experimento 3



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 23/08/2012 11:28:29  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

23/08/2012 11:28:29	Fecha/hora
15.44	% O2
1	% CO
11587	ppm CO
3.29	% CO2
196.1	°C FT
0.61	l/min Pump
56.6	% Effn
53.3	% Effg
277.4	% ExAir

## Experimento 4



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 23/08/2012 12:00:30  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

23/08/2012 12:00:30	Fecha/hora
15.17	% O2
1	% CO
8062	ppm CO
3.73	% CO2
185.8	°C FT
0.60	l/min Pump
66.0	% Effn
62.2	% Effg
260.3	% ExAir

## Experimento 5



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 23/08/2012 16:12:52  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

23/08/2012 16:12:52	Fecha/hora
14.65	% O2
0	% CO
4232	ppm CO
4.39	% CO2
202.8	°C FT
0.59	l/min Pump
72.3	% Effn
68.1	% Effg
230.5	% ExAir

## Experimento 6



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 23/08/2012 17:35:19  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

23/08/2012 17:35:19	Fecha/hora
13.94	% O2
1	% CO
6138	ppm CO
4.78	% CO2
196.2	°C FT
0.60	l/min Pump
73.5	% Effn
69.2	% Effg
197.3	% ExAir



## Experimento 7



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 23/08/2012 18:27:07  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

23/08/2012 18:27:07	Fecha/hora
14.61	% O2
1	% CO
7067	ppm CO
4.21	% CO2
158.3	°C FT
0.61	l/min Pump
74.2	% Effn
69.9	% Effg
228.7	% ExAir

## Experimento 8



Teléfono  
Fax  
Tel. Móvil  
E-mail  
Internet

### Medición de productos de la combustión

Propietario  
6

Situación



#### Medición

Tiempo 23/08/2012 20:27:45  
Instrumento testo 335  
N° Serie 01889095

Opacidad n° 1  
Opacidad n° 2  
Opacidad n° 3  
Promedio opac.  
N° bomba opac.  
T.Rad.

Combustible Light Oil  
Derivado del petrolo

23/08/2012 20:27:45	Fecha/hora
14.08	% O2
*1	% CO
*6224	ppm CO
4.67	% CO2
216.7	°C FT
0.60	l/min Pump
70.7	% Effn
66.6	% Effg
203.3	% ExAir



## Anexo 7

### Explicación del Funcionamiento de las Válvulas del procesador GEET B



El sistema tiene 5 válvulas que permiten que en conjunto el funcionamiento del motor y la variación de ellas provocan la variabilidad en la potencia final del motor.

V1: La que permite el paso del combustible desde el carburador hasta la cámara de combustión (viene incluida en el Carburador).

V2 : Ingreso de aire principal (después del reactor).

V3: entrada auxiliar de aire (antes del reactor).

V4: Paso del nuevo combustible hacia la cámara de combustión.

V5: Válvula auxiliar del carburador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Durante el funcionamiento híbrido primero se enciende el motor con el carburador, luego de un tiempo aproximado de 1 minuto el reactor se calienta hasta una temperatura aproximada de 100 °C, en este momento, sincronizadamente, se cierra V1 hasta dejar una mínima apertura, mientras V2 y V4 se van abriendo. Estas válvulas se calibran hasta conseguir la máxima potencia, su manipulación es sensible, una mínima apertura o cierre puede provocar el apagado del motor, por lo que se recomienda hacerlo con precaución.

Por lo general V4 queda totalmente abierta y V5 casi cerrada, luego se va calibrando V2 o en su caso V3, ésta variación provocará diferentes potencias del motor.

Internamente en el reactor, específicamente dentro del tubo interno donde se encuentra la barra cilíndrica, ésta se imanta, mientras no logre éste estado el motor no funcionará, la barra se imantará cuando el reactor llegue a los 100 °C aprox. (o 1 minuto de funcionamiento con el carburador).

Ya que el motor está en constante movimiento y sometido a vibraciones, las válvulas tienen que ser seguras y no moverse de su posición cuando entre a funcionar el sistema híbrido, caso contrario disminuye la potencia y luego se apaga el motor.

La cámara de combustión en forma híbrida absorbe, por un lado gasolina del carburador que es alimentado a su vez por el tanque de gasolina, y por otro combustible gasificado desde el burbujeador que pasa en su trayecto por el



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

reactor, esta combinación se la conoce como funcionamiento híbrido:  
carburador + *GEET B*.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## Anexo 8

### Planos del Burbujeador Construido



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

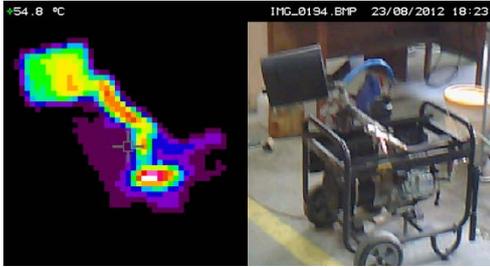
## Anexo 9

### Planos del Reactor Construido

## Anexo 10

### FOTOS INDICATIVAS DE LOS EXPERIMENTOS

<p>Medición de Voltaje sin Carga</p> 	<p>Medición de Gasolina</p> 
<p>Instalación del Silenciador en el <i>GEET B</i></p> 	<p>Sistema de doble entrada admisión de combustible</p> 
<p>Sistema Híbrido: Carburador + <i>GEET B</i></p> 	<p>Barra Cilíndrica</p> 
<p>Carburador</p> 	<p>Burbujeador acoplado con GEET B</p> 

<p>Funcionamiento en sistema <i>GEET B</i></p> 	<p>Reactor con Varilla</p> 
<p>Sistema <i>GEET A</i> con tanque de 10 l</p> 	<p>Sistema <i>GEET A</i> con tanque de 10 l</p> 
<p>Mediciones con Cámara Termográfica</p> 	<p>Mediciones con Cámara Termográfica</p> 