

ANEXO E CARTILLA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL GRUPO ELECTRÓGENO POWERMATE COLEMAN 7000.

Tabla de Contenido

		Pág.
1.	Protocolos de prevención y operación del grupo electrógeno	3
1.1	Arranque del grupo electrógeno.....	6
1.2	Apagado del grupo electrógeno	11
1.3	Protección de circuitos	12
1.4	Servicio poco frecuente.....	12
1.5	Almacenamiento a largo plazo.....	13
1.6	Mantenimiento recomendado por el fabricante	15
1.6.1	Recomendaciones para el generador.....	15
1.6.2	Recomendaciones para el motor	17
2.	Practica N° 1. Identificación del grupo electrógeno	19
2.1	Objetivos de la practica.....	19
2.2	Equipo	19
2.3	Actividades	22
3.	Practica N° 2. Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando gasolina y gas natural como combustibles.....	25
3.1	Objetivos de la practica.....	25
3.2	Materiales y equipos	25
3.3	Marco teórico	27
3.3.1	Potencia eléctrica generada.....	27

3.3.2	Consumo específico de combustible.....	27
3.3.3	Eficiencia total del grupo electrógeno	27
3.4	Metodología	27
4.	Practica N° 3. Análisis de los gases de escape del grupo electrógeno utilizando gasolina y gas natural como combustibles.....	33
4.1	Objetivos de la practica.....	33
4.2	Materiales y equipos	33
4.3	Marco teórico	34
4.3.1	Emisiones de escape	34
4.3.2	Análisis estequiométrico de la combustión.....	35
4.3.3	Balance de materia.....	35
4.3.4	Parámetros de combustión	36
	Durante el proceso de combustión en un motor existen varios parámetros que definen el funcionamiento de este y varían según el contexto operativo. A continuación, se describen dos de los parámetros más importantes:.....	36
4.3.4.1	Relación aire-combustible teórica ideal. es el análisis para conocer la cantidad de aire necesario para producir una combustión completa.....	36
4.3.4.2	Factor de aire de la combustión (λ). determina la proporción de aire y combustible que debe mezclarse para obtener una óptima combustión en motores de ignición por chispa de ciclo Otto. Este factor compara la proporción estequiométrica de la mezcla.....	36
4.4	Metodología	37
	Referencias bibliográficas.....	41

1. Protocolos de prevención y operación del grupo electrógeno

Las precauciones de seguridad son esenciales cuando se implementa cualquier equipo eléctrico o mecánico, con el debido cuidado se disminuirá las posibilidades de lesiones personales. Antes de realizar cualquier práctica se recomienda realizar un diagnóstico para el grupo electrógeno donde se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La carga del equipo debe mantenerse dentro de la clasificación indicada en la placa, una sobrecarga dañará y disminuirá la vida útil del equipo.
- Cuando el motor opera a velocidades excesivas aumenta el riesgo de lesiones personales, además no se recomienda manipular con partes que puedan aumentar o disminuir la velocidad de operación.
- Los grupos electrógenos no deben ser operados ni almacenados en lugares altamente húmedos. Tampoco deben ser operados en ubicaciones conductoras como cubiertas metálicas.
- Es obligatorio el uso de los elementos de seguridad como se observa en la figura 1, el estudiante debe traer para la práctica bata o braga, protección para los oídos, gafas y botas de seguridad o calzado de material cerrado, también se debe hacer uso de los guantes de carnaza y tapabocas suministrado en el laboratorio.

Figura 1

Elementos de seguridad



- Mantener el generador siempre limpio, libre de aceite, barro y otras sustancias extrañas.
- Verificar que los cables de extensión, los cables de alimentación y todo el equipo eléctrico se encuentren en buen estado. Nunca operar equipos electrónicos con componentes dañados o defectuosos.
- El generador nunca debe ser operado cuando se presentan las siguientes condiciones:
 - ✓ Cambio abrupto de la velocidad del motor.
 - ✓ Sobrecalentamiento en equipos conectados.
 - ✓ Chispas.
 - ✓ Recipientes dañados.
 - ✓ Fallo en el encendido del motor.
 - ✓ Vibración excesiva.
 - ✓ Llama o humo.

- Revisar periódicamente el sistema de combustible para detectar posibles fugas o signos de deterioro como: mangueras irritadas o esponjosas, abrazaderas sueltas o faltantes. Todos los defectos deben corregirse antes de la operación.
- El generador debe ser operado, reparado y reabastecido de combustible solo bajo las siguientes condiciones:
 - ✓ En lugares con buena ventilación, evitando áreas donde los vapores puedan quedar atrapados, como pozos, sótanos, bodegas, excavaciones. La temperatura no debe exceder los 40°C.
 - ✓ Los gases de escape son peligrosos. En áreas cerradas se deben canalizar, ya que el escape del motor contiene monóxido de carbono, un gas invisible, venenoso e inodoro, que si se respira puede causar graves enfermedades, incluso la muerte.
 - ✓ Recargue de combustible el generador en un área bien iluminada. Evite derrames de combustible y nunca recargar cuando el generador esté funcionando. No recargar cerca de llamas abiertas, luces piloto, o chispas eléctricas producidas por equipos como herramientas eléctricas, soldadores y amoladoras.
 - ✓ El silenciador y el filtro de aire deben estar instalados en buenas condiciones todo el tiempo, ya que una de sus funciones es servir de apagallamas, si se produce un contragolpe.
- No use ropa holgada, joyería o cualquier cosa que pueda quedar atrapada en el arrancador u otras piezas giratorias.
- Al apagar el motor primero desconecte las cargas.
- No pegue nada a través de las ranuras de ventilación, incluso cuando el generador no está funcionando. Esto puede dañar el generador o causar algún accidente.

1.1 Arranque del grupo electrógeno

Siga los siguientes pasos para encender el grupo electrógeno:

- a. Prenda el extractor de gases, y el ventilador del LMAT, en la figura 2 se observan sus interruptores.

Figura 2

Interruptores para los equipos de extracción de gases del LMTA

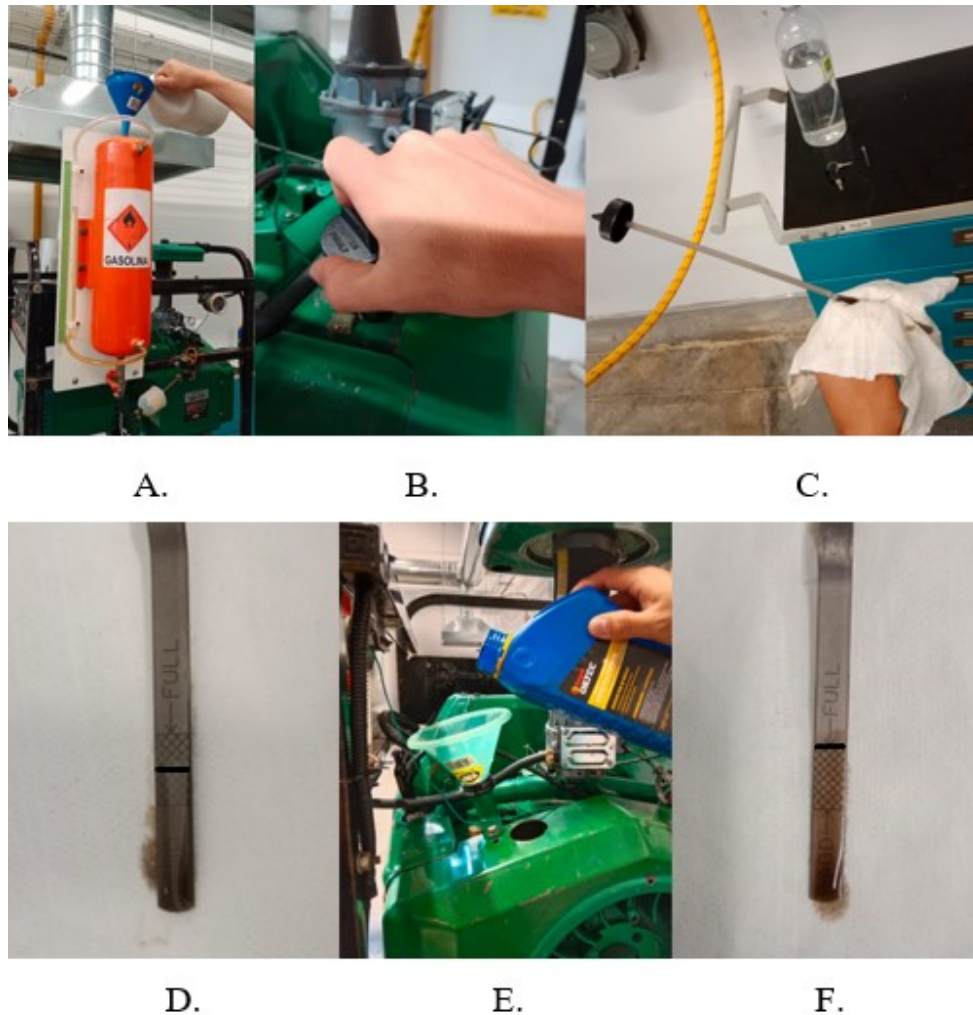


Nota. El botón verde es para el encendido y el botón rojo para el apagado.

- b. Compruebe el nivel de aceite y combustible como se ilustra en la figura 3.
- c. Desconecte todas las cargas eléctricas de la unidad, el panel de control debe estar libere como se observa en la figura 4.
- d. Verifique que las llaves que dan paso al combustible (ver figura 5) estén abiertas.

Figura 3

Revisión del nivel de aceite y combustible



Nota. En la sección A se observa el tanque de suministro de gasolina, al lado derecho se revisa el nivel de combustible, y por la parte superior del tanque se ingresa el combustible. Para la revisión del nivel de aceite primero se desenrosca el nivel de aceite como se observa en la sección B, luego se limpia el nivel de aceite como se observa en la sección C, si hace falta aceite como se observa en la sección D es necesario que adicione aceite como se muestra en la sección E y por último después de volver a limpiar el nivel de aceite se debe asegurar que el equipo cuente con el nivel de aceite adecuado como se muestra en la sección F.

Figura 4

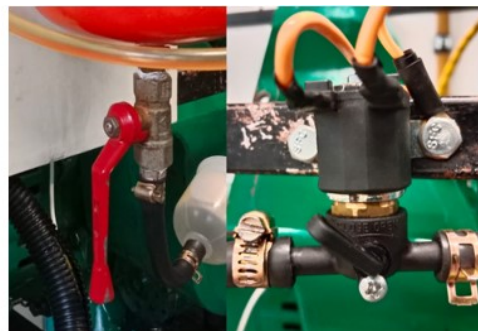
Panel de control del grupo electrógeno



Nota. A. interruptor on-off-on utilizado para conmutar los combustibles, B. interruptor de encendido y apagado del equipo, C. tomacorriente doble de 120 voltios /20 Amperios, D. toma corriente de bloque de torsión a 120 voltios /30 Amperios, E. disyuntores, F. toma corriente de bloque de torsión a 240 voltios /30 Amperios.

Figura 5

Llaves que dan paso al combustible



A.

B.



C.

D.

E.

Nota. Las llaves que dan paso a la gasolina son la A y B, en esta imagen la llave A se observa abierta, la electroválvula B se encuentra en su posición normal de funcionamiento y las llaves de bola C, D y E dan paso al GNC, las cuales se observan cerradas en la figura.

- e. Mueva el interruptor, para iniciar el equipo con gasolina como se observa en la figura 6.

Figura 6

Electroválvula de gasolina activada



- f. Gire la llave a *START en el interruptor B. ilustrado en la figura 7.

Figura 7

Encendido del motor



- g. El motor siempre se inicia con gasolina. Si se desea trabajar con gas, simplemente se conmuta a gas con el interruptor ilustrado en la figura 8, después de un tiempo prudente de haber iniciado con gasolina.

Figura 8

Electroválvula de gas activada



- h. Permita que el generador funcione sin carga por cinco minutos después de cada puesta en marcha, para permitir que el motor y generador se estabilicen.
- i. Conecte el tablero de consumo al tomacorriente de 240 voltios a 30 amperios como en la figura 9.

Figura 9

Conexión del tablero de consumo



A.

B.

Nota. En la sección A se observa el tablero de consumo, y en la sección B la conexión del tablero de consumo al panel de control del generador

1.2 Apagado del grupo electrógeno

Para apagar el grupo electrógeno siga los siguientes pasos:

- a. Remover la carga eléctrica, ver figura 10.

Figura 10

Tablero de control de carga y panel del generador



Nota. Para remover la carga primero se deben ubicar los interruptores del tablero de consumo en la posición off como se observa en la imagen y luego se retira el tomacorriente.

- b. Deje que el motor funcione durante unos minutos más.
- c. Gire la llave a *OFF en el interruptor B. ilustrado en la figura 11.

Figura 11

Apagado del grupo electrógeno



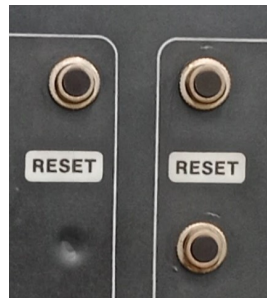
- d. No deje el generador hasta que se haya detenido por completo.
- e. Cierre las válvulas que dan paso al combustible (ver figura 5) al terminar las practicas.

1.3 Protección de circuitos

Los tomacorrientes están protegidos por un interruptor AC. Si el generador está sobrecargado o se produce un cortocircuito, los disyuntores que se observan en la figura # se dispararán. Si esto ocurre, desconecte todas las cargas eléctricas e intente determinar la causa del problema antes de intentar utilizar el generador otra vez. Si la sobrecarga hace que el disyuntor se dispare reduzca la carga. El disparo continuo del interruptor puede causar daños al generador o equipo. El interruptor se puede restablecer presionando el botón del disyuntor E (Powermate s.f.).

Figura 12

Disyuntores de seguridad del generador



1.4 Servicio poco frecuente

Si la unidad se usa con poca frecuencia, puede resultar ser difícil arrancar, Para eliminar La dificultad del arranque, se debe hacer funcionar el generador al menos 30 minutos cada semana. Además, si la unidad no se utilizara por algún tiempo, es una buena idea drenar el combustible del carburador y del tanque.

1.5 Almacenamiento a largo plazo

Cuando el grupo electrógeno no esté funcionando o se deje quieto por más de un mes, siga estas instrucciones:

- a. Reponga el aceite del motor al nivel superior indicado en la figura 13.

Figura 13

Nivel superior de aceite



- b. Drene la gasolina del tanque de combustible, la línea de combustible, la válvula de combustible y el carburador como se indica en la figura 14.

Figura 14

Drenaje de combustible estancado



Nota. Para el drenaje de las líneas de combustible se debe utilizar un alicate para soltar las abrazaderas de presión. Para drenar el combustible estancado en el carburador se retira el tapón de drenaje que se observa en la figura con ayuda de una de un volvedor y una copa de $\frac{3}{4}$ in.

c. Vierta aproximadamente una cucharadita de aceite de motor a través del orificio de la bujía.

Figura 15

Desmonte de bujía



Nota. Para retirar la bujía en el LMTA se puede hacer uso de la copa alta de 13/16 in, con ayuda de una llave de 23mm. No se utiliza volvedor para la copa ya que la altura de la bujía no lo permite.

d. Cubra la unidad y guárdela en un lugar limpio y seco que esté bien ventilado lejos de llamas abiertas o chispas.

Nota: El uso de un aditivo de combustible, como STA-BIL, o un equivalente, minimiza la formulación de depósitos de goma de combustible durante. El almacenamiento, el aditivo puede añadirse a la gasolina en el depósito de combustible del motor, o a la gasolina en un recipiente de almacenamiento.

1.6 Mantenimiento recomendado por el fabricante

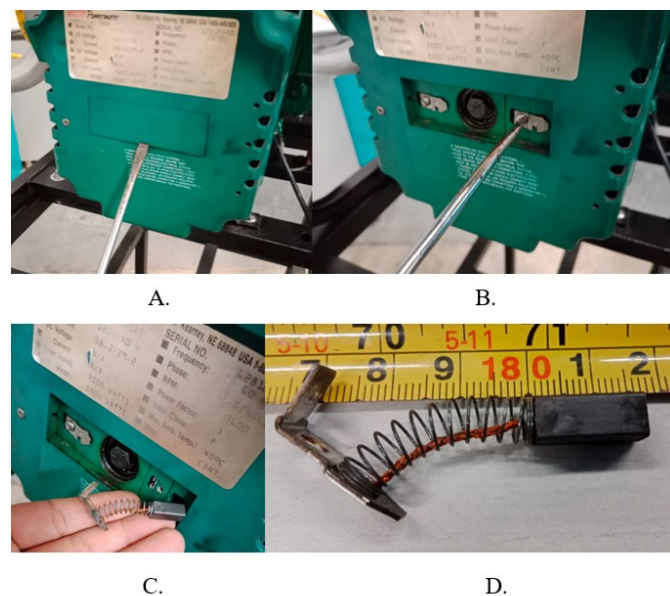
Para el desarrollo del proyecto es necesario que el grupo electrógeno se encuentre en óptimas condiciones, pero ello se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1.6.1 Recomendaciones para el generador

- Las escobillas deben inspeccionarse una vez al año en busca de anomalías y grietas como se ilustra en la figura 16, las escobillas se remplazan cuando su longitud sea menor a $\frac{1}{4}$ in o 7mm.

Figura 16

Revisión de las escobillas



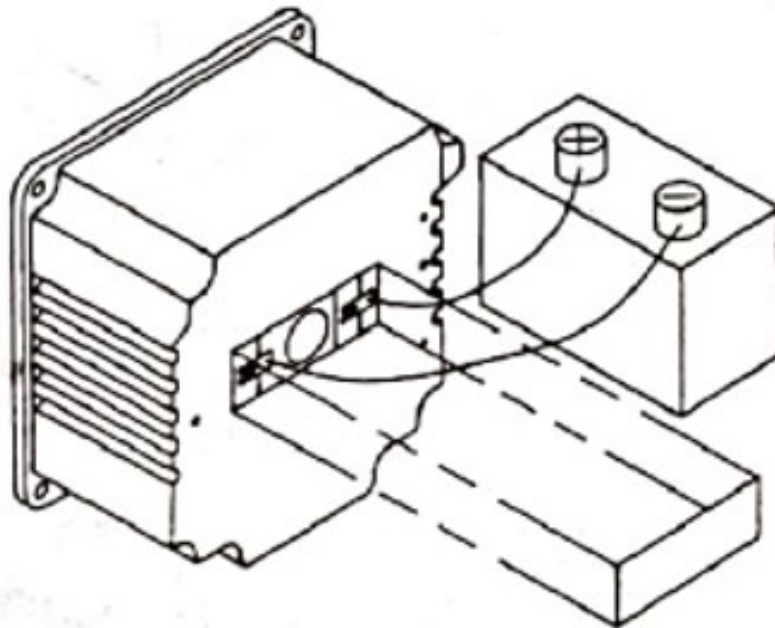
Nota. Para revisar las escobillas se debe seguir los siguientes pasos: 1, se debe retirar la tapa que se ilustra en la sección A con ayuda de un destornillador de pala; 2, se procede a desatornillar las escobillas como se observa en la sección B; 3 se retira las escobilla como en la sección C; 4, se mide la longitud de las escobillas como se observa en la sección D y 5, se pone la tapa que se ilustra en la sección A.

- Si en el generador hay pérdidas de magnetismo el voltaje no se acumulará, será necesario excitar el generador. Para excitar el generador se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- ✓ Usar una batería de 6 voltios de celda seca.
- ✓ Retirar la tapa de las escobillas.
- ✓ Arrancar el motor sin tener carga conectada al generador.
- ✓ Conectar el polo negativo de la batería con la escobilla negativa, muy brevemente tocar el polo positivo de la batería con la escobilla positiva como se ilustra en la figura 17, retirar tan pronto se acumule el voltaje, para ello hay que medirlo.

Figura 17

Excitación del generador.



Nota. En la figura se ilustra la conexión de la batería de 6 voltios para la excitación del generador. Tomado de Coleman Powermate Generator Operator's Manual (p. 14) del grupo electrógeno 7000 Comercial Electric.

1.6.2 Recomendaciones para el motor

Un mantenimiento regular mejorará el rendimiento y extenderá la vida útil del motor para ello se deben tener en cuenta las instrucciones de la tabla 1.

Tabla 1

Instrucciones de mantenimiento por horas

Compruebe el nivel de aceite	Cada 8 horas diariamente	25 horas cada temporada	50 horas cada temporada	100 horas cada temporada	100-300 horas
Revisar el nivel de aceite	✓				
Cambiar el aceite			✓ ■		
Cambiar el filtro de aire y de aceite				✓	
Limpiar sistema de purificación de aire		✓ ■■			
Inspección del escape o apagachispas			✓		
Limpiar o reemplazar bujías				✓	
Reemplazar filtro en la línea de combustible				✓	
Limpieza del sistema de refrigeración				✓ ■■	
Mantener cámara de combustión limpia					✓

Nota. • indica que hay que cambiar el aceite después de las primeras 5 a 8 horas activo después de reparar el motor, luego cada 50 horas o cada temporada. Se recomienda cambiar el aceite cada 25 horas cuando el motor opere bajas cargas pesadas a altas temperaturas. •• Limpiar con

frecuencia en condiciones polvorientas. Reemplazar el filtro del aire si está muy sucio Adaptado de *Briggs & Stratton Operating & Maintenance Instructions* (p. 11) del Motor del grupo electrógeno 7000 Comercial Electric

Figura 18

Cambio del filtro de aceite



Nota. Para cambiar el filtro de aceite se deben seguir los siguientes pasos: 1, drenar el aceite del motor y retirar el filtro de aceite; 2, Antes de instalar un filtro nuevo se debe lubricar ligeramente la junta del filtro con aceite nuevo y limpio; 3, enroscar el filtro con la mano, hasta que la junta entre en contacto con el adaptador del filtro de aceite, apriete 1/2 a 3/4 más de vuelta; 4, agregar aceite nuevo y llene hasta la línea FULL en la varilla medidora; 5, Arrancar y hacer funcionar el motor para comprobar si hay fugas y 6, para el motor y comprobar el nivel de aceite, agregar si es necesario.

2. Practica N° 1. Identificación del grupo electrógeno

2.1 Objetivos de la practica

- Conocer los principales componentes del grupo electrógeno del LMTA.
- Operar el grupo electrógeno del LMTA.
- Identificar las ventajas y desventajas de un grupo electrógeno.

2.2 Equipo

El LMTA cuenta con un grupo electrógeno Coleman Powermate de 7000 vatios, equipado con un motor alternativo, horizontal, BRIGGS & STRATTON TWIN 2 - 18hp serie 422400 como se ilustra en la figura 19. El grupo electrógeno del LMTA esta acondicionado para funcionar con gasolina y gas natural, al cual se le tuvo que implementar un suministro de gas como se observa en la figura 20, adicionalmente se adaptó la conexión eléctrica para conmutar de gasolina a gas como se muestra en la figura 21.

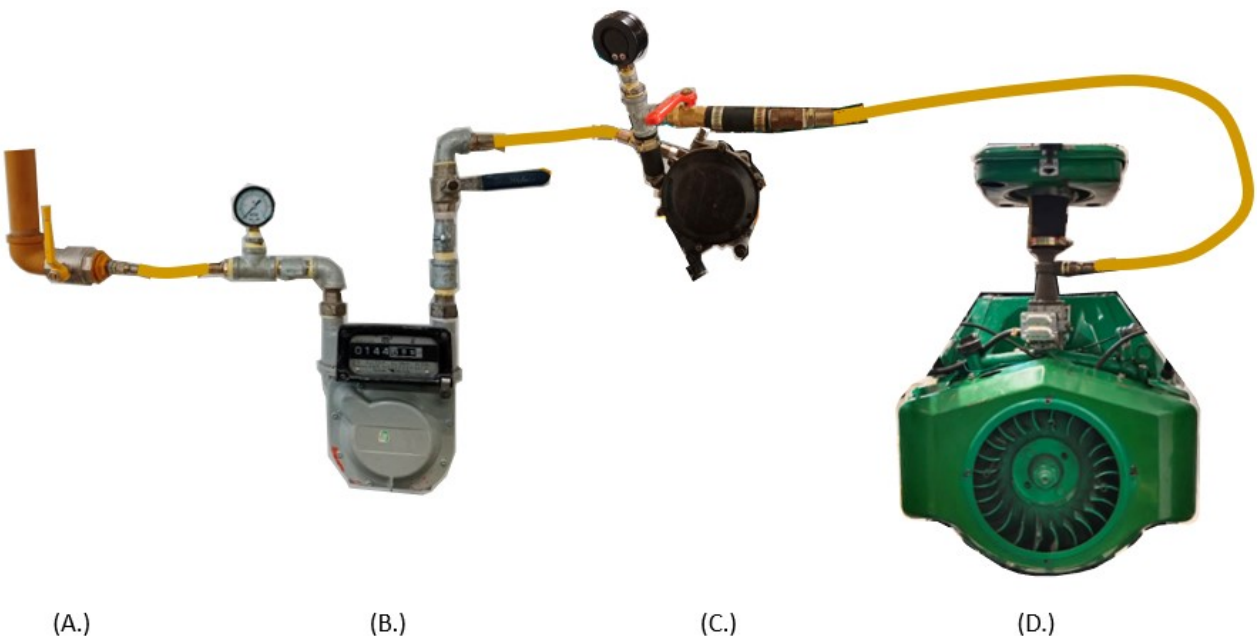
Figura 19

Grupo electrógeno Powermate Coleman 7000



Figura 20

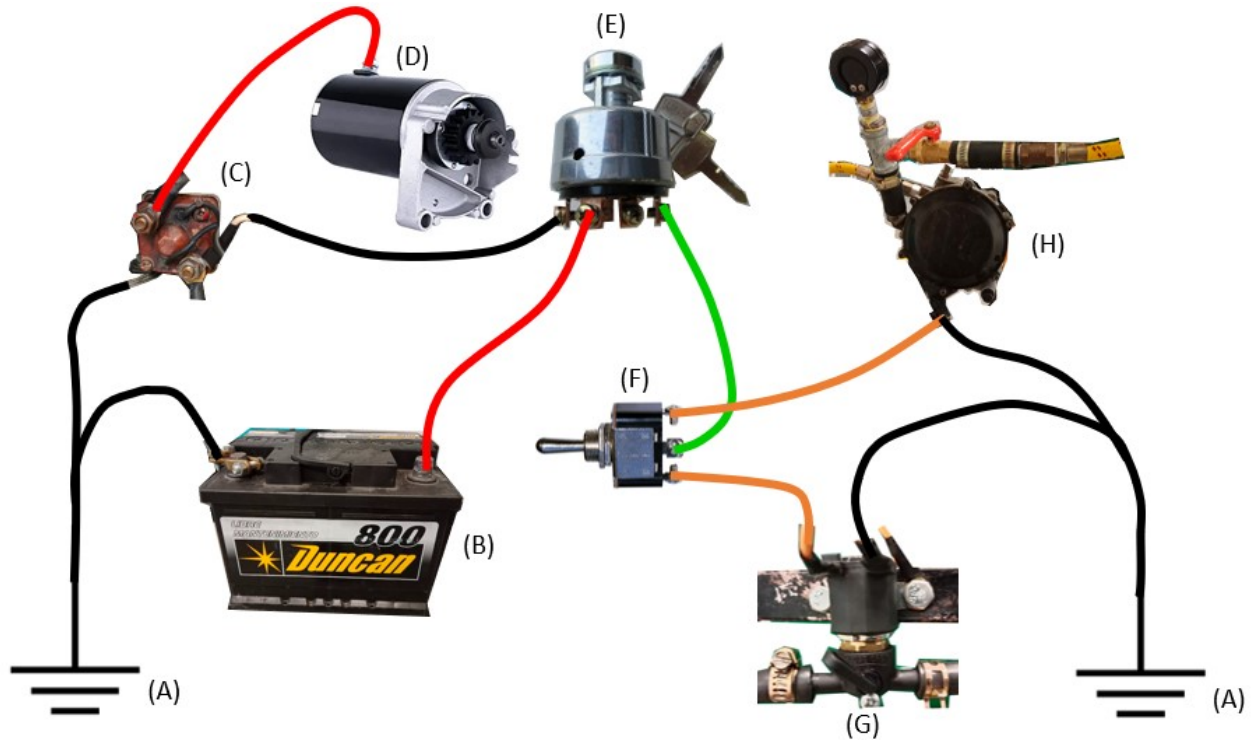
Instalación para el GNC



Nota. En la sección A se observa el suministro de GNC que llega al laboratorio; en la sección B un manómetro que indica la presión del gas conectado al medidor de consumo de tipo diafragma; en la sección C se muestra un regulador de GNC marca Lovato, equipado con una electroválvula para el suministro del combustible, y en la sección D se observa la conexión al mezclador de gases.

Figura 21

Conexión eléctrica para conmutar de gasolina a GNC



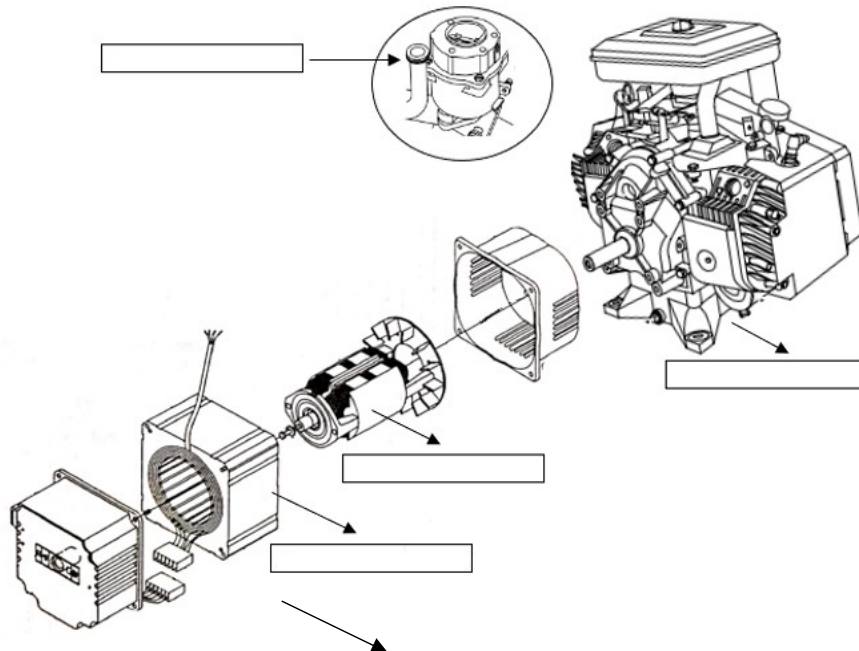
Nota. A representa la conexión a masa o polo a tierra; B, una batería de 12 voltios a 800 amperes, C es la bobina de encendido, D es el motor eléctrico de arranque, E es el interruptor de encendido, F es un interruptor on-of-on, el cual conmuta el sistema de gasolina a gas; G es la electroválvula para el paso de gasolina y H es el regulador de GNC, el cual tiene una electroválvula para el paso de gas.

2.3 Actividades

- a. Llene los cuadros de las figuras 22 y 23 con los nombres de los elementos principales que conforman al grupo electrógeno.
- b. Describa las recomendaciones para iniciar el equipo, el proceso de arranque, y el proceso de apagado.
- c. Investigue y describa las ventajas y desventajas de los grupos electrógenos y además las ventajas y desventajas de la implementación de combustibles gaseosos en motores de combustión interna.
- d. Registre el total del tiempo de operación de la práctica en la tabla 2, y teniendo en cuenta el acumulado de horas y todo el tiempo de operación Revise el capítulo 7 de la cartilla, y describa que operación de manteniendo se debe realizar por el tiempo de trabajo.

Figura 22

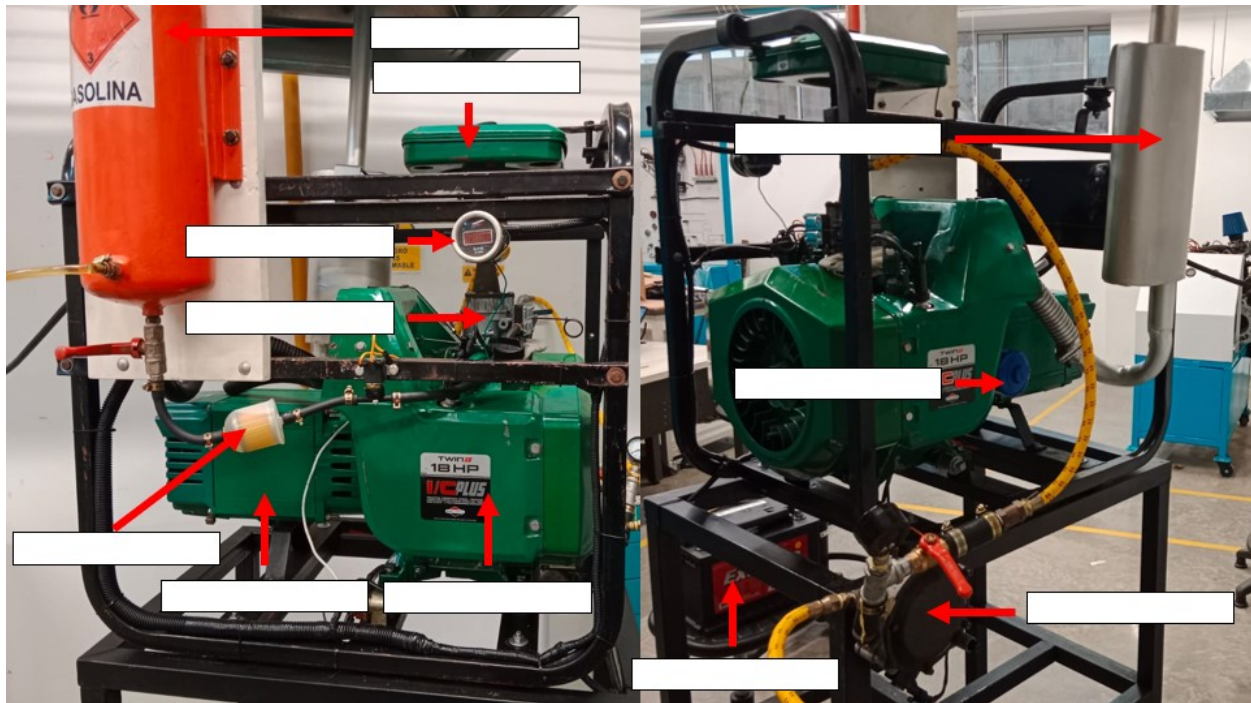
Elementos principales del grupo electrógeno del LMTA



Nota. Adaptado de *Coleman Powermate Generator Operator's Manual* (pp. 6-15) del grupo electrógeno 7000 Comercial Electric y de *Operating & Maintenance Instructions* (pp. 17-18) del motor *BRIGGS & STRATTON TWIN 2 - 18hp* serie 422400.

Figura 23

Identificación de componentes principales del grupo electrógeno



3. Practica N° 2. Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando gasolina y gas natural como combustibles

3.1 Objetivos de la practica

- Medir la potencia generada a partir de los valores obtenidos de corriente y voltaje de las fases del generador.
- Medir el consumo de combustible del motor de combustión interna del grupo electrógeno.
- Calcular el consumo específico de combustible, teniendo en cuenta los valores de poder calorífico de cada uno de los combustibles.
- Hallar la eficiencia total del grupo electrógeno, a partir de la potencia generada y el consumo de combustible.
- Graficar los valores obtenidos con respecto a la carga aplicada al grupo electrógeno.
- Comparar los valores de potencia generada, consumo específico de combustible y eficiencia de los dos combustibles utilizados.

3.2 Materiales y equipos

A continuación, se mencionan los materiales utilizados en la práctica, el estudiante debe portar los elementos de seguridad como se ilustra en la figura 1:

- Banco de pruebas del grupo electrógeno
- Cronometro
- Pinza amperimétrica

- Cámara

3.3 Marco teórico

Para el desarrollo de la práctica se deben tener claro los siguientes conceptos:

3.3.1 *Potencia eléctrica generada*

Es la cantidad de energía eléctrica producida, en este caso la entregada por el grupo electrógeno a un dispositivo particular en un tiempo determinado, en este caso al tablero de consumo.

La potencia eléctrica generada se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ne = V * I$$

Donde V es el voltaje entre líneas e I es la corriente producida. El LMATA cuenta con una pinza amperimétrica UNI-T UT231 que toma de una vez el valor de la potencia en KW ver figura 25.

3.3.2 *Consumo específico de combustible*

El consumo específico de combustible Sfc es la relación entre el consumo de combustible y la potencia efectiva del motor. La ecuación que determina el consumo específico de combustible es la siguiente:

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{P}$$

3.3.3 *Eficiencia total del grupo electrógeno*

Para hallar la eficiencia total del grupo electrógeno se utiliza la siguiente ecuación:

$$n_f = \frac{1}{sfc * Q_{HV}}$$

(Heywood, 1988)

El poder calorífico del gas natural es de $11,98 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}$ (PrecioGas, 2022) aproximadamente

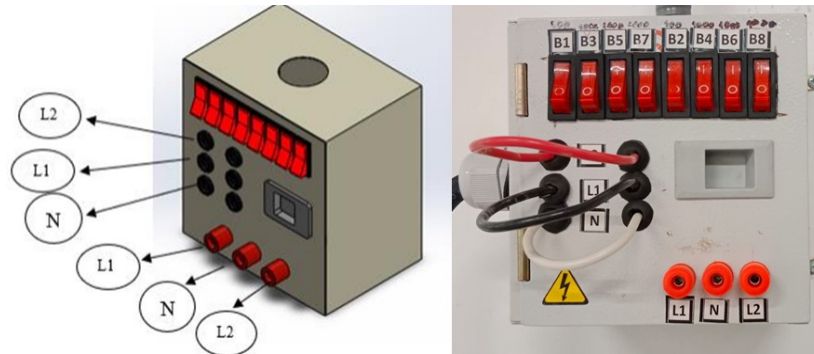
y para la gasolina de $12,22 \frac{\text{Kwh}}{\text{kg}}$.

3.4 Metodología

Antes de iniciar la práctica es necesario seguir los pasos y recomendaciones mencionados en el capítulo *Protocolos de prevención y operación del grupo electrógeno*. Cada dato se debe tomar como mínimo tres veces para trabajar con su valor promedio. Arranque el grupo electrógeno como se indica en el capítulo 1, para aplicar la carga active los interruptores en el tablero de control de carga ilustrado en a figura 24. Inicie cargando el grupo electrógeno con una bombilla de 500W, aumente progresivamente la carga de 500 en 500W hasta la carga de 5000W. Es importante no trabajar con cargas superiores a 5000W para no sobrecargar el equipo. Registre los datos de potencia generada para cada valor de carga utilizando la pinza amperimétrica ilustrada en la figura 25.

Figura 24

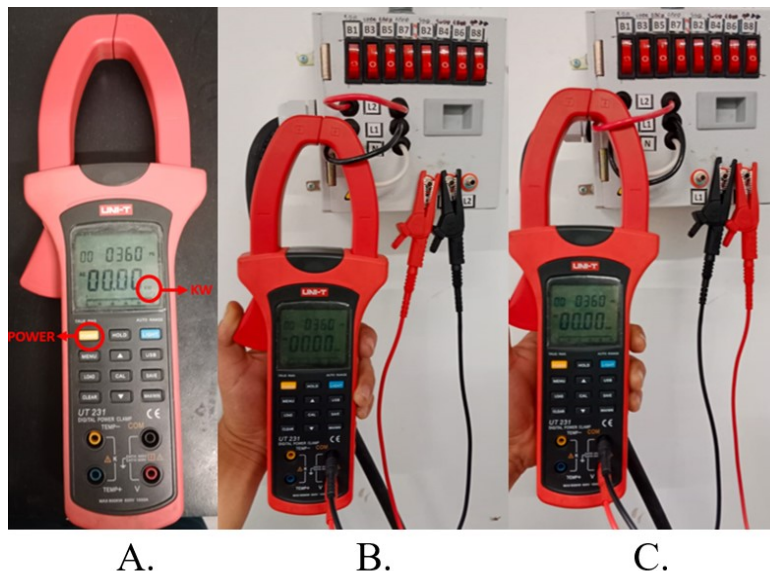
Tablero de control de carga



Nota. Los interruptores B1, B3, B5 y B7 corresponden a la primera fase del generador; B1 es de 500W y B3, B5, B7 son de 1000w; los interruptores B2, B4, B6 y B8 corresponden a la segunda fase del generador; B2 es de 500W y B4, B6, B8 son de 1000w; L1 corresponde a la fase 1; L2 corresponde a la fase 2 y N corresponde a la fase neutra del generador. Adaptado de *Diseño del aislamiento acústico, térmico y puesta en marcha para un banco del grupo electrógeno del laboratorio de máquinas térmicas alternativas* (p. 52) (Lasso & Moreno, 2020).

Figura 25

Uso y conexión de la pinza amperimétrica

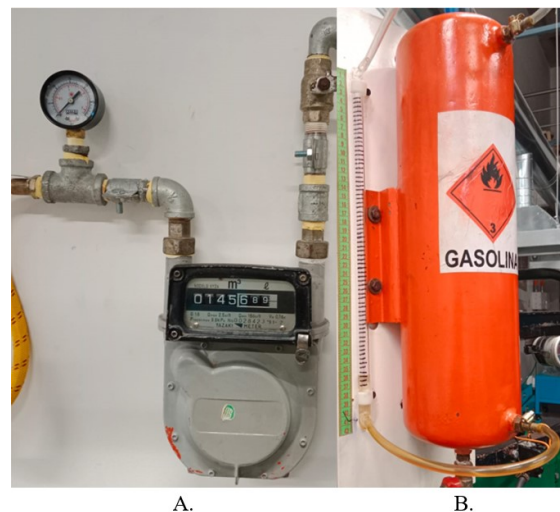


Nota. Para utilizar la pinza amperimétrica primero se enciende en el botón POWER que se ilustra en la sección A de la imagen 25, se verifica que la medida que tome este en KW como se indica en la sección A, de no ser así, se oprime el botón MENU, que esta debajo del botón POWER hasta encontrar la unidad de trabajo (KW), luego se conecta la pinza para la medición de la corriente a la fase que se esté midiendo, para la medición del voltaje se conectan el cable común al toma neutro (N), y el cable en la posición de voltaje en la fase a medir (L1 o L2). En la sección B se observa la conexión para la medición de potencia en la fase 1 y en la C para la fase 2.

Registre el consumo de combustible como se indica en la figura 26 en la tabla 3 para el consumo de gasolina y en la tabla 5 para el consumo de gas natural. Calcule el consumo horario y promedio en las tablas 4 y 6. Cuando trabaje con gas natural también registre la presión de suministro que llega al laboratorio.

Figura 26

Medición del consumo de combustible



Nota. Para la medición del consumo de gasolina se recomienda fraccionar el tubo con un grafo como se observa en la sección B, midiendo el tiempo de consumo por fracción, aumentando la

carga de 500W en 500W hasta 5000W, en la sección B cada fracción equivale a 5 milímetros, cada milímetro de altura contiene 0,0145 litros de combustible. Para la medición de consumo de gas se recomienda definir un intervalo de tiempo, para realizar la toma de potencia generada con las con las diferentes cargas (de 500W en 500W hasta 5000W), para registrar o capturar el consumo en el momento que se cambia la carga.

Tabla 3

Toma de datos de consumo de gasolina

Carga [w]	Consumo [lts]			Tiempo [sg]		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
500						
1000						
1500						
2000						
2500						
3000						
3500						
4000						
4500						
5000						

Tabla 4

Consumo horario de combustible y promedio para gasolina

Carga [w]	Consumo 1 (lts/s)	Consumo 2 (lts/s)	Consumo 3 (lts/s)	Promedio lts/s	Promedio en Kg/h
500					
1000					
1500					
2000					
2500					
3000					
3500					
4000					
4500					
5000					

Tabla 5

Toma de datos de consumo de gas natural

Carga [w]	Consumo [lts]			Tiempo [sg]		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
500						
1000						
1500						
2000						
2500						
3000						
3500						
4000						
4500						
5000						

Tabla 6

Consumo horario de combustible y promedio para gas natural

Carga [w]	Consumo 1 (lts/s)	Consumo 2 (lts/s)	Consumo 3 (lts/s)	Promedio lts/s	Promedio en m ³ /h
500					
1000					
1500					
2000					
2500					
3000					
3500					
4000					
4500					
5000					

Si es gas natural una forma fácil para determinar el consumo, es registrar mediante una cámara fotográfica contador de gas, en un determinado periodo de tiempo definido para cada valor de carga.

Complete las tablas 7 y 8, realice las gráficas de Potencia generada vs consumo específico de combustible y potencia generada vs eficiencia total, para cada uno de los combustibles.

Tabla 7

Datos para el análisis de la eficiencia con gasolina

Carga [w]	Potencia generada (w)	Q (Kg/h)	sfc (Kg/kw*h)	nf (%)
500				
1000				
1500				
2000				
2500				
3000				
3500				
4000				
4500				
5000				

Tabla 8

Datos para el análisis de la eficiencia con gas natural

Carga [w]	Potencia generada (w)	Q (m ³ /h)	sfc (m ³ /kw*h)	nf (%)
500				
1000				
1500				
2000				
2500				
3000				
3500				
4000				
4500				
5000				

Realizar un análisis comparativo del rendimiento y funcionamiento del grupo electrógeno con cada combustible.

4. Practica N° 3. Análisis de los gases de escape del grupo electrógeno utilizando gasolina y gas natural como combustibles

4.1 Objetivos de la practica

- Medir la composición de los gases de escape del grupo electrógeno al utilizar los combustibles mencionados.
- Determinar los productos y su composición a partir de un balance de materia donde ocurre combustión ideal, es decir, lambda igual a 1 ($\lambda = 1$).
- Determinar la relación aire/combustible estequiométrica del proceso de combustión.
- Identificar que combustible es más adecuado teniendo en cuenta el impacto ambiental de los gases de escape.

4.2 Materiales y equipos

A continuación, se mencionan los materiales utilizados en la práctica, el estudiante debe portar los elementos de seguridad como se ilustra en la figura 1:

- Banco de pruebas del grupo electrógeno.
- Cronometro.
- Analizador de gases.
- Computador.

4.3 Marco teórico

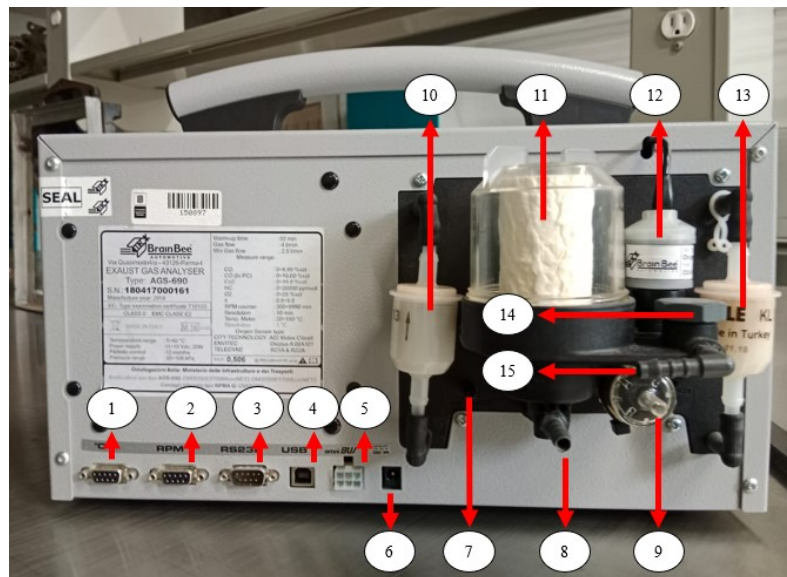
Para el desarrollo de la práctica se deben tener claro lo siguiente:

4.3.1 Emisiones de escape

La emisión de gases de escape y su composición depende de la calidad del combustible, la relación aire-combustible y el tipo de motor probado. Por ende, el análisis se realiza teniendo en cuenta los siguientes parámetros: lambda (λ), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), hidrocarburos no quemados (HC) y Oxígeno (O_2), ya que son los productos obtenidos por analizador de gases (BrainBee tipo AGS-690) ver figura 27.

Figura 27

Vista posterior del analizador de gases



Nota. 1 es la entrada del sensor de temperatura de motor, 2 es la entrada del sensor de régimen de motor, 3 es el tomo para conexión serial RS-232, 4 es el puerto USB, 5 es el puerto de comunicación omniBUS, 6 es la entrada de alimentación a 12 vcc, 8 es la entrada de los gases, 9

es el filtro de carbones activos, 10 es el filtro del circuito de agua, 11 es el filtro coalescente, 12 es e sensor de oxígeno, 13 es el filtro del gas, 14 es el alojamiento para el sensor de nox y 15 e la salida de los gases.

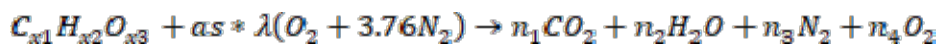
4.3.2 *Análisis estequiométrico de la combustión*

Se encarga de realizar un balance másico y volumétrico de los reactivos y los productos.

Los principales aspectos que se determinan son:

- Cantidad exacta de aire para realizar la combustión ideal.
- Productos de la combustión.

Dada una combustión completa se obtiene la siguiente reacción química:



4.3.3 *Balance de materia*

Durante el proceso de cualquier reacción química, se realiza un balance con base en el principio de la conservación de la masa, el cual establece que la masa total de cada componente de la reacción se conserva durante todo el proceso, de este modo es posible conocer los coeficientes de cada uno de los reactivos y productos (Cengel & Boles, 2004).

- Balance de Carbono: $X_1 = n_1$
- Balance de Hidrogeno: $X_2 = 2 * n_2$
- Balance de Nitrógeno: $(2 * 3.76 * a_s * \lambda) = 2 * n_3$
- Balance de Oxigeno: $X_3 + 2 * a_s * \lambda = 2 * n_1 + n_2 + 2 * n_4$

4.3.4 *Parámetros de combustión*

Durante el proceso de combustión en un motor existen varios parámetros que definen el funcionamiento de este y varían según el contexto operativo. A continuación, se describen dos de los parámetros más importantes:

4.3.4.1 Relación aire-combustible teórica ideal. es el análisis para conocer la cantidad de aire necesario para producir una combustión completa.

$$\alpha_s = m_{\text{aire}_{\text{teorico}}} / m_{\text{combustible}} = \frac{28.97(4.76 * \alpha_s)}{(12.01 * X_1 + 1.008 * X_2 + 16 * X_3)}$$

4.3.4.2 Factor de aire de la combustión (Lambda). determina la proporción de aire y combustible que debe mezclarse para obtener una óptima combustión en motores de ignición por chispa de ciclo Otto. Este factor compara la proporción estequiométrica de la mezcla.

- $\lambda < 1$: Significa que hay déficit de aire por lo tanto la mezcla es rica y la combustión reductora.
- $\lambda > 1$: Significa que hay exceso de aire por lo tanto la mezcla es pobre y la combustión oxidante.
- $\lambda = 1$: Combustión ideal (no se presenta en la realidad)
- $\lambda = m_{\text{aire}_{\text{real}_{\text{admitido}}} / m_{\text{aire}_{\text{teorico}_{\text{necesario}}}}$

4.4 Metodología

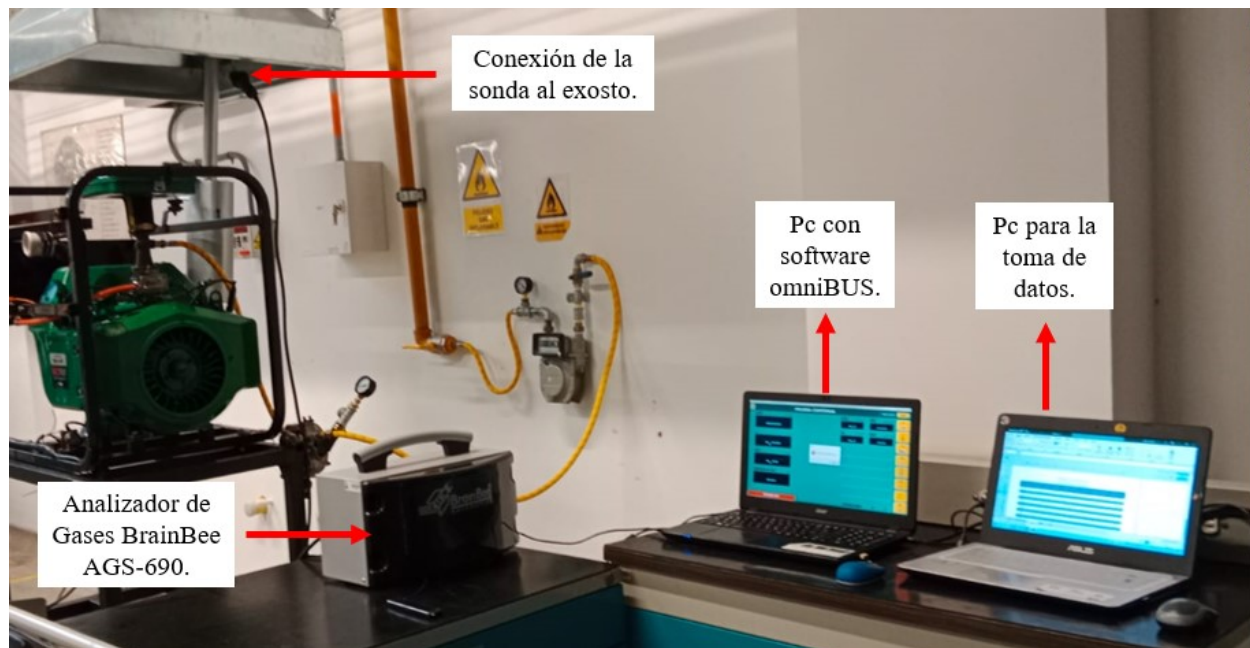
Antes de iniciar la práctica es necesario seguir los pasos y recomendaciones mencionados en el capítulo *Protocolos de prevención y operación del grupo electrógeno*. Cada dato se debe tomar como mínimo tres veces para trabajar con su valor promedio.

A continuación, se menciona el paso a paso para la toma de datos:

1. Verificar las conexiones del analizador de gases (sonda de muestreo de gas, conexión al computador y conexión de energía). Nota: Revisar manual de analizador en el siguiente enlace: <https://d17bck4wpaw2mg.cloudfront.net/att/a/2/h/6/a2h6c7/ut231-manual3.pdf>.

Figura 28

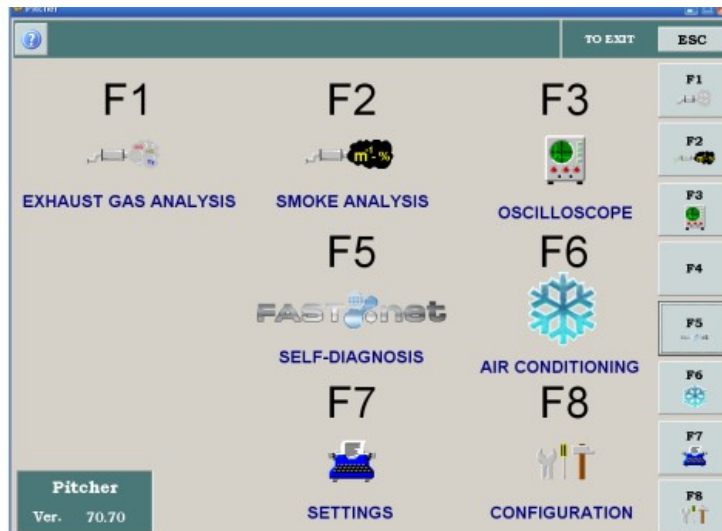
Elementos para realizar las pruebas de emisiones de gases



2. Una vez se encuentre abierto el software del analizador remítase al apartado de “Exhaust Gas Analysis” con la tecla F1 como se muestra en la figura 29.

Figura 29

Interfaz gráfica software omniBUS-800

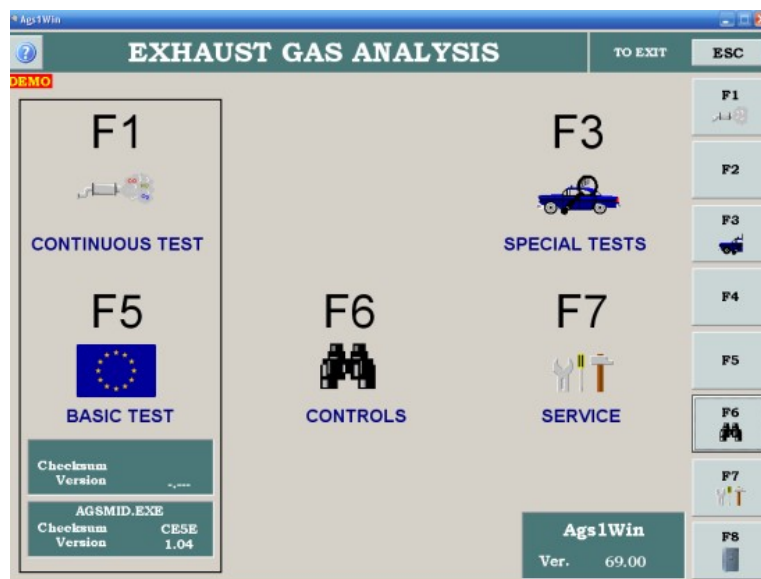


Nota. Tomado del Manual de instrucciones AGS-690 (p. 32)

- Realizar la prueba de estanqueidad y la prueba de residuos de Hidrocarburos (HC) del analizador de gases, apartado de controles con el comando F6.

Figura 30

Interfaz gráfica del software en el apartado de “Exhaust Gas Analysis”



Nota. Tomado de: *Manual de instrucciones AGS-690* (p. 33)

4. Remitirse al apartado de prueba continua “continuous test” y realizar el auto cero.
5. Conectar la sonda de muestreo en el exosto del grupo electrógeno de manera que la punta de la sonda quede totalmente cubierta.
6. Revise que el software este haciendo la lectura para el tipo de motor adecuado (N° de cilindros, tipo de combustible y tiempos del motor).
7. Registre tres veces cada uno de los valores obtenidos por el software de **CO₂, CO, O₂ y HC** y las revoluciones por minuto obtenidas por el tacómetro del motor.

En el informe convertir las revoluciones por minuto a *hertz*. En las tablas 9 y 10 se registran los promedios da la toma de datos

Tabla 9

Resultados gases de escape utilizando gasolina como combustible

Carga [w]	Rpm	λ	CO %v/v	CO2 % v/v	O2 %v/v	HC ppm
500						
1000						
1500						
2000						
2500						
3000						
3500						
4000						
4500						
5000						

Tabla 10

Resultados gases de escape utilizando gas natural como combustible

Carga [w]	Rpm	λ	CO %v/v	CO2 % v/v	O2 %v/v	HC ppm
500						
1000						
1500						
2000						
2500						
3000						
3500						
4000						
4500						
5000						

8. Realizar análisis estequiométrico de ambos combustibles con la siguiente composición:

- Gas natural

Metano CH_4 : 82%- Etano C_2H_6 : 12%- Propano C_3H_8 : 2%- Dióxido de carbono CO_2 : 4%

- Gasolina

Hidrocarburos C_7H_{17} : 100 %

Obtener la relación aire/combustible con la siguiente ecuación:

$$\alpha_s = m_{\text{aire teóric}} / m_{\text{combustible}} = \frac{28.97(4.76 * \alpha_s)}{(12.01 * X_1 + 1.008 * X_2 + 16 * X_3)}$$

9. Realizar las gráficas de cada uno de los productos obtenidos por el analizador de gases con respecto a la carga impuesta.

10. Hacer el análisis comparativo de los combustibles, teniendo en cuenta el impacto ambiental y la calidad de la combustión.

Referencias bibliográficas

BrainBee. (s.f.). Manual de instrucciones. Parma, Italia.

Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2004). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. México: McGraw-hill.

Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. New York : TATA McGRAW-HILL EDITION.

Jhon Fredy Mateus, L. G. (2012). Diagnóstico, puesta en marcha e implementación de las prácticas experimentales de un grupo electrógeno del laboratorio de máquinas térmicas alternativas. *Diagnóstico, puesta en marcha e implementación de las prácticas experimentales de un grupo electrógeno del laboratorio de máquinas térmicas alternativas*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Santander , Colombia .

Lasso, V. N., & Moreno, M. D. (2020). Diseño del aislamiento acústico, térmico y puesta en marcha para un banco del grupo electrógeno del laboratorio de máquinas térmicas alternativas. *Trabajo de grado*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Santander , Colombia .

Powermate, C. (s.f.). Operator's Manual . *Manual para el operario* . Coleman Powermate, Inc, Kearney , Nebraska, U.S.A.

PrecioGas. (14 de 11 de 2022). *¿Qué es el gas natural? Fórmula y composición* . Obtenido de preciogas.com: <https://preciogas.com/instalaciones/gas-natural/composicion>

STRATTON, B. &. (2003). Operating & Maintenance Instructions . *Manual de Operación y Mantenimiento Model Series 420000*. Briggs & Stratton Corporation.

