

**DIAGNÓSTICO, PUESTA EN MARCHA E IMPLEMENTACIÓN DE LAS  
PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO DEL  
LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.**

**JHON FREDY MATEUS ARIZA  
LUIS GABRIEL QUIROZ RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2012**

**DIAGNÓSTICO, PUESTA EN MARCHA E IMPLEMENTACIÓN DE LAS  
PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO DEL  
LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.**

**JHON FREDY MATEUS ARIZA  
LUIS GABRIEL QUIROZ RAMÍREZ**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2012**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y la oportunidad de cumplir mis metas.

A mis padres que son la razón de mi existencia, que gracias a su educación y amor he salido adelante.

A mis hermanos por el apoyo y alegría que me han brindado.

A toda mi familia y amigos por su ayuda incondicional.

Al alma mater “Universidad Industrial de Santander”, que me acogió en su manto para crecer en la academia y luchar por una sociedad democrática, legal e igualitaria.

**JHON F. MATEUS ARIZA.**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser el faro que guía mi vida.

A mis padres por su eterna paciencia, su incondicional apoyo, sus inquebrantables esfuerzos en el bienestar de sus hijos y por educarme con valores como el respeto, la honestidad y humildad.

A mis hermanos por su amistad, su apoyo incondicional y por sus buenos consejos.

A mi novia y mi hija que son muy importantes en mi vida

**LUIS GABRIEL QUIROZ RAMÍREZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme conseguir este logro en mi vida.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional.

A Jorge Luis Chacón Velasco, ingeniero mecánico, director del proyecto, por su Colaboración y respaldo.

A Omar Armando Gelvez Arocha y Javier Rúgeles Pérez, docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por su valiosa colaboración.

JHON F. MATEUS ARIZA.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darnos la oportunidad de desarrollar este proyecto.

A nuestro director de proyecto el Ing. Jorge Luis Chacón V. por su valiosa orientación y colaboración permanente.

Al profesor Ing. Omar Gelvez Arocha, por su gran colaboración.

A nuestras familias por apoyarnos incondicionalmente durante nuestra formación universitaria.

A nuestros amigos por colaborarnos, apoyarnos y acompañarnos en el proceso de formación como Ingenieras Industriales.

**LUIS GABRIEL QUIROZ RAMIREZ**

## TABLA DE CONTENIDO

|  | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN.....                                    | 23   |
| 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....                    | 24   |
| 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....                | 24   |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.....   | 25   |
| 1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO. ....             | 26   |
| 1.3.1 Objetivos generales.....                       | 26   |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....                    | 26   |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....                | 27   |
| 2. MARCO TEÓRICO .....                               | 29   |
| 2.1 GENERACIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA .....            | 29   |
| 2.1.1 Diseño del sistema. ....                       | 29   |
| 2.1.2 Dimensiones del Grupo Electrónico.....         | 29   |
| 2.1.3 Potencia y factor de potencia.....             | 30   |
| 2.1.4 Requisitos de carga en kW y kW*A. ....         | 33   |
| 2.1.5 Generador en función del tamaño del motor..... | 34   |
| 2.1.6 Tamaño y selección del motor.....              | 35   |
| 2.2 MÁQUINAS SÍNCRONAS. ....                         | 36   |
| 2.2.1 Introducción. ....                             | 36   |
| 2.2.2 Aspectos constructivos. ....                   | 38   |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.2.3 | Sistemas de excitación. ....                                    | 39 |
| 2.2.4 | Principio de funcionamiento de un alternador. ....              | 40 |
| 2.3   | MOTOR DE 4 TIEMPOS ENCENDIDO POR CHISPA. ....                   | 43 |
| 2.3.1 | Carrera de admisión. ....                                       | 43 |
| 2.3.2 | Carrera de compresión. ....                                     | 43 |
| 2.3.3 | Carrera de expansión. ....                                      | 43 |
| 2.3.4 | Carrera de escape. ....   | 43 |
| 2.3.5 | Control de la velocidad y carga en los motores ICH. ....        | 45 |
| 2.3.6 | Tipos de motores según la orientación de los pistones. ....     | 46 |
| 3.    | DESCRIPCIÓN DEL BANCO DEL GRUPO ELECTROGENO. ....               | 48 |
| 3.1   | MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA BRIGGS & STRATTON 18HP. ....        | 48 |
| 3.2   | GENERADOR POWERMATE 7000W. ....                                 | 49 |
| 3.3   | SISTEMA PARA MEDIR Y SUMINISTRAR GASOLINA. ....                 | 49 |
| 3.3.1 | Tubo de vidrio. ....  | 51 |
| 3.3.2 | Mangueras de comunicación tanque-tubo de vidrio. ....           | 51 |
| 3.3.3 | Tanque de almacenamiento de gasolina. ....                      | 51 |
| 3.3.4 | Válvula manual de cierre. ....                                  | 52 |
| 3.3.5 | Filtro de combustible. ....                                     | 52 |
| 3.3.6 | Manguera de alimentación de combustible filtro-carburador. .... | 52 |
| 3.3.7 | Carburador. ....  | 53 |
| 3.3.8 | Filtro del aire. ....   | 53 |
| 3.3.9 | Manguera de alimentación de aire a presión. ....                | 54 |
| 3.4   | SISTEMA PARA MEDIR Y SUMINISTRAR EL GAS NATURAL. ....           | 54 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.1 Manguera de alimentación de gas.....  | 56 |
| 3.4.2 Regulador de presión ANSI. ....   | 56 |
| 3.4.3 Medidor de flujo volumétrico de GN. ....  | 58 |
| 3.4.4 Dosificador.....  | 58 |
| 3.4.5 Adaptador.....  | 59 |
| 3.5 SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEDIR POTENCIA Y CONTROLAR CARGA.  | 60 |
| 3.5.1 Clavija de corriente del generador.....   | 61 |
| 3.5.2 Tablero de control de carga. ....   | 61 |
| 3.5.3 Sistemas para medir voltajes y corrientes en las líneas. ....                                   | 63 |
| 4. DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTRÓGENO.....   | 64 |
| 4.1 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO MOTOR BRIGGS & STRATTON 18 HP<br>REFERENCIA 422400. ....              | 64 |
| 4.1.1 Diagnóstico y mantenimiento de culata, las válvulas, la cabeza del pistón y el<br>cilindro..... | 65 |
| 4.1.2 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de admisión.....  | 66 |
| 4.1.3 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de escape.....  | 69 |
| 4.1.4 Diagnóstico y Mantenimiento sistema de alimentación de combustible.....                         | 76 |
| 4.1.5 Diagnóstico y mantenimiento sistema de ignición.....  | 78 |
| 4.1.6 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de lubricación.....                                     | 78 |
| 4.1.7 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de enfriamiento.....                                    | 79 |
| 4.2 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL GENERADOR .....   | 79 |
| 4.3 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y<br>SUMINISTRO DE GAS NATURAL. ....          | 79 |

|   |    |
|---|----|
| 4.3.1 Medidor Yakazi. ....  | 80 |
| 4.3.2 Regulador de presión ANSI. ....   | 80 |
| 4.3.3 Regulador de voltaje. ....  | 81 |
| 4.4 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL<br>CONSUMO DE POTENCIA. ....        | 82 |
| 4.4.1 Tablero de control de carga. ....   | 82 |
| 4.4.2 Tablero de consumo de potencia. ....  | 82 |
| 4.4.3 Tablero de medición de voltajes y corrientes. ....  | 82 |
| 5. DESARROLLO DE LAS GUÍAS PARA LAS PRÁCTICAS DEL BANCO DE<br>PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO. .... | 84 |
| 5.1 ÍTEMS PARA EL DESARROLLO DE LAS GUÍAS. ....   | 84 |
| 5.1.1 Objetivos de la práctica. ....  | 84 |
| 5.1.2 Materiales y equipos. ....  | 84 |
| 5.1.3 Marco teórico. ....   | 84 |
| 5.1.4 Procedimiento. ....   | 84 |
| 5.1.5 Tabla de datos. ....  | 84 |
| 5.1.6 Conclusiones. ....  | 85 |
| 5.1.7 Bibliografía. ....  | 85 |
| 5.2 DESARROLLO DE LA GUÍA 1 PARA LA IDENTIFICACIÓN Y OPERACIÓN<br>DEL GRUPO ELECTRÓGENO. ....     | 85 |
| 5.2.1 Objetivos de la práctica: ....  | 85 |
| 5.2.2 Los materiales y equipos utilizados son: ....   | 85 |
| 5.2.3 Marco teórico. ....   | 86 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.2.4 Procedimiento.....   | 86  |
| 5.3 DESARROLLO DE LAS GUÍAS 2 Y 3 PARA LA GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA POR MEDIO DEL GRUPO ELECTRÓGENO UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE LA GASOLINA Y EL GAS NATURAL..... | 96  |
| 5.3.1 Objetivos de la práctica: .....  | 96  |
| 5.3.2 Materiales y equipos utilizados.....   | 96  |
| 5.3.3 Marco teórico.....   | 97  |
| 5.3.4 Procedimiento.....   | 97  |
| 5.4 DESARROLLO DE LA GUÍA 4 PARA LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE EL GAS NATURAL Y LA GASOLINA, EN LA OPERACIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO DEL LMTA. ....               | 100 |
| 5.4.1 Objetivo de la práctica: .....   | 100 |
| 5.4.2 Fuente de información .....  | 100 |
| 5.4.3 Procedimiento.....   | 100 |
| Conclusiones.....  | 102 |
| Recomendaciones y Tiempos Futuros. ....  | 104 |
| Bibliografía.....  | 105 |
| ANEXOS.....  | 106 |

## Lista de tablas

|   | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Descripción del motor .....  | 48   |
| Tabla 2. Descripción del generador. ....  | 49   |
| Tabla 3. Sistema para medir y suministrar gasolina.....                         | 50   |
| Tabla 4. Componentes del sistema de regulación y suministro de gas natural..... | 54   |
| Tabla 5. Lista de componentes del sistema de consumo potencia. ....             | 61   |
| Tabla 6. Valor y cantidad de bombillas.....                                     | 62   |
| Tabla 7. Cálculo de longitud equivalente para codos.....                        | 72   |
| Tabla 8. Longitud total equivalente de la tubería de escape.....                | 72   |
| Tabla 9. Descripción de la nomenclatura del circuito.....                       | 90   |

## Lista de figuras

|   | pág. |
|---|------|
| Figura 1. Grupo electrógeno del LMTA. ....                                  | 25   |
| Figura 2. Intensidad respecto al voltaje en circuito magnético. ....        | 31   |
| Figura 3. Resultante en potencia de la intensidad y voltaje positivos. .... | 31   |
| Figura 4. Relación kW, kV*A y kVAR. ....                                    | 33   |
| Figura 5. Representación ilustrada de la potencia eléctrica. ....           | 35   |
| Figura 6. Maquina síncrona de baja potencia. ....                           | 38   |
| Figura 7. Sistema de excitación. ....                                       | 39   |
| Figura 8. Voltaje en función de la corriente. ....                          | 40   |
| Figura 9. Ciclo Otto. ....  | 44   |
| Figura 10. Carburador ....  | 45   |
| Figura 11. Motor horizontal. ....   | 47   |
| Figura 12. Sistema de medición y suministro de gasolina. ....               | 50   |
| Figura 13. Tanque, tubo de vidrio, mangueras, regla y llave de paso. ....   | 51   |
| Figura 14. Válvula de bola. ....  | 52   |
| Figura 15. Filtro de la gasolina. ....                                      | 52   |
| Figura 16. Carburador del motor. ....                                       | 53   |
| Figura 17. Filtro del aire del motor. ....                                  | 53   |
| Figura 18. Manguera de alimentación de aire desde el compresor. ....        | 54   |
| Figura 19. Sistema para medir y suministrar gas. ....                       | 55   |
| Figura 20. Manguera de alimentación de gas ....                             | 56   |
| Figura 21. Regulador ANSI. ....   | 57   |
| Figura 22. Regulador de voltaje. ....                                       | 57   |
| Figura 23. Contador de membrana. ....                                       | 58   |
| Figura 24. Dosificador de membrana ANSI. ....                               | 59   |

|  |    |
|--|----|
| Figura 25. Adaptador dosificador-carburador.....                                   | 59 |
| Figura 26. Sistema de consumo y control de carga. ....                             | 60 |
| Figura 27. . Clavija NEMA L14-30. ....   | 61 |
| Figura 28. Tablero de control de carga.....  | 62 |
| Figura 29. Tablero de consumo. ....  | 63 |
| Figura 30. Medición de corriente y voltaje. ....                                   | 63 |
| Figura 31. Estado inicial del Motor Briggs Stratton. ....                          | 64 |
| Figura 32. Suciedad y sedimentos de la combustión.....                             | 65 |
| Figura 33. Limpieza de suciedad y sedimentos de la combustión.....                 | 66 |
| Figura 34. Filtro del aire (antes y después).....                                  | 66 |
| Figura 35. Manguera de paso de aire limpio (Antes y después).....                  | 67 |
| Figura 36. Manguera de paso de aire atmosférico a alta presión. ....               | 67 |
| Figura 37. Múltiple de admisión. ....  | 68 |
| Figura 38. Empaque carburador-múltiple de admisión. ....                           | 68 |
| Figura 39. Tubería inicial de escape. ....   | 69 |
| Figura 40. Tubería de escape nueva. ....   | 70 |
| Figura 41. Diseño del sistema de escape. ....                                      | 71 |
| Figura 42. Tubo flexible.....  | 74 |
| Figura 43. Silenciador del motor (Antes y después).....                            | 75 |
| Figura 44. Aislamiento térmico de la tubería de escape (Antes y después). ....     | 75 |
| Figura 45. Manguera plástica (antes y después).....                                | 76 |
| Figura 46. Filtro de la gasolina (antes y después).....                            | 77 |
| Figura 47. Mantenimiento del carburador. ....                                      | 77 |
| Figura 48. Bujías del motor (Antes y después). ....                                | 78 |
| Figura 49. Filtro del aceite de lubricación del motor (Antes y después). ....      | 79 |
| Figura 50. Medidor de gas del grupo electrógeno. ....                              | 80 |
| Figura 51. Regulador de presión ANSI del banco pruebas del grupo electrógeno. .... | 81 |
| Figura 52. Antes y después del regulador de voltaje. ....                          | 81 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 53. Tablero de control de carga (Antes y después). .....                  | 82 |
| Figura 54. Tablero para medir voltaje y corriente. ....                          | 83 |
| Figura 55. Partes principales del motor.....                                     | 86 |
| Figura 56. Tablero del generador. ....   | 87 |
| Figura 57. Tablero de control de carga.....                                      | 87 |
| Figura 58. Tablero de medición. ....   | 88 |
| Figura 59. Circuito eléctrico de la instalación. ....                            | 89 |
| Figura 60. Líneas de corriente y clavija del tablero de control. ....            | 91 |
| Figura 61. Conectar la batería. ....   | 91 |
| Figura 62. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.....   | 92 |
| Figura 63. Verificación del Nivel de aceite. ....                                | 92 |
| Figura 64. Llave de paso de gasolina asía el carburador.....                     | 93 |
| Figura 66. Switch del encendido del motor. ....                                  | 94 |
| Figura 67. Orden de encendido de las bombillas. ....                             | 95 |
| Figura 68. Medir corriente de las líneas L1 (cable negro) y L2 (cable azul)..... | 98 |
| Figura 69. Medir voltaje entre líneas.....                                       | 98 |
| Figura 70. Regla para medir el consumo. ....                                     | 99 |
| Figura 71. Medidor de flujo volumétrico. ....                                    | 99 |

## Lista de Anexos

|  | pág. |
|--|------|
| Anexo A. Guía de las prácticas experimentales del grupo electrógeno..... | 106  |
| Anexo B. Plantillas de las prácticas. ....                               | 182  |
| Anexo C. Ilustración y lista de partes del motor Briggs & Stratton.....  | 236  |
| Anexo D. Generador Powermate 7000W.....                                  | 261  |
| Anexo E. Configuración de las clavijas de seguridad. ....                | 263  |
| Anexo F. Circuito eléctrico general. ....                                | 267  |

## GLOSARIO

**COMBUSTIBLE:** Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor.

**EFECTO VENTURI:** efecto en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.

**FACTOR DE POTENCIA:** Medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa.

**GRUPO ELECTRÓGENO:** máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.

**INDUCIDO:** parte de la máquina rotativa donde se produce la transformación de energía mecánica en eléctrica mediante inducción electromagnética.

**INDUCTOR O BOBINA:** es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

**INTENSIDAD ELÉCTRICA O CORRIENTE:** es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de los electrones en el interior del material.

**MÁQUINA SÍNCRONA:** Es una máquina eléctrica rotativa de corriente alterna cuya velocidad de giro en régimen permanente está ligada con la frecuencia de la tensión en bornes y el número de pares de polos.

**POTENCIA ACTIVA:** Es la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo.

**POTENCIA APARENTE:** es la suma vectorial de la potencia que disipa dicho circuito y se transforma en calor o trabajo y la potencia utilizada para la formación de los campos eléctrico y magnético de sus componentes.

**POTENCIA ELÉCTRICA:** cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.

**POTENCIA MECÁNICA:** Es la potencia transmitida mediante la acción de fuerzas físicas de contacto o elementos mecánicos asociados.

**SINCRONISMO:** sincronía o coincidencia en el tiempo de las diferentes partes o funciones de un proceso.

**SISTEMA MONOFÁSICO:** es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma.

**TENSIÓN ELÉCTRICA O VOLTAJE:** es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

## RESUMEN

### TÍTULO:

**DIAGNÓSTICO, PUESTA EN MARCHA E IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.<sup>1</sup>**

### Autor:

Jhon Fredy Mateus Ariza  
Luis Gabriel Quiroz Ramírez<sup>2</sup>

**PALABRAS CABLES:** grupo electrógeno, motores de combustión interna, generador eléctrico.

### DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto esta enfocado en el diagnóstico, el mantenimiento, puesta en marcha e implementación de unas prácticas experimentales de un grupo electrógeno del laboratorio de Máquinas térmicas alternativas de la escuela de ingeniería mecánica.

Para realizar el respectivo diagnóstico y mantenimiento del Banco de pruebas del grupo electrógeno que esta compuesto por un motor de combustión interna (M.C.I) Briggs & Stratton 18HP de ignición por chispa, el generador Powermate 7000W y los sistemas auxiliares para la medición de potencia eléctrica generada, de control de carga, de disipación de energía, de consumo y medición de combustibles, se realiza una breve descripción de cada uno de estos.

Se diseña e implementan cuatro guías para el desarrollo de las prácticas experimentales, con el fin que los estudiantes tenga la capacidad de medir y hallar experimentalmente, el voltaje entre líneas, la corriente generada, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno, la potencia efectiva medida, y estándar del motor y el costo por hora de operación en función de la carga impuesta por una serie de bombillas incandescentes. Se muestran tablas, gráficas y análisis de resultados para la operación del motor utilizando como combustibles el gas natural y la gasolina.

---

<sup>1</sup>Trabajo de grado

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Ing. Jorge Luis Chacón Velasco.

## ABSTRACT

### TITLE:

**DIAGNOSIS, COMMISSIONING AND IMPLEMENTATION OF AN EXPERIMENTAL PRACTICE LAB GENERATOR OPTIONS HEAT ENGINES.<sup>3</sup>**

### Author:

Jhon Fredy Mateus Ariza  
Luis Gabriel Ramírez Quiroz<sup>4</sup>

**CABLES WORDS:** generator, internal combustion engines, electric generator.

### DESCRIPTION:

This project is focused on the diagnosis, maintenance, commissioning and implementation of experimental practices of a generator Heat Engines Lab alternative school of mechanical engineering.

To make the appropriate diagnosis and maintenance of test bench set which is composed of an internal combustion engine (MCI) 18HP Briggs & Stratton spark ignition, Powermate 7000W generator and auxiliary systems for measuring electrical output, load control, energy dissipation, and measurement of fuel consumption, there is a brief description of each of these.

It is designed and implemented four guides for the development of experimental practice, so that students have the ability to measure and found experimentally, the voltage between lines, the current generated, the specific consumption of fuel and time, the total efficiency set, the effective power measurement, and standard engine and the cost per hour of operation depending on the load imposed by a number of incandescent bulbs. Showing charts, graphs and analysis of results for engine operation using natural gas as fuel and gasoline.

---

<sup>3</sup> Degree work

<sup>4</sup> Faculty of Mechanical and Physical Engineering. School of Mechanical Engineering. Eng. Jorge Luis Chacón Velasco.

## INTRODUCCIÓN

Se describe la teoría basada en una guía de aplicación e instalación de grupos electrógenos que posee conceptos básicos sobre el dimensionamiento del grupo electrógeno, la potencia y factor de potencia, los requisitos de carga, la relación entre motor y generador, el tamaño y selección del motor. Se detallan los aspectos constructivos, sistemas de excitación y principios de funcionamiento de las máquinas síncronas a partir de teoría de máquinas eléctricas, y para terminar con la parte teórica se describe el funcionamiento del motor de 4 tiempos, el control de velocidad-carga y tipos de motores según la orientación de los pistones.

A continuación se realiza una descripción del banco de pruebas del grupo electrógeno que se compone del motor Briggs & Stratton, el generador Powermate 7000W y los sistemas de medición de potencia eléctrica, control de carga, disipación de energía, de medición y suministro de combustibles.

Luego de conocer el banco por completo se realiza el diagnóstico, mantenimiento y puesta en marcha del grupo electrógeno. Después se desarrollan cuatro guías para que los estudiantes tengan la capacidad de medir y hallar experimentalmente el voltaje entre líneas, la corriente generada, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno, la potencia efectiva medida, y estándar del motor y el costo por hora de operación en función de la carga impuesta por una serie de bombillas incandescentes. Se muestran tablas, gráficas y análisis de resultados para la operación del motor utilizando como combustibles el gas natural y la gasolina.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En gran parte de la industria los grupos electrógenos son empleados como fuente primaria o auxiliar de energía eléctrica. En la primera opción prestan un servicio continuo en sitios remotos como: minas, canteras, explotación petrolífera, obras civiles, incluso en lugares inaccesibles como los océanos. Como fuente auxiliar prestan un servicio cuando se presenta corte del suministro eléctrico, en lugares tales como: hospitales, estaciones de policía, bomberos, aeropuertos, acueductos y mucho más lugares de seguridad pública.

Dada su alta aplicación es necesario que el estudiante de ingeniería mecánica tenga un contacto experimental con el grupo electrógeno del LMTA<sup>5</sup> (figura 1), que dada las circunstancias se encuentra en condiciones que impiden su funcionamiento y no se puede utilizar para las prácticas experimentales. Los componentes principales del grupo electrógeno que necesitan su recuperación son:

- Motor Briggs & Stratton 18 HP referencia 422400.
- Generador Powermate de 7000W referencia PM45-7022.
- Sistemas auxiliares de suministro y medición de combustibles.
- Sistema de consumo de potencia eléctrica.

Se necesita el respectivo desarrollo del proyecto para realizar un diagnóstico, puesta en marcha y desarrollo de las prácticas experimentales a realizar por los estudiantes, que servirá como un equipo esencial en la formación integral del estudiante de ingeniería mecánica.

---

<sup>5</sup> Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas

Figura 1. Grupo electrógeno del LMTA.



Fuente: Autores

## 1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Contribuyendo con la misión de la Universidad Industrial de Santander en la formación de personas de alta calidad ética y profesional, se lleva a cabo este trabajo de grado, para poner en marcha el grupo electrógeno constituido por un motor de combustión interna ignición por chispa (ICH) y un generador eléctrico, para que los estudiantes tengan la posibilidad de interactuar y realizar una serie de prácticas experimentales propias de su profesión, que conlleve a fortalecer sus conocimientos en la generación de energía eléctrica.

Con la realización de este trabajo de grado se busca mejorar el proceso de aprendizaje implementado por la escuela de Ingeniería Mecánica, aportando a los estudiantes una mayor adquisición de conocimientos teóricos y prácticos generales y necesarios para el amplio campo en la generación de energía.

### **1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.**

#### **1.3.1 Objetivos generales**

- Cumplir con la misión de la Universidad Industrial de Santander en la formación de personas de alta calidad ética y profesional, por medio de la puesta en marcha del grupo electrógeno del Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LMTA).
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera en el área de los grupos electrógenos los cuales son conformados por un motor de combustión interna, máquina síncrona (generador eléctrico) y elementos externos de medición y seguridad.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

**1.3.2.1** Hacer el diagnóstico de los diferentes sistemas del grupo electrógeno del LMTA tales como:

- Motor Briggs & Stratton 18 HP referencia 422400.
- Generador Powermate de Coleman 7000W referencia PM45-7022.
- Sistemas auxiliares de medición y suministro de combustible.
- Sistema eléctrico para el consumo de potencia.

**1.3.2.2** Realizar el mantenimiento y puesta en marcha del grupo electrógeno del LMTA, para lo cual se debe comprar o realizar mantenimiento a los elementos necesarios para que el grupo electrógeno opere en óptimas condiciones.

**1.3.2.3** Implementar las siguientes prácticas experimentales con el motor a velocidad constante, utilizando gasolina y gas natural como combustibles:

- Consumo horario de combustible en función de la potencia eléctrica generada.
- Consumo específico de combustible en función de la potencia eléctrica generada.
- Eficiencia del grupo electrógeno en función de la potencia eléctrica generada.

**1.3.2.4** Elaborar la guía con su debida plantilla para cada una de las prácticas, las cuales deben contener la siguiente estructura:

- encabezado que contenga:
  - ✓ Nombre de la práctica.
  - ✓ Director.
  - ✓ Auxiliar.
  - ✓ Fecha de presentación del informe.
  - ✓ Nombre del alumno, código y su respectiva calificación.
- El cuerpo de la práctica debe tener:
  - ✓ Objetivos de la práctica.
  - ✓ Materiales y equipos.
  - ✓ Marco teórico.
  - ✓ Procedimiento.
  - ✓ Tabla de datos.
  - ✓ Conclusiones.
  - ✓ Bibliografía.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN.**

Por medio de la elaboración de este trabajo de grado se busca que el estudiante de ingeniería mecánica pueda realizar una serie de prácticas experimentales, al tener la posibilidad de interactuar con un grupo electrógeno bajo fundamentos teóricos que conlleven al fortalecimiento de su formación profesional. A partir de cada uno de los conocimientos adquiridos durante la ingeniería es vital que cada uno de los estudiantes tenga la capacidad de afrontar situaciones propias de su

profesión, tal como el suministro de energía eléctrica por medio de los grupos electrógenos. Para tal fin es vital tener presente la incidencia ambiental a si como la relación costo/beneficio para la obtención de la energía eléctrica a partir del consumo de combustibles.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA<sup>6</sup>

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico o máquina síncrona a través de un motor de combustión interna que puede ser de ignición por chispa o por compresión.

**2.1.1 Diseño del sistema.** La necesidad de energía eléctrica de emergencia y continua sigue aumentando rápidamente. Las estructuras comerciales y públicas dependen totalmente de las fuentes de energía eléctrica. La seguridad personal, el medio ambiente y los planes de producción se ven afectados de forma negativa por la carencia de una integridad energética. Las fuentes de emergencia o de reserva normalmente se conforman al suministro normal de la red, pero estas restricciones no se imponen con las plantas de producción de energía en el lugar. Los sistemas en el lugar están adaptados de forma exacta a los requisitos de la instalación. Los niveles de frecuencia, voltaje, energía y la distribución se seleccionan para aumentar al máximo la seguridad, la fiabilidad y la eficiencia de operación del sistema. Los equipos que satisfacen la demanda de instalaciones exactas se definen en la planificación preliminar del diseño del sistema. La red energética se extiende por toda la instalación. La pronta consideración de estos requisitos y capacidades evita cambios de diseños costosos y largos.

**2.1.2 Dimensiones del Grupo Electrógeno.** Las capacidades del motor y del generador se consideran tanto de forma individual como colectiva al seleccionar grupos electrógenos. Los motores producen potencia (HP o kilovatios) a la vez que controlan la velocidad o la frecuencia. Los generadores influyen en el comportamiento del motor, pero principalmente son responsables de convertir la

---

<sup>6</sup> CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.

energía del motor en kilovoltios amperios ( $kV * A$ ). También deben satisfacer las altas absorciones de corriente de magnetización ( $kVAR$ ) de los equipos eléctricos. El diseño inicial del sistema de energía considera la potencia necesaria del grupo electrógeno en kilovatios ( $kW$ ). Esto resume todas las cargas conectadas al generador. Rara vez operan al mismo tiempo todos los dispositivos conectados, por lo que tal vez no se requiera la carga total. Sin embargo, en el caso de los hospitales, requiere unas dimensiones acorde con el número total de cargas de emergencia conectadas. En la mayoría de las otras aplicaciones, si la carga total conectada se usa para determinar el tamaño del grupo electrógeno, los costos del sistema tal vez sean innecesariamente altos.

Cuando los grupos electrógenos suministran energía de reserva, se proporcionan circuitos separados para cargas críticas o de emergencia. Estas cargas deben satisfacerse totalmente cuando falle la energía normal. Los grupos electrógenos de reserva tienen las dimensiones de la carga total conectada al circuito de emergencia. La relación de la carga real a la carga conectada es el factor de demanda, El tamaño de la carga conectada viene determinado sumando los valores nominales de la placa de identificación de todos los equipos conectados.

**2.1.3 Potencia y factor de potencia**<sup>7</sup>. La potencia de los circuitos de CA (corriente alterna) viene determinada de forma muy parecida a de los circuitos de CC (corriente continua) siempre y cuando la corriente y el voltaje estén en fase. Para cargas puramente resistivas, la potencia en vatios se calcula multiplicando el voltaje eficaz por la intensidad eficaz en amperios. Cuando hay presentes elementos inductores o capacitivos en la carga, el producto del voltaje por la intensidad deja dar una indicación real de la potencia consumida en la realidad. En dichos casos, se debe aplicar un factor de corrección, conocido como el factor de potencia de la carga. La potencia aparente es el producto del voltaje por la

---

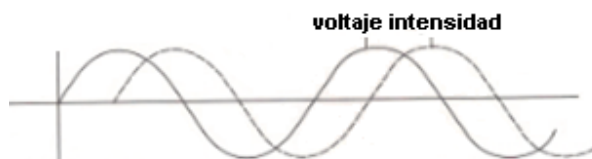
<sup>7</sup> CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.

corriente, expresado en voltios-amperio. La potencia real se expresa en vatios. El factor de potencia viene definido como la relación entre la potencia real y la potencia aparente:

$$\text{factor de potencia} = \frac{\text{potencia real (vatios)}}{\text{potencia aparente}(V * A)} \quad (1).$$

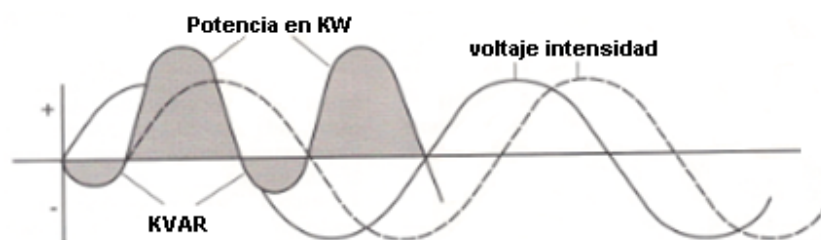
En circuitos magnéticos, la intensidad va retrasada con respecto al voltaje. La figura 2, representa la intensidad retrasada 60° (1/6 de ciclo) con respecto al voltaje correspondiente. Cuando ambos son positivos, o negativos, la potencia resultante es positiva. Esto viene representado por las zonas de sombreadas ubicadas por encima de la línea de cero, figura 3.

Figura 2. Intensidad respecto al voltaje en circuito magnético.



Fuente: guía de aplicación e instalación de grupos electrógenos.

Figura 3. Resultante en potencia de la intensidad y voltaje positivos.



Fuente: guía de aplicación e instalación de grupos electrógenos.

En términos matemáticos, el factor de potencia es igual al coseno del ángulo de adelanto o del retraso del voltaje. Si la corriente está retrasada  $60^\circ$  con respecto al voltaje en un circuito inductor, el factor de potencia será 0,5, que es el valor de coseno de  $60^\circ$ . Si la fase de la corriente en una carga está adelantada con respecto a la fase del voltaje, se dice que la carga tiene un *factor de potencia en adelanto*. Si está retrasado, tiene un *factor de potencia en retardo*. Si el voltaje y la intensidad están en fase, el circuito tiene un *factor de potencia unitario*.

$$\text{factor de potencia} = \cos \gamma \quad (2).$$

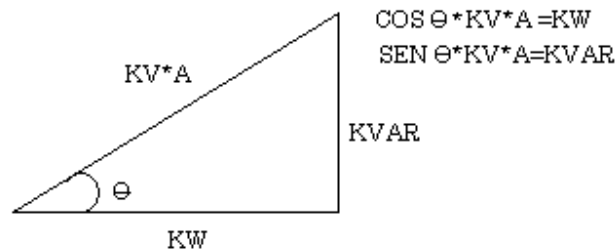
Es aparente de la fórmula anterior que si el factor de potencia de una carga es bajo, circulará más corriente a un voltaje dado para suministrar una potencia especificada a la carga que si el factor de potencia es la unidad. Este hecho es relativamente poco importante en un circuito ideal en que los generadores y los conductores no tienen resistencia.

No obstante en aplicaciones prácticas, existen resistencias. El alambre con el que están arrollados los cables del generador y los alambres que transportan la corriente del generador a la carga tienen una resistencia finita. La potencia disipada de una resistencia es función del cuadrado de la intensidad. Un pequeño aumento de la intensidad produciría un aumento mayor en la potencia disipada y en este caso consumida. Los equipos eléctricos y el aislamiento en particular pueden resistir solamente una cierta cantidad de calor. Se recomienda reducir la circulación de corriente tanto como sea posible al suministrar potencia a la carga. Con un factor de potencia de 1,0 la intensidad para una carga de potencia dada se reduce al mínimo. La capacidad completa del equipo puede utilizarse para proporcionar potencia útil a la carga.

En casos en que la carga consista principalmente en motores eléctricos grandes, tal vez no resulte práctico lograr un factor de potencia unitario. El generador debe estar diseñado para resistir cargas que tengan factores de potencia bajos. El exceso de corriente que circula por un circuito con un factor de potencia menor

que la unidad se conoce como el componente reactivo de la corriente total. La parte de la potencia aparente debida a este componente reactivo es el denominado *voltio-amperios reactivo*, que representa el vector diferencia entre la potencia aparente y la potencia real. En los circuitos de potencia, en los que los voltajes se miden a menudo en kilovoltios (miles de voltios), este componente reactivo de la potencia aparente se indica por medio de la abreviatura *kVAR* o *rkVA*- kilovoltio-amperios reactivos. (La figura 4 indican la relación entre *kW*, *kV \* A* y *kVAR*).

Figura 4. Relación *kW*, *kV \* A* y *kVAR*.



Fuente: guía de aplicación e instalación de grupos electrógenos.

NEMA sugiere un factor de potencia de 0,8 para generadores normales nominales. Las aplicaciones comerciales combinan cargas del motor con cargas de calentamiento e iluminación, de modo que se supone de un factor de potencia de 0,8 a 0,9, para iluminación el factor de potencia es la unidad.

**2.1.4 Requisitos de carga en kW y kW\*A<sup>8</sup>.** Al seleccionar el grupo electrógeno del tamaño correcto para una carga dada, los requisitos de carga en *kV \* A* son el factor mas importante. El grupo electrógeno debe tener una capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado en

<sup>8</sup> CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.

cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. La práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a un 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales. Se supone que las cargas monofásicas están equilibradas de forma uniforme en las fases de un grupo electrógeno trifásico. Si no se puede lograr esto, tal vez sea necesario un generador de mayor capacidad para carga adicional de  $kV * A$  en las fases que transportan circuitos de una sola fase. En casos en el que factor de potencia de la carga sea considerablemente menor que el valor de salida en  $kW$  del grupo electrógeno nominal, tal vez sea necesario utilizar un generador de mayor capacidad para suministrar los  $kV * A$  adicionales. Los requisitos de corriente de la línea de carga real no deben exceder nunca de los valores nominales de la placa de identificación.

**2.1.5 Generador en función del tamaño del motor<sup>9</sup>.** Normalmente los grupos electrógenos se suministran con un generador que corresponda a la capacidad del motor. No obstante, en casos en que los factores de potencia sean bajos, tal vez resulte ventajoso seleccionar un generador de sobre medida en vez de especificar el grupo electrógeno inmediatamente mayor. Como la potencia de salida del motor esta relacionada con los  $kW$  y no necesariamente con los  $kV * A$  para una potencia dada del motor, un generador de sobre medida suministrará esencialmente la misma potencia en  $kW$  que un generador normal, pero podrá tolerar un mayor valor de  $kV * A$  reactivos debido a su mayor capacidad de transporte de corriente. Los rendimientos del motor y del generador están relacionados por las siguientes formulas:

$$Ne = fp * Pg \quad (3).$$

---

<sup>9</sup> CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.

$$P_{em} = \frac{Ne}{\eta_g} \quad (4).$$

$P_g$  es la Potencia del generador en  $kV * A$  .

$Fp$  es el factor de Potencia de la carga conectada.

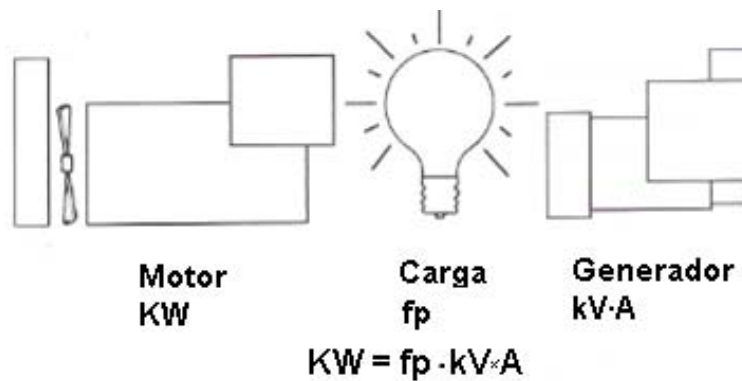
$Ne$  es la potencia eléctrica.

$P_{em}$  es la potencia efectiva del motor.

$\eta_g$  es la eficiencia del generador.

En la figura 5 se representa la ecuación de potencia eléctrica.

Figura 5. Representación ilustrada de la potencia eléctrica.



Fuente: guía de aplicación e instalación de grupos electrógenos.

**2.1.6 Tamaño y selección del motor<sup>10</sup>.** El tamaño de los motores depende la potencia real en kW necesaria para satisfacer las necesidades de la instalación. El generador, por otra parte, debe tener la capacidad para la máxima potencia aparente medida en  $kV * A$ . Existen varias formas de identificar la potencia real. Se puede calcular sumando los valores nominales de las placas de identificación

<sup>10</sup> CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.

de los equipos que vayan a ser impulsados por el generador. Si se hace esto, también se debe sumar las eficiencias de los equipos. La potencia real puede determinarse realizando un análisis de carga en la instalación. Esto comprende la realización de una encuesta de requisitos de potencia durante el periodo.

## 2.2 MÁQUINAS SÍNCRONAS<sup>11</sup>.

**2.2.1 Introducción.** Son máquinas eléctricas cuya velocidad de rotación  $n$  (*rpm*) esta vinculada rígidamente con la frecuencia  $f$  de la red de corriente alterna con la cual trabaja, de acuerdo con la expresión:

$$f = \frac{n \cdot p}{60} \quad (5).$$

Donde  $p$  es el número de pares de polos de la maquina.

Las máquinas síncronas como cualquier otro convertidor electromecánico de la energía, están sometidas al principio de reciprocidad electromagnética, pudiendo funcionar tanto en régimen generador como en régimen motor, Pero en la práctica de las instalaciones eléctricas es mas frecuente su empleo como generadores, para producir energía eléctrica de corriente alterna (alternadores) en las centrales eléctricas a partir de fuentes primarias de energía hidráulica, térmica y nuclear. Las frecuencias industriales de las tensiones generadas oscilas entre los 50 Hz en Europa y 60 Hz en gran parte de américa incluida Colombia, en aplicaciones especiales como en el caso de la aeronáutica se utilizan frecuencias más elevadas, del orden de los 400 Hz lo que trae como consecuencia una reducción del tamaño de equipos de abordo.

En la generación de energía eléctrica a pequeña escala se emplean alternadores acoplados a motores de combustión interna que se denominan grupos electrógenos, que se utilizan como equipos de emergencia en hospitales

---

<sup>11</sup> MORA, Jesús fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

aeropuertos, sala de ordenadores, centrales telefónicas etc. y que entran en servicio en el momento que falta la tensión de la red. También se utilizan estos grupos en el suministro de energía en instalaciones remotas o aisladas alejadas de las redes de distribución de energía eléctrica como en el caso de obras civiles y ciertas aplicaciones rurales: regadíos, granjas etc.

Como ya se a indicado antes la máquinas síncronas son susceptibles de funcionar también convirtiendo la energía eléctrica en mecánica, lo que da lugar al régimen de marcha como motor síncrono. Estos motores se emplean en aquellos accionamientos industriales que requieren velocidades de transmisión constantes, teniendo además la ventaja frente a los motores asíncronos de poder regular simultáneamente el factor de potencia con el cual trabaja, lo que es de gran importancia en cierto tipo de industrias cemento, metalúrgicas, etc., debido a que se evita la colocación de condensadores para reducir la potencia reactiva absorbida por la instalación.

Cuando la maquina síncrona trabaja f.d.p<sup>12</sup> capacitivo se dice que funciona como compensador o condensador síncrono. Las centrales eléctricas de bombeo constituyen un ejemplo singular de funcionamiento de las máquinas síncronas en sus dos formas básicas. Estas centrales están constituidas por un grupo binario turbina y maquina síncrona, por el día se aprovecha el salto hidráulico para mover la turbina que hace girar el alternador generándose energía eléctrica, en la noche o en general, en las horas de menor consumo coincidiendo con el valle de la curva de demanda la maquina síncrona funciona como motor aprovechando la energía eléctrica sobrante de otros tipos de centrales(generalmente térmicas y nucleares) de tal forma que por medio de la turbina se bombea agua de un embalse situado aguas abajo de la presa de la central hasta otro embalse superior provocando un aumento del nivel de este ultimo que permiten horas de mayor consumo tener un remanente mayor de energía acumulada lo que mejora el rendimiento general de toda la instalación en este modo de funcionamiento el motor puede trabajar también como condensador síncrono mejorando el f.d.p de la red.

---

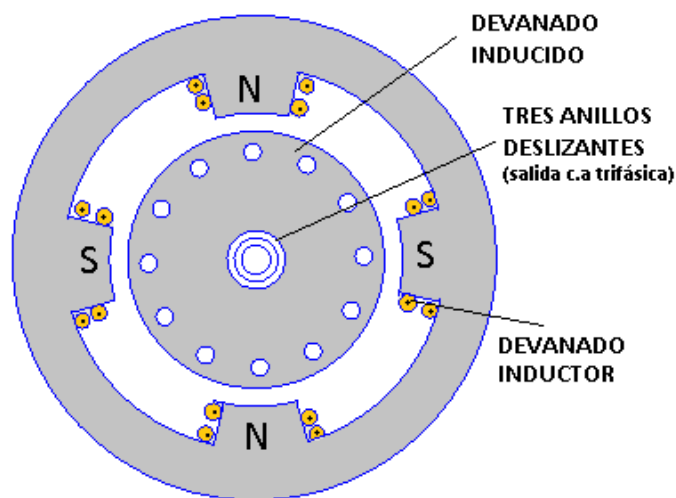
<sup>12</sup> Factor de potencia.

**2.2.2 Aspectos constructivos<sup>13</sup>.** Las máquinas síncronas al igual que los demás tipos de máquinas eléctricas están constituidas por 2 devanados independientes:

- 1) Un devanado inductor construido en forma de arrollamiento concentrado o bien distribuido en ranuras, alimentado por corriente continua que da lugar a los polos de la maquina.
- 2) Un devanado inducido distribuido formando un arrollamiento trifásico recorrido por corriente alterna.

En las máquinas pequeñas para potencias que no superan los 10 *kVA* el devanado inductor se coloca normalmente en el estator en forma concentrada, sobre expansiones magnéticas denominadas polos salientes estando situado el inducido en el rotor formando generalmente 3 fases, las cuales tienen salida al exterior por medio de tres anillos como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Máquina síncrona de baja potencia.



Fuente: Autores.

En las máquinas síncronas grandes, que para el caso de alternadores pueden llegar a 1000-1500 MVA, la colocación de los devanados es inversa a la anterior de

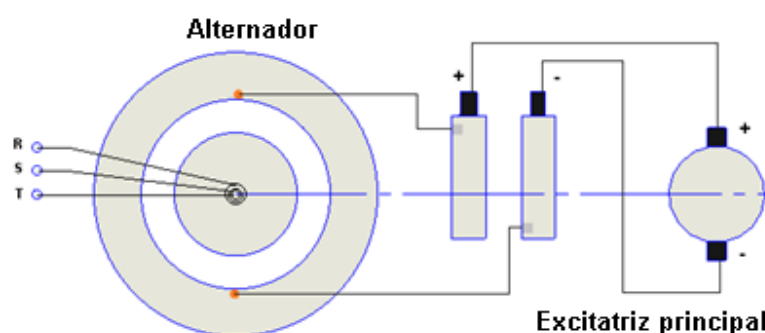
<sup>13</sup> MORA, Jesús fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

tal forma que los polos quedan situados en el rotor y el devanado trifásico en el estator.

Las máquinas de grandes potencias presentan diversas ventajas frente a las máquinas de baja potencia. Por una parte un inducido giratorio requiere 3 anillos (caso de máquinas trifásicas) para recoger la tensión generada y enviarla al circuito exterior; estos anillos deben estar mas o menos descubiertos y son difíciles de aislar especialmente para las tensiones elevadas entre 6600 a 30000V a las que funcionan las máquinas síncronas además esos anillos suelen producir perturbaciones debidas a chispas, cortocircuitos, etc.

**2.2.3 Sistemas de excitación<sup>14</sup>.** Los devanados que forman los polos de una maquina síncrona se alimentan con corriente continua; esta CC<sup>15</sup> produce en los sistemas tradicionales de una dinamo excitatriz del tipo *shunt* esta montada en el eje del grupo y cuya salida se aplica al rotor del alternador por medio de unos anillos deslizantes con sus correspondientes escobillas, la excitatriz es un generador de CC convencional, en el que a veces se sustituyen toda o parte de su excitación por un excitatriz piloto con objeto de mejorar la rapidez de respuesta.

Figura 7. Sistema de excitación.



Fuente: Autores.

<sup>14</sup> MORA, Jesús Fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

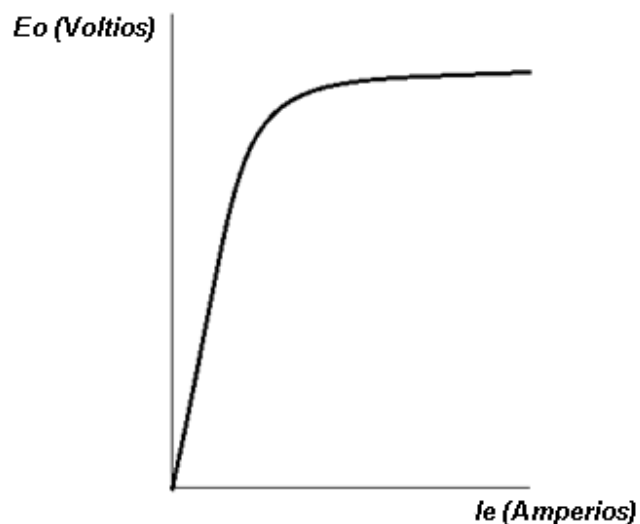
<sup>15</sup> Corriente continua

En la figura 7 se da un versión de este sistema donde pueden apreciarse cada uno de estos elementos (la línea de puntos indica que las tres máquinas están situadas en el mismo eje mecánico) las máquinas síncronas mas pequeñas no suelen tener excitatriz piloto y la excitatriz principal trabaja en forma de derivación *shunt*, alimentando directamente el inductor o campo del alternador.

## 2.2.4 Principio de funcionamiento de un alternador<sup>16</sup>.

**2.2.4.1 Funcionamiento en vacío.** Una característica importante del comportamiento en vacío de la maquina síncrona la constituye la curva  $E_o = f(I_e)$ , que expresa la f.e.m (fuerza electromotriz) en bornes de la maquina estando desconectada la carga en función de la corriente de excitación o en definitiva de los amperios- vuelta/polo que recorren los devanados inductores. La curva se traza de forma experimental, que tiene la forma indicada en la figura 8.

Figura 8. Voltaje en función de la corriente.



Fuente: Autores.

<sup>16</sup> MORA, Jesús fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

**2.2.4.2 Funcionamiento en carga**<sup>17</sup>. Si estando en funcionamiento un alternador en vacío, con una determinada corriente de excitación se cierra el circuito de inducido conectando a una impedancia de carga sus terminales, se obtiene una tensión  $V$  en bornes de la maquina inferior al valor que representaba en vacío  $E_o$ . La caída en tensión es debido a la aparición de una corriente en el inducido que provoca una caída de tensión a la par que produce una f.m.m (fuerza magneto motriz) que reacciona con la del inductor modificando el flujo entre el entre hierro de la maquina.

La caída de tensión en el circuito del inducido es debida a la impedancia que representan los arrollamientos de este devanado, por una parte la existencia de una resistencia  $R$  del bobinado que provoca una caída de tensión muy pequeña, que en la mayoría de los casos se desprecia. Se debe tener presente la reactancia del inducido, que se debe al flujo de dispersión del estator que no interacciona con el flujo del rotor este flujo es el que se desarrolla en las cabezas de las bobinas y dentro de las ranuras donde se sitúa este devanado. Este flujo de dispersión permite definir un coeficiente de autoinducción  $L_\sigma$ , que multiplicado por la pulsación de la corriente da lugar a la reactancia de dispersión del estator:

$$X_\sigma = L_\sigma \cdot \omega = L_\sigma 2\pi f \quad (6).$$

En esta reactancia tiene lugar la caída de tensión inductiva de la maquina síncrona, cuya magnitud a plena carga puede alcanzar valores hasta del 15 % de la tensión asignada del inducido.

- **Carga resistiva**

Si la carga es resistiva pura, el f.d.p es la unidad y si se prescinde de la impedancia del inducido se podrá considerar que el desfase entre la f.e.m y la

---

<sup>17</sup> MORA, Jesús fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

corriente es  $\varphi = 0$ , para calcular la magnitud y el sentido de la f.e.m.s inducida en los conductores se aplica la ley de Faraday en la forma:  $e = l(v \times B)$ , donde  $v$  indica el vector de velocidad, contrario al sentido del giro del rotor e igual a su velocidad periférica, lo cual es el resultado de tener en cuenta el movimiento relativo entre ambos circuitos. La f.e.m.s será máxima cuando los lados de las espiras se encuentren exactamente frente a los centros de los polos.

Para una carga resistiva la reacción del inducido es transversal, es decir esta desplazada  $90^\circ$  de la f.m.m del inductor, lo que conduce a una distribución asimétrica de la f.m.m resultante debajo de los polos.

- **Carga inductiva**

Cuando la carga es inductiva pura, el desfase entre la f.e.m y la corriente es de  $90^\circ$ . En este caso el máximo de las corrientes estará desplazado en el espacio respecto al máximo de las f.e.m.s en un ángulo de  $90^\circ$  en sentido contrario al giro del rotor. Como quiera que las f.e.m.s son máximas cuando los lados de las espiras están en el centro de los polos.

La f.m.m de reacción del inducido se opone a la f.m.m del inductor lo que significa que una carga inductiva pura produce una reacción antagonista o desmagnetizante, que tiende a reducir la f.m.m resultante, haciendo disminuir el flujo en el entrehierro, provocando en consecuencia una reducción de la f.e.m inducida.

- **Carga capacitiva**

Cuando la carga es capacitiva pura, la corriente del estator alcanza su valor máximo en  $90^\circ$  eléctricos antes que el polo se enfrente a los conductores que forman la espiras del inducido, que es el momento en que es máxima la f.e.m. la situación es similar a la descrita en el caso anterior, se produce un refuerzo de la f.m.m del inductor lo que significa que las cargas capacitivas ayudan a la acción del campo de los polos provocando un efecto magnetizante sobre los mismos.

## **2.3 MOTOR DE 4 TIEMPOS DE IGNICIÓN POR CHISPA<sup>18</sup>.**

La gran mayoría de Motores de Combustión Interna (MCI) manejan el principio del émbolo reciprocante en donde el émbolo se desliza hacia adelante y atrás dentro de un cilindro, transmitiendo fuerza a una flecha motriz mediante un simple mecanismo biela y manivela. En 1862, *Beau de Rochas* propuso la secuencia de funcionamiento para el motor de émbolo reciprocante.

**2.3.1 Carrera de admisión.** Una carrera de admisión para introducir una mezcla de aire combustible dentro del cilindro del motor, donde la válvula de admisión permanece abierta y la válvula de escape permanece cerrada durante la mayor parte de la carrera.

**2.3.2 Carrera de compresión.** Una carrera de compresión para elevar la temperatura de la mezcla, para lo cual las dos válvulas deben permanecer cerradas.

**2.3.3 Carrera de expansión.** Carrera de potencia o de trabajo cuando ocurre la chispa y el encendido consecuente de la mezcla aire combustible liberando energía que aumenta la temperatura y la presión de los gases descendiendo el émbolo en la carrera de expansión, con las dos válvulas cerradas.

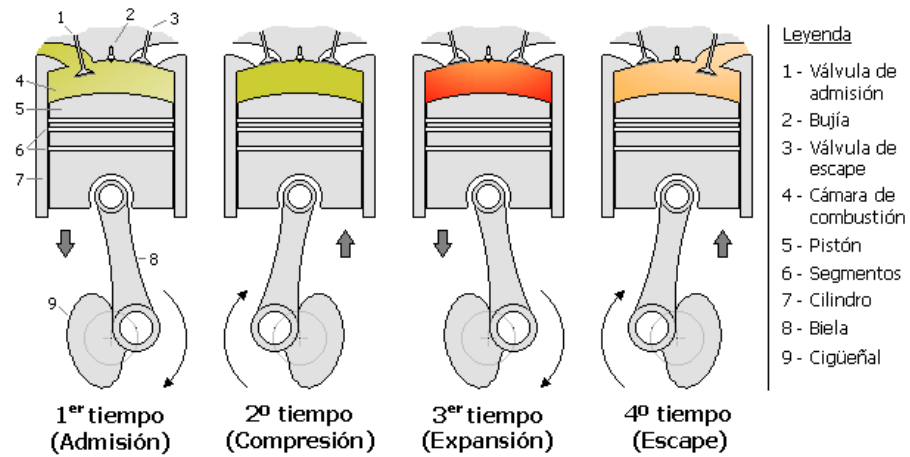
**2.3.4 Carrera de escape.** Para barrer el cilindro y expulsar los gases quemados, la válvula de escape debe estar abierta.

En 1876 el ingeniero alemán Otto aprovechando el principio de *Beau de Rochas* construyó un motor de ciclo de trabajo de 4 carreras, a lo cual se le denominó ciclo Otto como se muestra en la figura 9.

---

<sup>18</sup> OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.

Figura 9. Ciclo Otto.



Fuente: <http://motoresymaquinas.blogspot.com/p/motores-termicos.html>.

En todos los motores de émbolo recíprocante existen dos puntos de total inmovilidad debido al invertir la posición de su movimiento, llamados punto muerto superior (PMS) e inferior, el punto muerto inferior (PMI) ocurre en el instante que cambia de la carrera de expansión a escape y de la carrera de admisión a compresión, mientras que el punto muerto superior ocurre cuando pasa de la carrera de compresión a expansión debido a que el émbolo está inmóvil en ese instante, la combustión se considera a volumen constante, pero también se ve que el punto muerto superior también es visible cuando pasa de la carrera de escape a admisión.

Debido a que solo hay una carrera de potencia en la totalidad del ciclo se utiliza un volante para hacer uniformes dichos impulsos, obteniendo una rotación uniforme del cigüeñal.

Al tratar el motor de émbolo recíprocante se emplean frecuentemente los términos: desplazamiento, volumen de compresión y relación de compresión o de expansión.

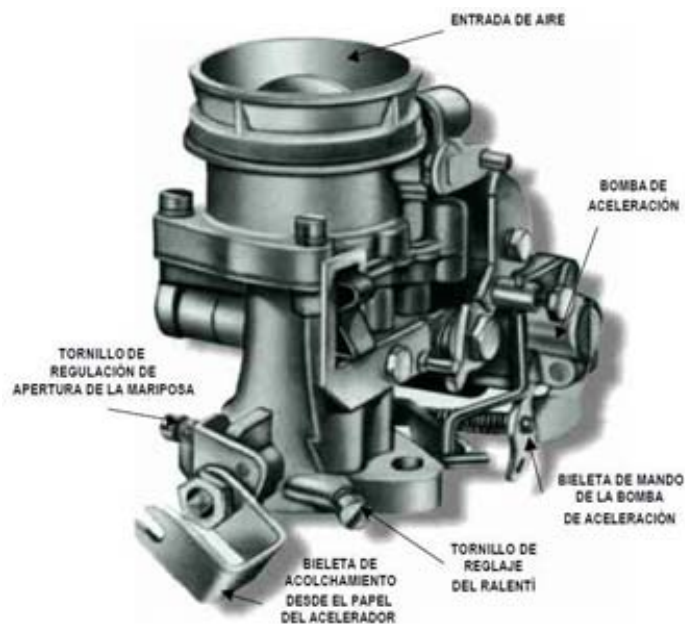
Desplazamiento (D) es el volumen barrido por el émbolo en una carrera  $n$  veces ese valor de acuerdo al  $n$  número de cilindros, en nuestro caso son 2 cilindros. El

volumen de compresión ( $c$ ) es el volumen de los gases comprimidos y es también el volumen de la cámara de combustión, la relación de compresión o de expansión  $rv$  es igual a:

$$rv = \frac{c + D}{c} \quad (7).$$

**2.3.5 Control de la velocidad y carga en los motores ICH<sup>19</sup>.** Para que la chispa cumpla su objetivo de encender toda la mezcla de combustible y aire es necesario que existan las cantidades adecuadas y homogéneas, aproximadamente 15 partes de aire por 1 de combustible en peso. El carburador es el elemento encargado de conseguir esta relación aire-combustible, en la figura 10, se muestran las partes básicas.

Figura 10. Carburador



Fuente: <http://jufreoilservice.blogspot.com/2012/04/carburadores.html>

<sup>19</sup> OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.

En la carrera de admisión el desplazamiento del cilindro provoca que se aspire aire el cual durante su recorrido desde el exterior atraviesa el carburador y por efecto de una caída de presión en el Venturi que comunica con un tanque de almacenamiento del carburador provoca que parte del combustible se mezcle con el aire.

Entre mayor sea la velocidad del motor aumenta la cantidad de aire aspirado, creando una caída de presión mayor y, por lo tanto, una mayor cantidad de combustible arrastrado por el aire, lo que podríamos concluir que la cantidad de combustible permanece casi constante en toda la amplitud de velocidades del motor.

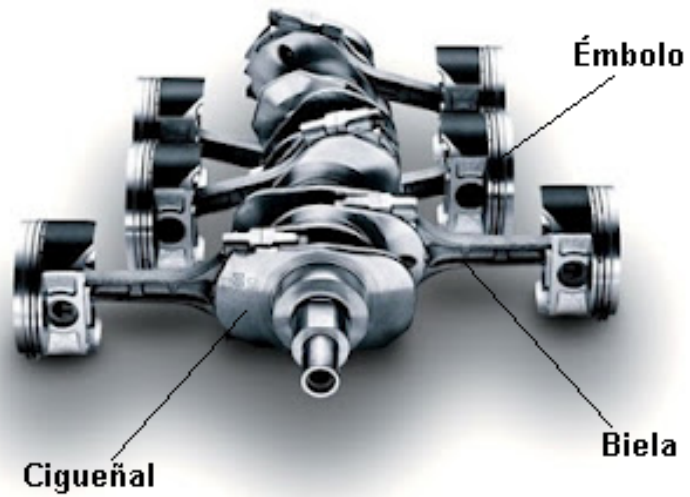
El esfuerzo de giro aplicado a un cigüeñal depende de la masa de mezcla quemada, la cual se controla con el carburador a partir de una válvula llamada estrangulador o acelerador, la cual obstruye el paso hacia el múltiple de admisión, sí el motor no está sujeto a una carga externa se dice que el motor está en vacío, por lo tanto la velocidad del motor también se puede controlar por carga, la cual es un freno opuesto a la rotación de la flecha.

**2.3.6 Tipos de motores según la orientación de los pistones<sup>20</sup>.** Dado que la velocidad y por lo tanto la potencia del motor dependen de la fuerza de inercia originadas al acelerar y desacelerar algunas de sus partes, es conveniente dividir el motor en cierto número de cilindros individuales al igual que su disposición tal que su acomodo sea conveniente de los otros para contrarrestarse o balancearse. En este caso el tipo de motor en el grupo electrógeno del LMTA es horizontal opuesto como se muestra en la figura 11, los émbolos están desalineados y se necesita un muñón por separado para cada cilindro.

---

<sup>20</sup> OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.

Figura 11. Motor horizontal.



Fuente: [http://www.turboxer.com/2012\\_02\\_01\\_archive.html](http://www.turboxer.com/2012_02_01_archive.html).

Otros tipos de motores son los motores en línea, en V, émbolos opuestos y el radial. Todos los diseños anteriores pueden ser igualmente enfriados por agua o por aire, pero cuando se desea simplicidad o poco peso se opta por el aire.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL BANCO DEL GRUPO ELECTRÓGENO.

El banco de pruebas del grupo electrógeno esta constituido por el motor *Briggs & Stratton* 18 HP, el generador *Powermate* 7000W, los sistemas de medición de potencia, el de control de carga y suministro de combustibles. A continuación se hace una descripción breve de cada uno de los sistemas del grupo electrógeno.

#### 3.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA BRIGGS & STRATTON 18HP.

Las especificaciones técnicas del MCI se dan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción del motor

| Parámetro         | Descripción                               |
|-------------------|---|
| Cilindros         | 2 opuestos, refrigerados por aire         |
| Serie modelo      | 422400 de 18 HP TWIN II                   |
| Desplazamiento    | 42.33 in <sup>3</sup>                     |
| Torque máximo     | 28.6 lb*pie a 2600 rpm.                   |
| Número de tiempos | 4 T.                                      |
| Ignición          | Magneto del volante, ignición por chispa. |
| Carburador        | Choro de flujo y de doble cuerpo.         |

Fuente: Autores.

Hay que destacar de este motor que toma el aire de la atmósfera y lo impulsa a una presión más elevada por medio de un compresor centrífugo que esta sujeto al volante, con el fin de enfriar de una manera más eficiente al motor por convección forzada. Parte del aire impulsado alimenta la mezcla aire-combustible lo que hace más eficiente la combustión.

La ilustración y lista de partes del motor se encuentran con más detalle en el anexo A.

### 3.2 GENERADOR POWERMATE 7000W

Para el generador se describe en la siguiente tabla las especificaciones técnicas:

Tabla 2. Descripción del generador.

| <b>Parámetro</b>            | <b>Descripción</b> |
|-----------------------------|--------------------|
| Potencia nominal            | 7000 Watt          |
| Voltaje                     | 120/240 voltios    |
| Corriente                   | 29.2/58.3 amperios |
| Frecuencia                  | 60 Hertz           |
| RPM                         | 3600               |
| Factor de potencia          | 1                  |
| Temperatura máxima ambiente | 40°C               |

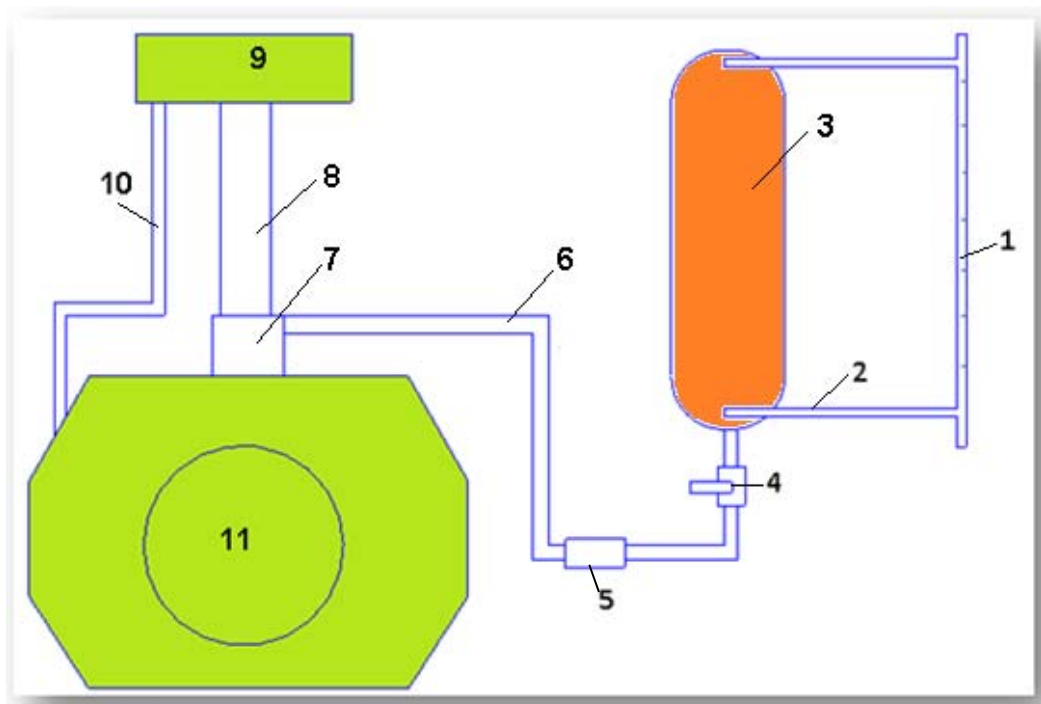
Fuente: Autores.

Éste es un generador monofásico, la ilustración y lista de partes del generador se encuentran en el anexo B.

### 3.3 SISTEMA PARA MEDIR Y SUMINISTRAR GASOLINA

Es el sistema encargado de almacenar, medir y suministrar el combustible que utilizará el grupo electrógeno para generar potencia, se ilustra en la figura 12 y sus componentes se describen en la tabla 3.

Figura 12. Sistema de medición y suministro de gasolina.



Fuente: autores.

Y sus componentes se nombran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Sistema para medir y suministrar gasolina.

| N° | Componente   |
|----|--|
| 1  | Tubo de vidrio.  |
| 2  | Manguera de comunicación tanque-tubo de vidrio.        |
| 3  | Tanque.  |
| 4  | Válvula manual de cierre.                              |
| 5  | Filtro de combustible.                                 |
| 6  | Manguera de alimentación de combustible al carburador. |
| 7  | Carburador.  |
| 8  | Manguera de alimentación principal de aire             |
| 9  | Filtro del aire.                                       |
| 10 | Ducto alimentador de aire.                             |
| 11 | Motor.   |

Fuente: Autores.

**3.3.1 Tubo de vidrio.** El tubo de vidrio como se muestra en la figura 13, se utiliza para visualizar el nivel de gasolina que se encuentra en el tanque lo que permite observar el consumo de combustible gracias a una regla que mide el consumo en decilitros.

**3.3.2 Mangueras de comunicación tanque-tubo de vidrio.** Estas mangueras son del tipo plástico transparente, para poder mirar posibles obstrucciones, con diámetro de 6 mm, sujetas al tanque y al tubo de vidrio por abrazaderas como se muestra en la figura 13.

**3.3.3 Tanque de almacenamiento de gasolina.** Es un tanque cilíndrico con tapas esféricas que se muestra en la figura 13, con una capacidad de almacenamiento de 2 galones, cantidad suficiente para realizar la práctica.

Figura 13. Tanque, tubo de vidrio, mangueras, regla y llave de paso.



Fuente: Autores.

**3.3.4 Válvula manual de cierre.** Esta válvula de bola cierra y abre con un solo giro de 90°, se muestra un corte de la válvula en la figura 14.

Figura 14. Válvula de bola.



Fuente: <http://www.conocelasvalvulas.blogspot.com/>

**3.3.5 Filtro de combustible.** Es un filtro de papel con cubierta de plástico de tamaño mediano, no está expuesto a altas temperaturas, encargado de filtrar el combustible del tanque que va hacia el carburador se muestra en la figura 15.

Figura 15. Filtro de la gasolina.



Fuente: Autores

**3.3.6 Manguera de alimentación de combustible filtro-carburador.**

Esta manguera es de un caucho sintético con fibras de nylon, tiene un diámetro interior de 8 mm y de longitud de 1m.

**3.3.7 Carburador.** Es el encargado de realizar la mezcla aire combustible en la carrera de admisión.

Figura 16. Carburador del motor.



Fuente: Autores

**3.3.8 Filtro del aire.** Es un filtro de papel que recibe al aire desde su cara exterior el cual esta encargado de limpiar las impurezas y polvo que puedan ocasionar daños severos en el motor.

Figura 17. Filtro del aire del motor



Fuente: Autores.

**3.3.9 Manguera de alimentación de aire a presión.** Este ducto suministra aire a presión impulsado por un compresor centrífugo hacia el cilindro, garantizando la entrada de aire necesario para la combustión como se muestra en la figura 18.

Figura 18. Manguera de alimentación de aire desde el compresor



Fuente: Autores.

### 3.4 SISTEMA PARA MEDIR Y SUMINISTRAR EL GAS NATURAL.

Es el sistema encargado de medir la cantidad de gas que se consume, regula la presión de entrada al dosificador y permite el paso o no de gas por medio de las válvulas. Para apreciarlo se ilustra en la figura 19, y su lista de partes en la tabla 4.

Tabla 4. Componentes del sistema de regulación y suministro de gas natural.

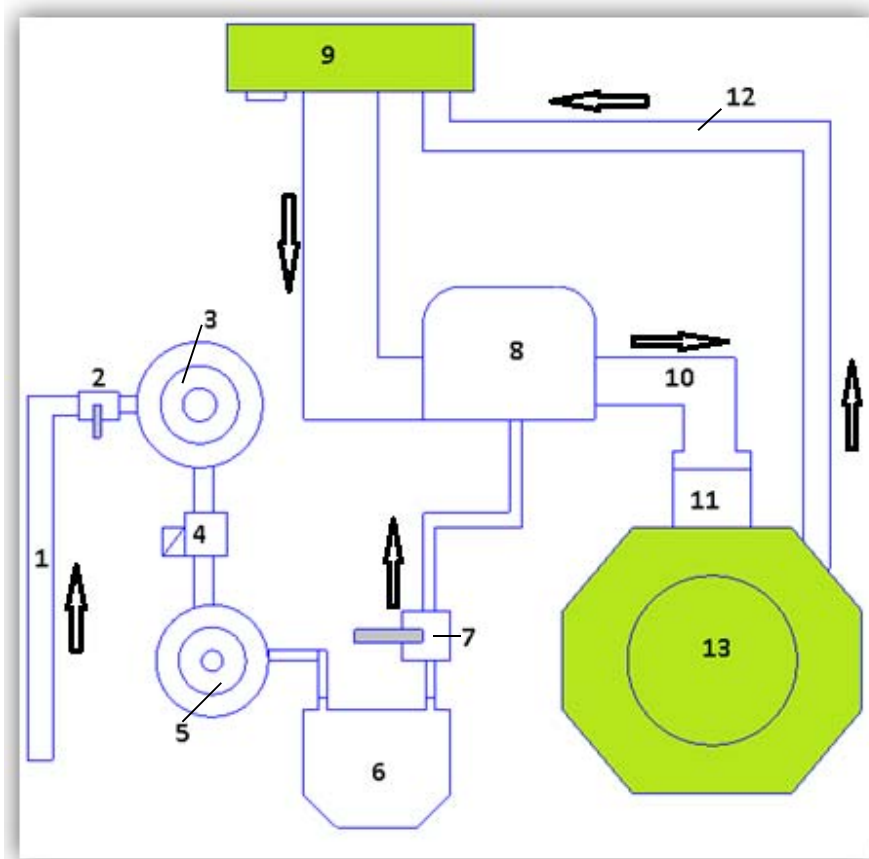
| N° | Componente                      |
|----|---------------------------------|
| 1  | Manguera de alimentación de gas |
| 2  | Válvula manual de cierre        |
| 3  | Regulador primario de presión   |
| 4  | Válvula solenoide               |
| 5  | Regulador secundario de presión |
| 6  | Medidor de flujo volumétrico.   |
| 7  | Válvula auxiliar manual         |

Tabla 4. (Continuación) Componentes del sistema de regulación y suministro de gas natural.

| N° | componente                |
|----|---------------------------|
| 8  | Dosificador               |
| 9  | Filtro del aire           |
| 10 | Adaptador                 |
| 11 | Carburador                |
| 12 | Ducto alimentador de aire |
| 13 | Motor                     |

Fuente: autores.

Figura 19. Sistema para medir y suministrar gas.



Fuente: Autores.

**3.4.1 Manguera de alimentación de gas.** La manguera tiene las siguientes Características:

- Material: Caucho y lona
- Diámetro: ½ "
- Tipo de trenzas: textil
- Presión: 150 P.S.I.
- Temperatura máx.: 90°C.

Figura 20. Manguera de alimentación de gas



Fuente: Autores.

**3.4.2 Regulador de presión ANSI.** Es el elemento que permite la utilización del GNC como combustible alternativo en vehículos de auto tracción. Su función es la de reducir la presión, para este caso la llegada de la línea de gas natural es de 5 psi hasta una presión de trabajo de 0,5 Kpa (0,07 PSI).

El regulador esta compuesto de un regulador primario, secundario y una válvula solenoide.

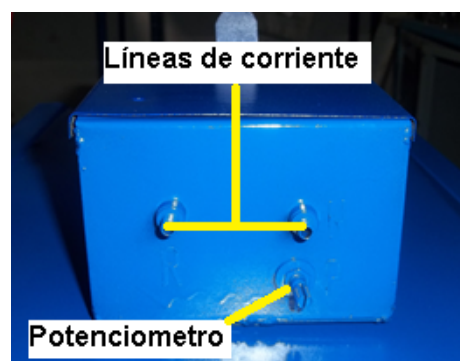
Figura 21. Regulador ANSI.



Fuente: Autores

La válvula solenoide permite el paso de gas hacia el regulador secundario cuando se energiza a 9V, para activarla se utiliza un regulador de voltaje el cual se muestra e la figura 22.

Figura 22. Regulador de voltaje.



Fuente: Autores

**3.4.3 Medidor de flujo volumétrico de GN.** Tratándose de un fluido gaseoso y que además se halla en movimiento mientras se transfiere o consume, la forma más fácil y práctica de determinar el consumo es medir la cantidad de gas que ha circulado en un determinado periodo de tiempo, expresada en unidades de volumen (metros cúbicos). En este caso el medidor que se encuentra instalado para el consumo de gas del grupo electrógeno es de tipo membrana marca YASAKI Modelo YV2A que se muestra en la figura 23.

Figura 23. Contador de membrana.



Fuente autores

**3.4.4 Dosificador.** Este dosificador es de tipo membrana que permite el paso de la mezcla aire-gas en la carrera de admisión. Para el paso de gas, tiene una válvula en forma de aguja unida a la membrana que obstruye la entrada de gas al dosificador. Solo cuando se acciona la membrana en la carrera de admisión se levanta la válvula y permite que se aspire gas, en la figura 24 se muestra el dosificador.

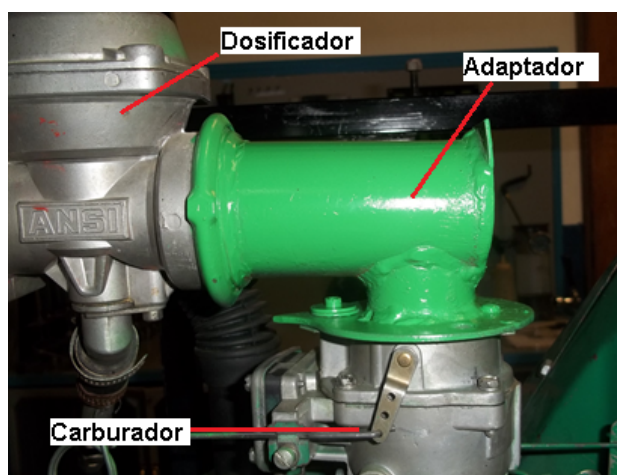
Figura 24. Dosificador de membrana ANSI.



Fuente: Autores.

**3.4.5 Adaptador.** Es una pieza de metal que permite el paso de la mezcla aire-gas del dosificador al carburador como se muestra en la figura 25.

Figura 25. Adaptador dosificador-carburador.

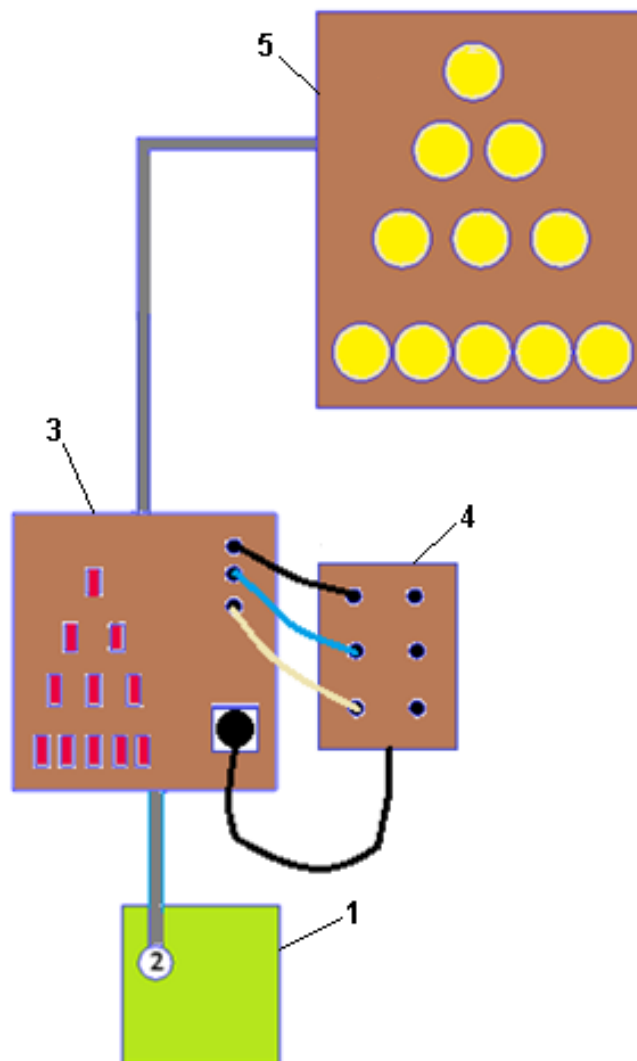


Fuente: Autores.

### 3.5 SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEDIR POTENCIA Y CONTROLAR CARGA.

Es el sistema encargado de conducir, controlar y disipar la energía eléctrica generada por el grupo electrógeno. El sistema se ilustra en la figura 26, y en la tabla 5 se da la lista de partes.

Figura 26. Sistema de consumo y control de carga.



Fuente: autores.

Tabla 5. Lista de componentes del sistema de consumo potencia.

| N° | Componente.                         |
|----|-------------------------------------|
| 1  | Generador.                          |
| 2  | Clavija de corriente del generador. |
| 3  | Tablero de control de carga         |
| 4  | Tablero de medición                 |
| 5  | Tablero de consumo                  |

Fuente: autores.

**3.5.1 Clavija de corriente del generador.** Es una clavija de seguridad NEMA L14-30, 30A y 125/250 V, ideales para uso residencial, comercial e industrial. Además de darle una mayor efectividad de corriente, cuentan con el sistema de seguridad Turnlok de media vuelta haciendo las conexiones más seguras y protegiendo la instalación, en la figura 27 se muestra un modelo. En el anexo E se encuentra un catálogo de tomacorrientes y enchufes tipo NEMA.

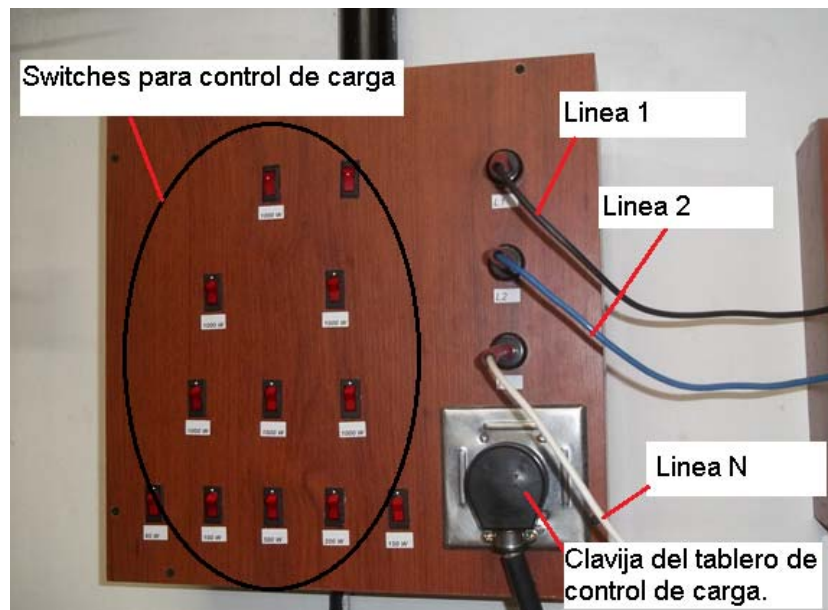
Figura 27. . Clavija NEMA L14-30.



Fuente: Autores.

**3.5.2 Tablero de control de carga.** El tablero de control contiene los *swiches* para activar la carga de forma manual y recibe las líneas de corriente del tablero de medición, en la figura 28 se muestran sus partes.

Figura 28. Tablero de control de carga.



Fuente: Autores.

La carga esta impuesta por bombillas de 110-120V, con diferente consumo en watt como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Valor y cantidad de bombillas.

| Valor carga | Cantidad |
|-------------|----------|
| 60 W        | 1        |
| 100W        | 1        |
| 150W        | 1        |
| 200W        | 1        |
| 500W        | 1        |
| 1000W       | 6        |

Fuente: Autores.

Las bombillas fueron ubicadas en el tablero de consumo como se muestra en la figura 29.

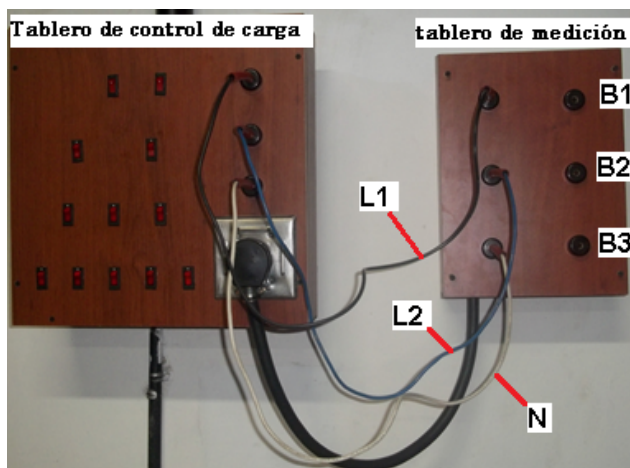
Figura 29. Tablero de consumo.



Fuente: Autores.

**3.5.3 Sistemas para medir voltajes y corrientes en las líneas.** Para medir corriente y voltaje se medirá por medio de una pinza voltiamperimétrica, la corriente se mide de los cables L1 y L2 que están entre el tablero de control y de medición, mientras que el voltaje se tomara entre los bornes B1, B2 y B3 del tablero de medición.

Figura 30. Medición de corriente y voltaje.



Fuente: Autores.

#### 4. DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTRÓGENO.

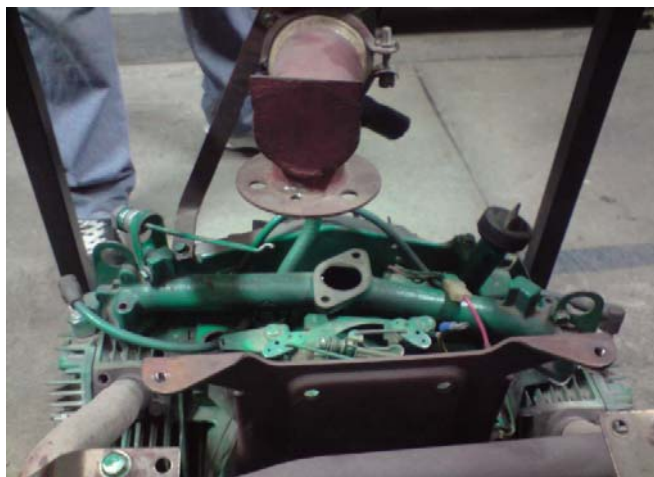
A continuación se describe el mantenimiento que se realizó al grupo electrógeno. Para tal fin se divide el grupo electrógeno en los siguientes sistemas:

- Motor *Briggs & Stratton* 18 HP referencia 422400.
- Generador *Powermate* de Coleman 7000W, referencia PM45-7022.
- Sistemas auxiliares de medición y suministro de combustible.
- Sistema eléctrico para el control de carga, medición y consumo de potencia.

##### 4.1 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO MOTOR BRIGGS & STRATTON 18 HP REFERENCIA 422400.

El motor se encontró en condiciones anormales de funcionamiento, por falta de partes y mantenimiento de los diferentes sistemas que lo conforman como se muestra en la figura 31, para su recuperación se realizó un diagnóstico y mantenimiento de los sistemas mecánicos del motor.

Figura 31. Estado inicial del Motor *Briggs Stratton*.

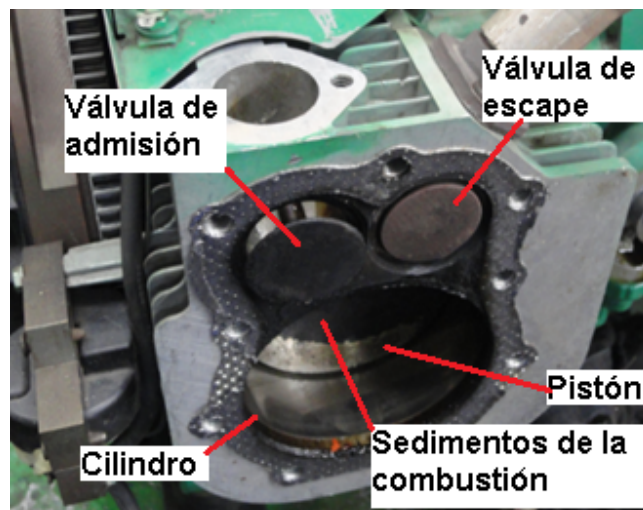


Fuentes: Autores.

#### 4.1.1 Diagnóstico y mantenimiento de la culata, las válvulas, la cabeza del pistón y el cilindro.

Un sistema importante en los Motores de Combustión Interna es el sistema de distribución, siendo el conjunto de elementos que debidamente sincronizados con el giro del cigüeñal, se encargan de abrir o cerrar las válvulas, subir o bajar el pistón, para cumplir adecuadamente con los ciclos del motor. Para el diagnóstico y debido mantenimiento, se revisó quitando la culata, en la cual se encontró Suciedad y sedimentos de la combustión en válvulas, pistón y culata como se muestra en la figura 32. Es de notar que no se encontró reborde en el cilindro por lo cual no existe desgaste evidente de anillos ni camisa.

Figura 32. Suciedad y sedimentos de la combustión.



Fuente Autores.

Fue necesario que se quitara por medio de disolventes y gasolina toda suciedad y sedimentos de la combustión, como se muestra en la figura 33.

Figura 33. Limpieza de suciedad y sedimentos de la combustión.



Fuente Autores.

**4.1.2 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de admisión.** El sistema de admisión es el encargado de suministrar el aire limpio y fresco para la combustión en la carrera de admisión.

**4.1.2.1 Filtro de aire.** El filtro de aire se remplazó por deterioro en su estructura se compro y remplazó como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Filtro del aire (antes y después)



Fuente: Autores.

#### 4.1.2.2 Manguera de alimentación de aire del filtro al dosificador de gas.

Esta manguera se encontró quebrada con orificios y tubo que remplazarse como se muestra en la figura 33.

Figura 35. Manguera de paso de aire limpio (Antes y después).



Fuente: Autores.

#### 4.1.2.3 Manguera de alimentación de aire a presión por compresor.

Esta manguera no se encontró en el motor por lo cual se compró e instaló en el mismo, como se muestra en la figura 36.

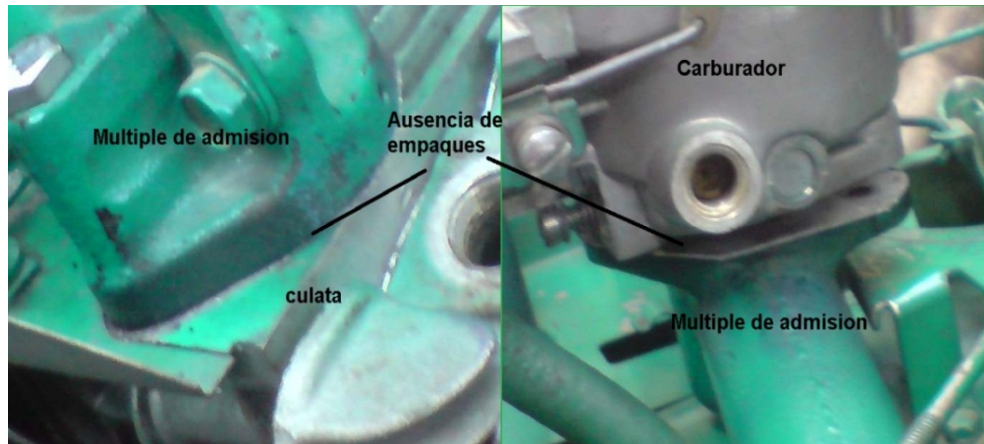
Figura 36. Manguera de paso de aire atmosférico a alta presión.



Fuente: Autores.

**4.1.2.4 Empaques de contacto del múltiple de admisión.** Estos empaques están ausentes como se ve en la figura 37, por lo tanto se deben trazar y cortar a su medida como se muestra en la figura 38.

Figura 37. Múltiple de admisión.



Fuente: Autores.

Figura 38. Empaque carburador-múltiple de admisión.



Fuente: Autores.

**4.1.2.5 Tornillería.** Parte de la tornillería de  $\frac{1}{4}$  "que une el múltiple de admisión con la culata y el carburador, no se encuentra la cual fue comprada e instalada.

**4.1.3 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de escape.** El sistema de escape es el encargado de expulsar los gases de la combustión hacia la atmósfera en la carrera de escape, dada su importante función fue necesario revisar que la tubería no se encontrara corroída ni taponada.

**4.1.3.1 Tubería de escape.** El rendimiento y buena conservación del motor exigen que la pérdida de carga en el conducto de escape y el silenciador sea mínima, la tubería del sistema de escape que se encontró como se muestra en la figura 39 tenía una longitud equivalente excesiva de 18,5 m debido a 7 codos de  $90^\circ$ , 1 de  $45^\circ$  y un total de 8,31 m de tubería recta. La tubería se encontró bloqueada por residuos de la corrosión criterio suficiente para realizar el cambio como se muestra en la figura 40.

Figura 39. Tubería inicial de escape.



Fuente: Autores.

Figura 40. Tubería de escape nueva.



Fuente: Autores.

El diseño de la tubería, se enfocó en reducir la longitud efectiva para que la contrapresión sea mínima, para tal fin se inicio con el cambio de diámetro debido a que el tubo de escape que recibe del múltiple era menor a la suma del área de los dos tubos del múltiple de escape.

Basado en el manual de instalación y mantenimiento de grupos electrógenos de la Caterpillar se realizo el siguiente cálculo para determinar el diámetro de la tubería de escape:

$$A_s = 2A_{cm}$$

$A_s$  es el área de la tubería de escape

$A_{cm}$  es el área de cada tubo del múltiple.

$$A_{cm} = \frac{\pi \cdot D_{acm}^2}{4}$$

$D_{acm}$  es el diámetro de cada tubo

$$A_{cm} = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} = 0,785 \text{ in}^2$$

Por lo tanto el área del segmento que une al múltiple de admisión con el tubo flexible.

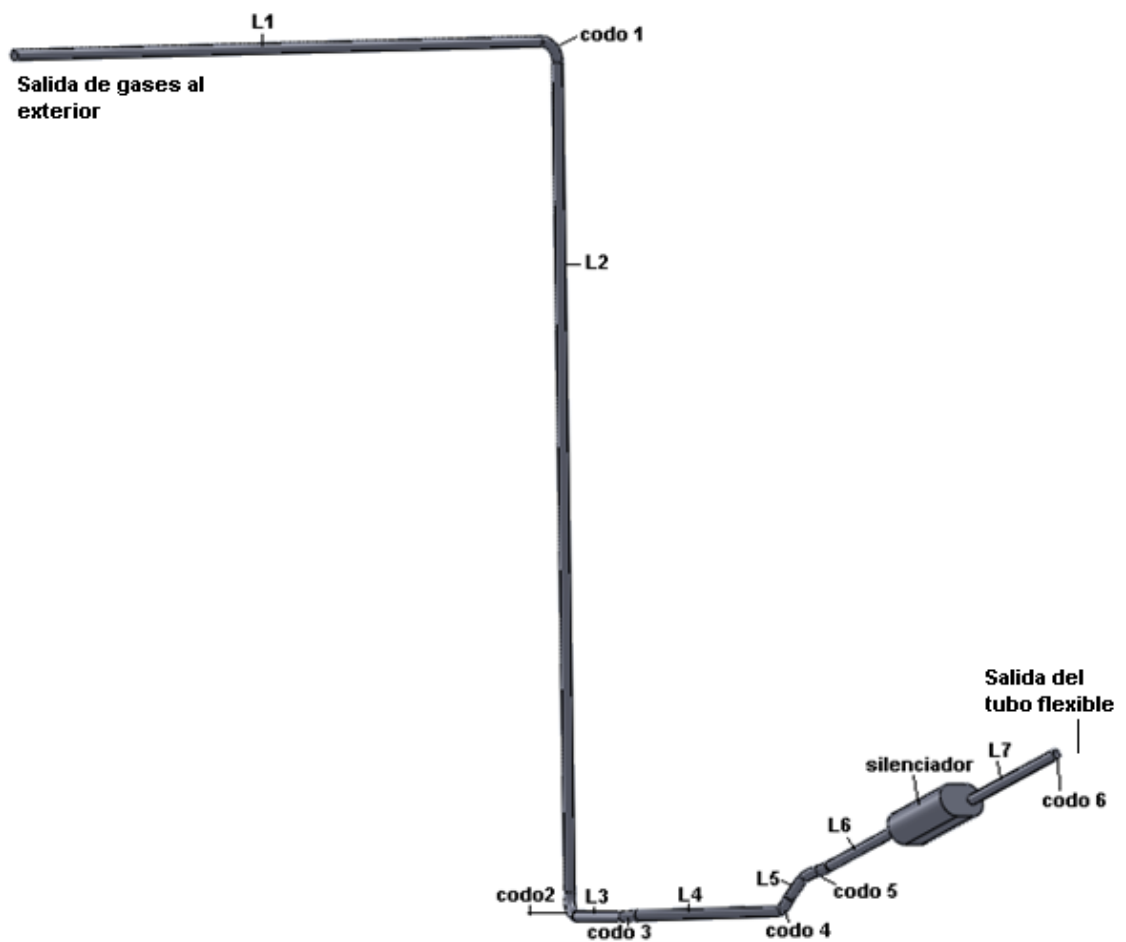
$$A_s = 2A_{cm} = 2 \cdot 0,785 = 1,57 \text{ in}^2$$

Teniendo el área podemos calcular el diámetro de la tubería así:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,57}{\pi}} = 1,4142 \text{ in} = 36\text{mm}$$

Normalizando a una tubería de 1 ¼" que equivale a 38 mm.

Figura 41. Diseño del sistema de escape.



Fuente: Autores.

Los valores estándar de Longitud equivalente para codos se representan en la tabla 7.

Tabla 7. Cálculo de longitud equivalente para codos

| <b>Longitud equivalente para codos</b> |                       |
|--|-----------------------|
| codo a 90°                             | $l = 33 \cdot D/1000$ |
| codo de radio largo $r > 1,5 \cdot D$  | $l = 20 \cdot D/1000$ |
| codo cuadrado                          | $l = 66 \cdot D/1000$ |
| codo de 45°                            | $l = 15 \cdot D/1000$ |

Fuente: guía de aplicación e instalación; grupos electrógenos.

En la tabla 8 se muestra la longitud equivalente de codos y tubos rectos de la instalación que se muestra en la figura 41.

Tabla 8. Longitud total equivalente de la tubería de escape.

| <b>Tramo</b>                      | <b>Longitud equivalente[m]</b> |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| L1                                | 2,9                            |
| L2                                | 3,4                            |
| L3                                | 0,4                            |
| L4                                | 0,6                            |
| L5                                | 0,1                            |
| L6                                | 0,45                           |
| L7                                | 0,55                           |
| Codo 1 de radio largo             | 0,76                           |
| Codo 2 de radio largo             | 0,76                           |
| Codo 3 de 45°                     | 0,57                           |
| Codo 4 de 45°                     | 0,57                           |
| Codo 5 de 45°                     | 0,57                           |
| Codo 6 de radio largo             | 0,76                           |
| <b>Longitud equivalente total</b> | <b>12,39m</b>                  |

Fuente: Autores.

**4.1.3.2 Contrapresión de la tubería.** La contrapresión se halla de la siguiente ecuación.

$$P = \frac{L \cdot \rho \cdot Q^2 3,6 \times 10^6}{D^5} [Kpa]$$

Donde:

$D$  es el diámetro en mm para este caso es de 38 mm

$L$  es la longitud total equivalente de 12,39 m

$\rho$  es la densidad en  $[\text{Kg}/\text{m}^3]$  de los gases de escape, se puede aproximar mediante la siguiente ecuación, que describe el comportamiento del aire.

$$\rho = \frac{352}{T_{\text{gases}} + 273} = \frac{352}{300 + 273} = 0,614 \text{Kg}/\text{m}^3$$

$Q [\frac{\text{m}^3}{\text{min}}]$  es el caudal de gases de escape

Donde:  $Q = V_{\text{esc}} \cdot A_{\text{esc}}$

$V_{\text{esc}}$  es la velocidad de los gases de escape

$A_{\text{esc}}$  es el area de la tuberia de escape

$$V_{\text{esc}} = \frac{\text{rpm} \cdot \text{volumen del cilindro}}{A_{\text{val}}} = \frac{1800 \text{rpm} \cdot 346,9 \text{cm}^3}{\pi \cdot 2,54 \text{cm}^2 / 4} \cdot \frac{2\pi}{100} \cdot \frac{1}{60} = 129 \text{m}/\text{seg}$$

$A_{\text{val}}$  es el area de la válvula

$$A_{\text{esc}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3,8 \text{cm}^2}{4} = 11,34 \text{cm}^2$$

$$Q = V_{\text{esc}} \cdot A_{\text{esc}} = \frac{129 \text{m}}{\text{seg}} \cdot 11,34 \text{cm}^2 \cdot \frac{1 \text{m}^2}{(100 \text{cm})^2} \cdot \frac{60 \text{seg}}{1 \text{min}} = 8,7 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 0,147 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$P = \frac{L \cdot \rho \cdot Q^2 \cdot 3,6 \times 10^6}{D^5} = \frac{12,39 \text{m} \cdot \frac{0,614 \text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot (8,7 \text{m}^3/\text{min})^2 \cdot 3,6 \times 10^6}{(38 \text{mm})^5}$$
$$= 26 [\text{Kpas}] = 3,7 \text{psi}$$

Mientras la tubería anterior tenía una contrapresión de 5,65 *psi* aproximadamente, lo que ocasiona una mayor pérdida de potencia en el motor.

**4.1.3.3 Tubería flexible.** Los gases de escape salen a altas temperaturas produciendo dilataciones en la tubería, por esa razón se deben instalar elementos flexibles que compensan las dilataciones, soportan el conducto de manera no rígida, aíslan vibraciones y alivia desalineamiento, se recomienda instalar un tubo flexible por cada sección recta como se muestra en la figura 42.

Figura 42. Tubo flexible.



Fuente: Autores

**4.1.3.4 Silenciador.** Para garantizar los niveles de ruido admisibles es necesario colocar un silenciador de colmena que mitiga el ruido y crea una baja contrapresión al motor.

El silenciador se debe colocar lo más cerca posible al motor para atenuar el ruido a lo largo de toda la tubería de escape para alcanzar altos niveles de temperatura y se pueda quemar la carbonilla. El silenciador que tenía el grupo electrógeno se encontró en mal estado (corroído y con fugas), por lo tanto se cambio. Como se muestra en la figura 43.

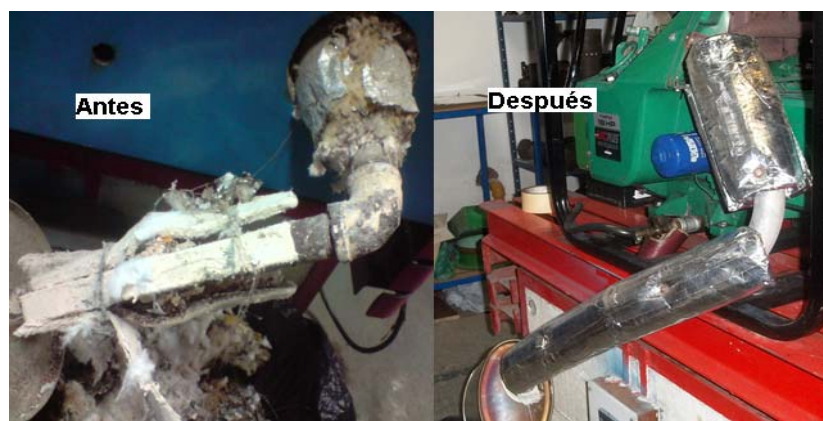
Figura 43. Silenciador del motor (Antes y después).



Fuente: Autores.

**4.1.3.5 Aislamiento.** El aislamiento térmico se debe colocar para proteger la integridad física de los estudiantes. El aislamiento de la tubería de escape se encontró deteriorado y tuvo que cambiarse como se muestra en la figura 44. Se colocó una lámina cubierta con una capa de fibra de vidrio separada 8cm del tubo de escape para evitar la transferencia de calor por conducción y así mantenerla a una temperatura que no ocasione quemaduras a los estudiantes.

Figura 44. Aislamiento térmico de la tubería de escape (Antes y después).



Fuente: Autores.

**4.1.3.6 Consideraciones generales del sistema de escape.** La tubería debe tener cierto grado de inclinación para evitar la entrada de agua al motor y desagües donde posiblemente se pueda acumular.

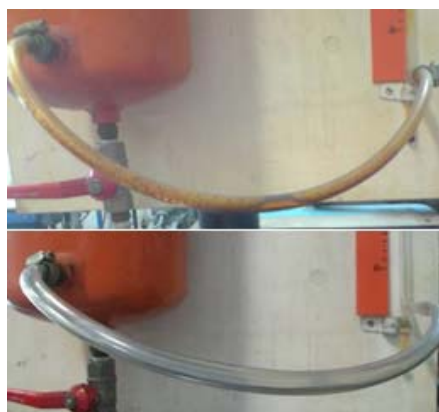
Para terminar el segmento de la tubería se debe cortar con un ángulo de inclinación de 45° a 30° para evitar la entrada de agua.

#### **4.1.4 Diagnóstico y Mantenimiento sistema de alimentación de combustible.**

El sistema de alimentación de combustible por carburación es el encargado de suministrar la gasolina en el momento de aspiración por un diferencial de presión en la carrera de admisión. El motor del grupo electrógeno no tiene una bomba de alimentación de combustible, ya que el combustible fluye por gravedad hacia el carburador.

**4.1.4.1 Tanque de almacenamiento.** El tanque se encuentra en buen estado, pero las mangueras que dirigen el combustible hacia el tubo de vidrio se encontraron en mal estado y bloqueadas por sedimentos de gasolina, fueron remplazadas como se muestra en la figura 45.

Figura 45. Manguera plástica (antes y después).



Fuente: Autores.

**4.1.4.2 Manguera de alimentación del tanque al filtro.** La manguera se encuentra con obstrucción y ha perdido su elasticidad lo que ocasiona una mala instalación y succión ineficiente de combustible, se realizó el cambio.

**4.1.4.3 Filtro de la gasolina.** El filtro se encontró en mal estado y tubo que ser cambiado, como se muestra en la figura 46.

Figura 46. Filtro de la gasolina (antes y después).



Fuente: Autores.

**4.1.4.4 Carburador.** El carburador se encontraba con sedimentos que impedían su funcionamiento adecuado, por lo que fue necesario realizar su respectivo mantenimiento (figura 47).

Figura 47. Mantenimiento del carburador.



Fuente: Autores.

**4.1.5 Diagnóstico y mantenimiento sistema de ignición.** El sistema de ignición es el encargado de generar la chispa para iniciar la combustión. Las bujías se encontraron en mal estado, carbonizadas y con desgaste por chispa, se realizo el cambio de bujías (figura 48).

Figura 48. Bujías del motor (Antes y después).



Fuente: Autores.

**4.1.6 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de lubricación.** El sistema de lubricación es el encargado de evitar el desgaste de las partes mecánicas en movimiento del motor, para tal fin se utiliza un aceite de lubricación y un filtro para mantenerlo limpio. Es necesario resaltar que el cigüeñal entra en contacto directo con el aceite y mediante salpique lubrica las demás partes.

**4.1.6.1 Filtro de aceite.** El filtro se encuentro con el empaque defectuoso y con un tiempo de operación al límite, por lo que se realizo su cambio (figura 49).

Figura 49. Filtro del aceite de lubricación del motor (Antes y después).



Fuente: Autores.

**4.1.6.2 Aceite de lubricación.** Por su color, viscosidad, tiempo de inactividad y por no tener un dato exacto de la última vez que se realizó el cambio se debió realizar su respectivo cambio que obedece a 2 cuartos de aceite SAE 20W-50.

**4.1.7 Diagnóstico y mantenimiento del sistema de enfriamiento.** El motor tiene un sistema de enfriamiento por aire, utiliza dos ductos de enfriamiento, uno para cada pistón, por donde circula el aire impulsado por medio de un compresor centrífugo, para evacuar el calor por convección forzada sobre las aletas de la tapa de la culata.

## **4.2 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL GENERADOR**

Para probar si estaba generando se realizó la primera etapa de puesta en marcha del motor, luego de eso con motor encendido por medio de un multímetro se evalúan las salidas de voltajes generados del panel del generador, lo que indicó su buen estado.

## **4.3 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y SUMINISTRO DE GAS NATURAL.**

A continuación se va a describir el diagnóstico y mantenimiento de cada uno de los elementos que conforman el sistema de medición y suministro de gas natural.

**4.3.1 Medidor Yakazi.** Se encuentra instalado un medidor de gas de membrana que se muestra en la figura 50, que recibe el flujo de otro medidor de mayor tamaño, lo que permite comparar, y decidir si alguno de los dos se encuentra en mal estado, después de realizar las pruebas se determino que se encuentra en óptimas condiciones.

Figura 50. Medidor de gas del grupo electrógeno.



Fuente: Autores

**4.3.2 Regulador de presión ANSI.** Para verificar su buen estado se instalo una manguera de aire comprimido a baja presión a su entrada y luego de variar el voltaje de 2 a 12 voltios se verificó la presión de salida que cumple con los rangos permitidos para el gas de entrada al dosificador que más o menos es la presión atmosférica. El regulador se muestra en la figura 51.

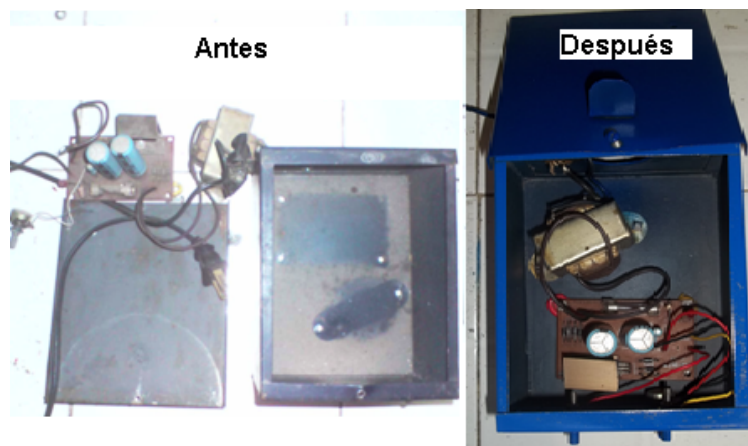
Figura 51. Regulador de presión ANSI del banco pruebas del grupo electrógeno.



Fuente: Autores.

**4.3.3 Regulador de voltaje.** Se encontró en mal estado, no encendía y los caminos de corriente se encontraban en su mayoría corroídos lo que nos obligo a su mantenimiento y reparación como se muestra en la figura 52.

Figura 52. Antes y después del regulador de voltaje.

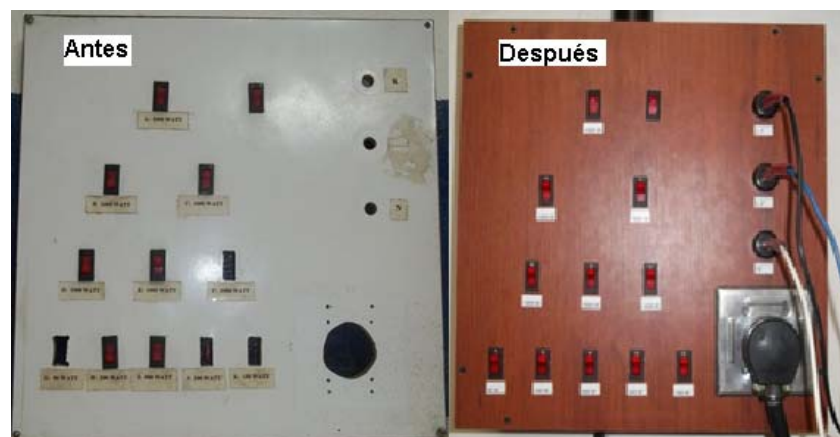


Fuente: Autores.

#### 4.4 DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL CONSUMO DE POTENCIA.

**4.4.1 Tablero de control de carga.** La madera del tablero de control se encontró deteriorada y con la mayoría de los switches dañados, por lo que se construyó una nueva con interruptores y cables del circuito nuevos como se observa en la figura 53.

Figura 53. Tablero de control de carga (Antes y después).

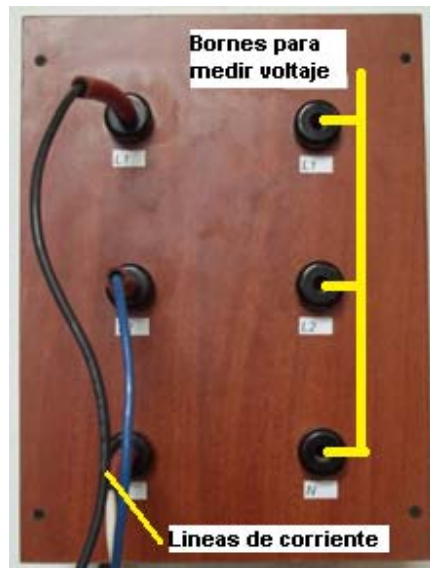


Fuente: Autores.

**4.4.2 Tablero de consumo de potencia.** Los bombillos afectados son: 2 bombillos de 1000W, uno de 500W, 60W, 200W, 150W y 100W. Los cuales fueron reemplazados.

**4.4.3 Tablero de medición de voltajes y corrientes.** Este tablero se construyó de madera, con este tablero los estudiantes puedan medir voltajes y corrientes durante la práctica, se muestra en la figura 54.

Figura 54. Tablero para medir voltaje y corriente.



Fuente: Autores.

## **5. DESARROLLO DE LAS GUÍAS PARA LAS PRÁCTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO.**

Para la implementación y desarrollo de las 4 guías de las prácticas experimentales del banco de pruebas del grupo electrógeno del LMTA, se plantea una metodología que se describe a continuación.

### **5.1 ÍTEMS PARA EL DESARROLLO DE LAS GUÍAS.**

A partir de los siguientes ítems se desea que el estudiante aplique esta metodología para el desarrollo de las prácticas del laboratorio.

**5.1.1 Objetivos de la práctica.** Se deben enumerar las metas a la cuales se quiere llegar con la realización de la practica.

**5.1.2 Materiales y equipos.** Se deben enumerar todos los equipos Necesarios para la realización de la práctica.

**5.1.3 Marco teórico.** Se debe hacer un resumen de la teoría consultada disponible en el aula virtual, en la biblioteca central de la UIS y en el centro de estudio de I.M. El texto deberá tener una redacción clara y concisa.

**5.1.4 Procedimiento.** Se debe enumerar y especificar, lo más detalladamente posible, cada uno de los pasos necesarios para la realización de la práctica.

**5.1.5 Tabla de datos.** Deben listarse los datos directamente obtenidos, así como los obtenidos por promedios, incertidumbres y demás parámetros de interés. Si es el caso debe especificarse las ecuaciones y fórmulas utilizadas. Si es posible presente los datos en forma gráfica.

**5.1.6 Conclusiones.** Se debe concluir sobre el desarrollo de la práctica, los resultados obtenidos y el análisis de los mismos.

**5.1.7 Bibliografía.** Deben citarse los documentos que han sido utilizados para profundización de la práctica.

## **5.2 DESARROLLO DE LA GUÍA 1 PARA LA IDENTIFICACIÓN Y OPERACIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO.**

Con esta práctica se pretende que los estudiantes conozcan los conceptos básicos para la operación de grupos electrógenos, reconociendo al M.C.I y al generador de corriente alterna como un sistema de generación de energía eléctrica.

### **5.2.1 Objetivos de la práctica:**

- Identificar las partes principales de cada sistema que compone el grupo electrógeno.
- Conocer el funcionamiento y conversión de la energía química, térmica y mecánica en eléctrica.
- Aplicar los conceptos fundamentales que rigen el funcionamiento de los grupos electrógenos.

### **5.2.2 Los materiales y equipos utilizados son:**

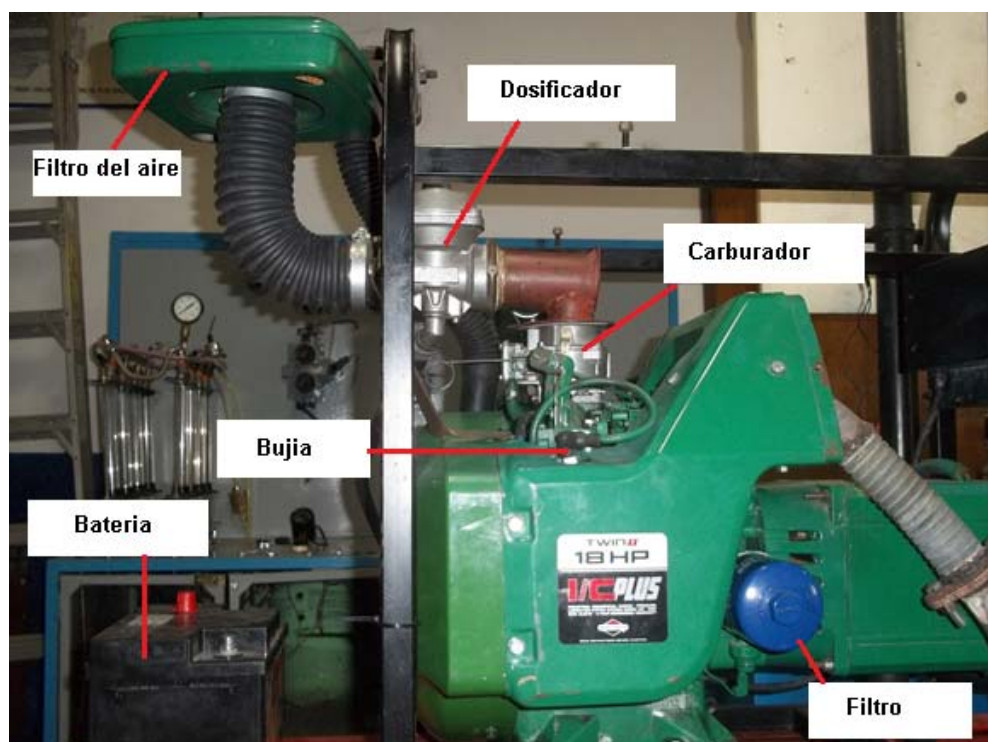
- Banco de pruebas del Grupo electrógeno.
- Pinza voltiamperimétrica.
- Guantes.
- Gafas de protección.
- Protectores auditivos.
- Botas de seguridad.
- Vestuario adecuado al laboratorio.

**5.2.3 Marco teórico.** Para el marco teórico se definen conceptos básicos de los grupos electrógenos, los generadores de corriente alterna, los Motores de combustión interna (M.C.I) de ignición por chispa (ICH), el dimensionamiento de un grupo electrógeno, la potencia , el factor de potencia y los requisitos de carga.

**5.2.4 Procedimiento.** Se deben desarrollar los siguientes pasos:

1. Identificar las partes principales del M.C.I del grupo electrógeno del LMTA, que se muestra en la figura 55.

Figura 55. Partes principales del motor.



Fuente: Autores.

2. Identificar las partes del tablero del generador, que se muestra en la figura 55.

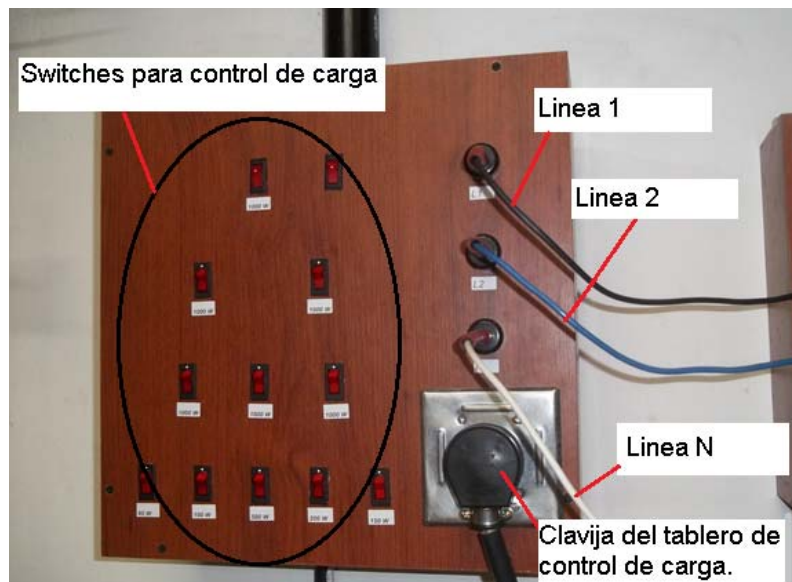
Figura 56. Tablero del generador.



Fuente: Autores.

3. Reconocer las partes principales de los tableros de control y de medición, como se muestra en la figura 57 y 58.

Figura 57. Tablero de control de carga.



Fuente: Autores.

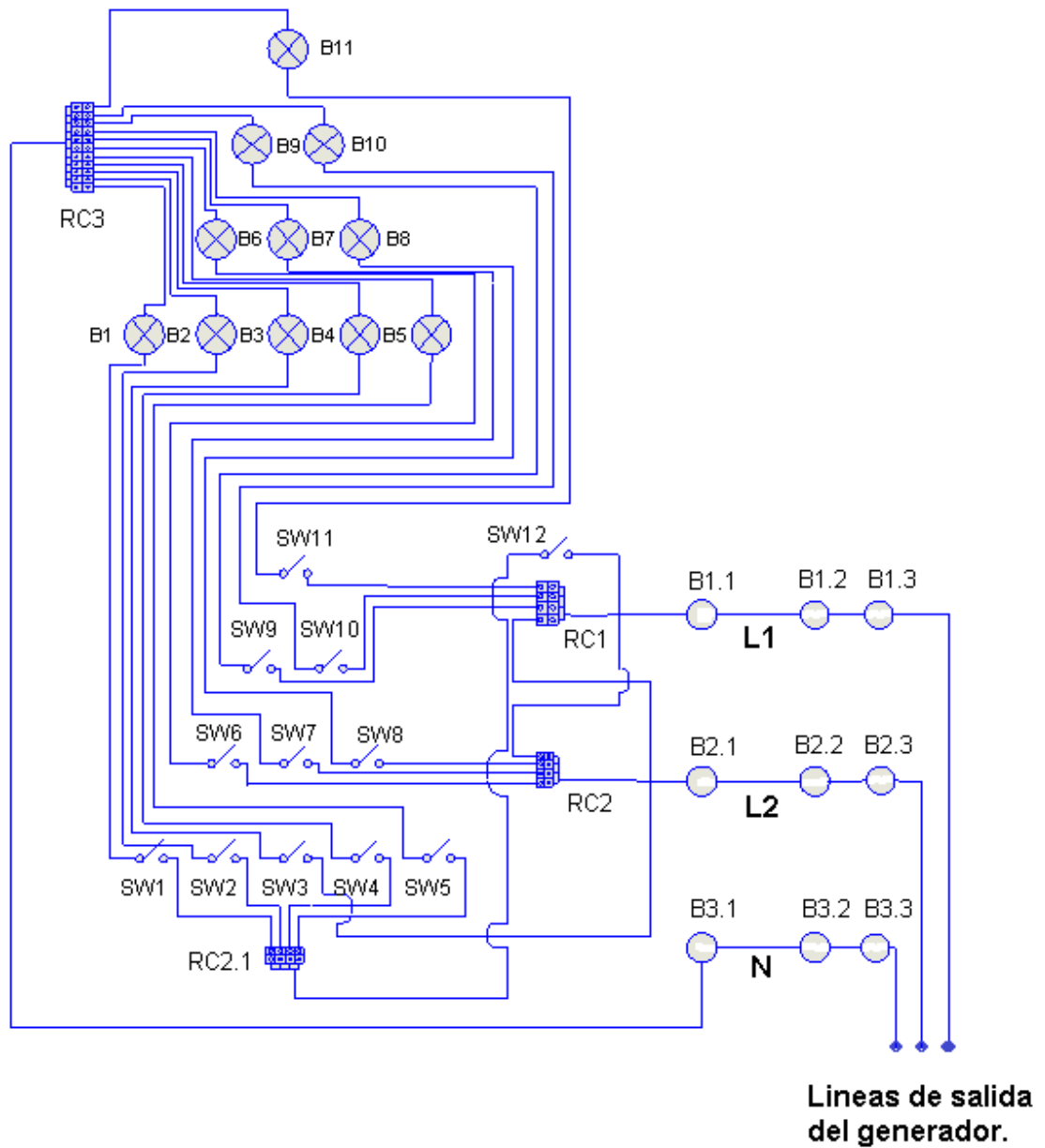
Figura 58. Tablero de medición.



Fuente: Autores.

4. Analice el circuito eléctrico para la disipación de energía, para el control de carga y la medición de la potencia generada, que se muestra en la figura 59, y la descripción de la nomenclatura en la tabla 9.

Figura 59. Circuito eléctrico de la instalación.



Fuente: Autores.

Tabla 9. Descripción de la nomenclatura del circuito.

|  |   |
|--|---|
| <b>B1.3, B2.3, B3.3</b>                                      | Bornes del tablero de medición utilizados para medir el voltaje entre líneas.   |
| <b>B1.1 a B1.2.<br/>B2.1 a B2.2.<br/>B3.1 a B3.2.</b>        | Bornes que unen el tablero de medición y control, por medio de un cable intermedio por el cual se mide la corriente en las líneas.                              |
| <b>SW1, SW2, SW4,<br/>SW5, SW6, SW7,<br/>SW8</b>             | Switches que permiten circular la corriente de L2. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 60W, 100W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W. |
| <b>SW3, SW9, SW10,<br/>SW11</b>                              | Switches que permiten la corriente de L1. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 500W, 1000W, 1000W, 1000W.                           |
| <b>SW12</b>  | Permite que la corriente de L2 alimente los switches; SW1, SW2, SW4, SW5.   |
| <b>RC1</b>   | Regleta común, para distribuir la corriente de L1.  |
| <b>RC2 y RC2.1</b>   | Regletas comunes, para distribuir la corriente de L2.   |
| <b>RC3</b>   | Regleta común para la línea N.  |
| <b>B1, B2, B3, B4,<br/>B5, B6, B7, B8,<br/>B9, B10, B11.</b> | Bombillas de consumo con valores en su orden de; 60W, 100W, 500W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W  |

5. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control, como se muestra en la figura 60.

Figura 60. Líneas de corriente y clavija del tablero de control.



Fuente: Autores.

6. Revise la conexión de los cables de energía:

- Conecte correctamente la batería como se muestra en la figura 61, utilice una llave para apretar los bornes en la batería.

Figura 61. Conectar la batería.



Fuente: Autores.

- Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador, como se muestra en la figura 62.

Figura 62. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.



Fuente: Autores.

7. Verifique el nivel de aceite del motor como se muestra en la figura 63.

Figura 63. Verificación del Nivel de aceite.



Fuente: Autores.

El nivel de aceite debe estar entre los límites ADD y FULL, si esta por debajo de ADD se debe agregar la cantidad necesaria y si excede el límite de FULL debe sacarse la cantidad requerida.

8. Si va ha trabajar con gasolina, revise el nivel del tanque y abra la llave de paso (figura 64) verificando que no halla fugas.

Figura 64. Llave de paso de gasolina asía el carburador.



Fuente: Autores.

9. Si va ha trabajar con gas, cierre la llave de paso de gasolina, luego abra las dos válvulas manuales de paso y active la electroválvula conectándola al regulador de voltaje a 7V.

Figura 65. Conexión del regulador de gas.



Fuente: Autores.

10. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario, como se muestra en la figura 66.

Figura 66. Switch del encendido del motor.

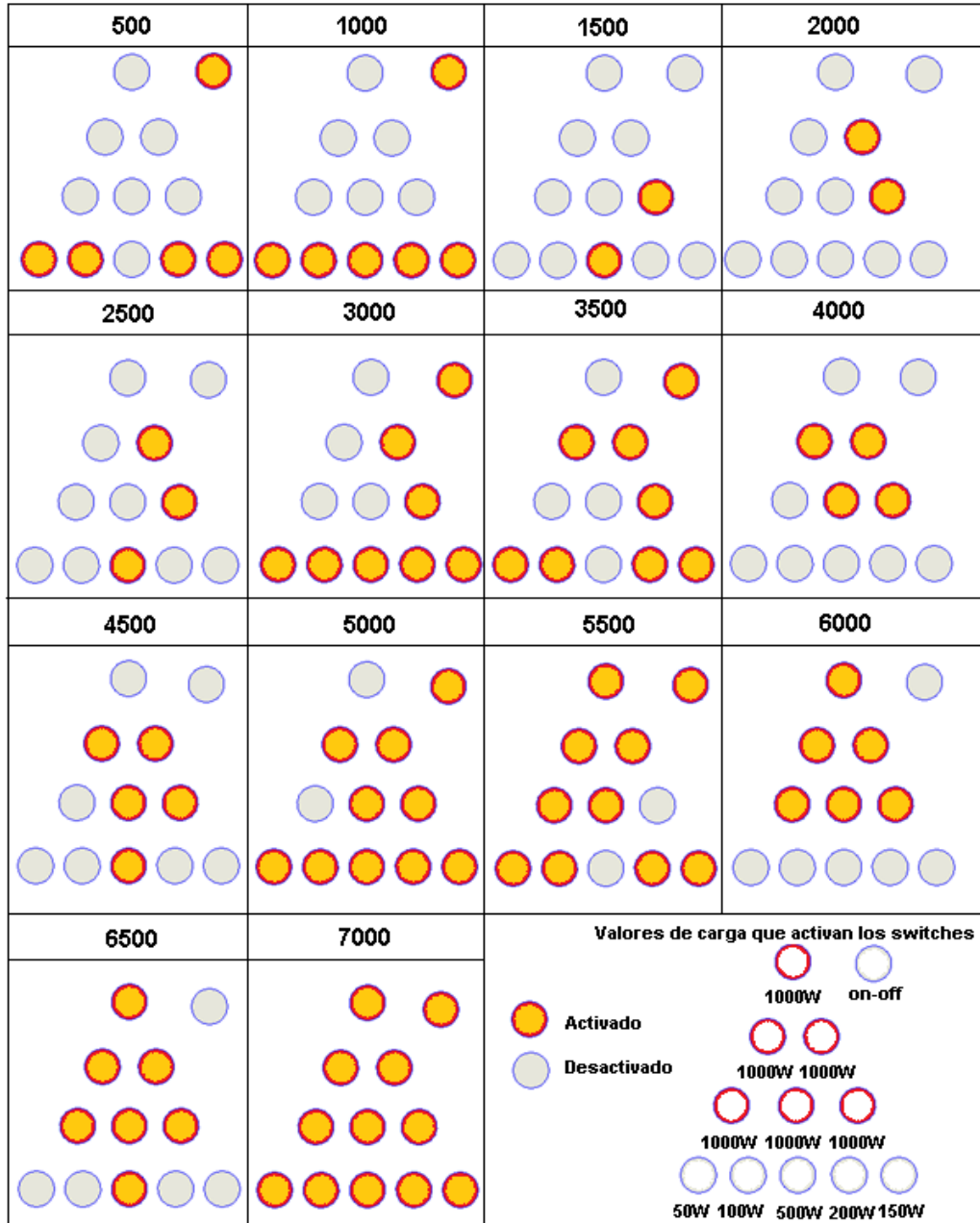


Fuente: Autores.

Deje trabajar en vacío el grupo electrógeno por 5 minutos para que el motor entre en régimen de operación estable.

11. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga, como se muestra en la figura 67.

Figura 67. Orden de encendido de las bombillas.



Fuente: Autores.

La guía con su debido formato, para la identificación y operación del grupo electrógeno se encuentra en el Anexo A y la plantilla que deben desarrollar los estudiantes en el anexo B.

### **5.3 DESARROLLO DE LAS GUÍAS 2 Y 3 PARA LA GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA POR MEDIO DEL GRUPO ELECTRÓGENO UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE LA GASOLINA Y EL GAS NATURAL.**

El propósito de la práctica experimental es generar energía eléctrica a partir de la operación de un grupo electrógeno del LMTA utilizando como combustible la gasolina y el gas natural. Se analizará la potencia eléctrica generada por el grupo electrógeno, la potencia efectiva del motor, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.

#### **5.3.1 Objetivos de la práctica:**

- Medir corrientes y voltajes generados.
- Calcular la potencia eléctrica generada por el grupo electrógeno.
- Calcular la potencia del M.C.I.
- Medir el consumo horario y específico de combustible del M.C.I
- Hallar la eficiencia total del grupo electrógeno a partir de la potencia generada y el consumo horario de combustible.
- Comparar los valores nominales y generados de potencia.
- Hallar el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.
- Graficar los resultados, y hacer el análisis correspondiente.

#### **5.3.2 Materiales y equipos utilizados**

- Banco de pruebas del Grupo electrógeno.
- Cronometro.
- Pinza voltiamperimétrica.

- Guantes.
- Gafas de protección.
- Protectores auditivos.
- Botas de seguridad.
- Vestuario adecuado al laboratorio.

**5.3.3 Marco teórico.** El marco teórico se define conceptos básicos sobre la potencia eléctrica, la potencia efectiva del motor, la potencia efectiva estándar del motor, el consumo horario de combustible, el consumo específico de combustible y eficiencia total del grupo electrógeno.

#### **5.3.4 Procedimiento.**

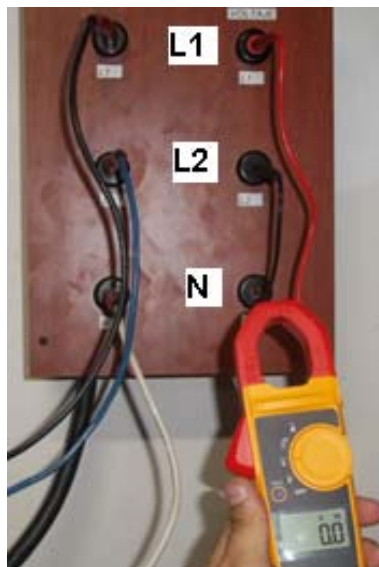
1. Medir la temperatura ambiente y humedad relativa del sitio por medio del centro meteorológico del laboratorio de sistemas térmicos.
2. Para operar el grupo electrógeno siga los pasos que se describieron en la practica 1.
3. Mida y registre los valores de corriente que pasa a través de las líneas L1-L2 y de voltaje entre las líneas L1-N, L2-N y L1-L2 para cada valor de carga, como se muestran en la figura 68 y 69.

Figura 68. Medir corriente de las líneas L1 (cable negro) y L2 (cable azul).



Fuente: Autores.

Figura 69. Medir voltaje entre líneas.



Fuente: Autores.

4. Luego calcule y registre los valores de potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor.
5. Mida el consumo horario de combustible para cada valor de carga impuesta:

- Si es gasolina tenga presente el nivel de gasolina inicial, cada espacio entre líneas en la regla representa 0,1 litros.

Figura 70. Regla para medir el consumo.



Fuente: Autores.

- Si es gas natural tenga presente la medida inicial, el contador mide en metros cúbicos. Como se muestra en la figura 71.

Figura 71. Medidor de flujo volumétrico.



Fuente: Autores.

6. Luego calcule y registre el consumo específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación.

El desarrollo de las guías de la práctica de generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible la gasolina y el gas natural se encuentra en el Anexo A y la plantilla que deben desarrollar los estudiantes en el anexo B.

#### **5.4 DESARROLLO DE LA GUÍA 4 PARA LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS ENTRE EL GAS NATURAL Y LA GASOLINA, EN LA OPERACIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO DEL LMTA.**

**5.4.1 Objetivo de la práctica.** Comparar los valores obtenidos del Voltaje total, de la corriente total, del consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo, la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva medida y estándar del motor, y el costo por hora de operación. Cada variable en función de la carga.

**5.4.2 Fuente de información.** La información necesaria se obtiene de las prácticas de generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible la gasolina y el gas natural.

**5.4.3 Procedimiento** En el procedimiento los estudiantes deben:  
Graficar y realizar el análisis comparativo operando el motor con gasolina y el gas natural a cada una de las siguientes Variables:

- Voltaje total y corriente total generada.
- consumo horario y específico de combustible.
- Eficiencia total del grupo, la potencia eléctrica generada, y la potencia efectiva medida y estándar del motor.
- Costo por hora de operación.

El desarrollo de la guía para la comparación de los resultados entre el gas natural y la gasolina, en la operación del grupo electrógeno del LMTA, se encuentra en el Anexo A y la plantilla que deben desarrollar los estudiantes en el anexo B.

## Conclusiones

1. Se describió cada sistema que compone el banco del grupo electrógeno, con el fin de identificar y reconocer la función que cumple cada uno de ellos tales como: Motor *Briggs Stratton*, Generador *Powermate 7000 W*, sistemas de medición y suministro de combustibles, así como los sistemas para control de carga, consumo de potencia y medición de corriente y voltaje, con el propósito que los estudiantes los puedan identificar en situaciones de su vida profesional.
2. Se realizó el diagnóstico, mantenimiento y puesta en marcha del grupo electrógeno, para que los estudiantes puedan realizar las prácticas propuestas en este proyecto de grado.
3. Se diseñaron e implementaron la guía para 4 prácticas experimentales que serán realizadas con el grupo electrógeno que son:
  - La identificación y operación del grupo electrógeno.
  - Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible la gasolina.
  - Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible el gas natural.
  - Comparación de resultados para la generación de potencia eléctrica con grupo electrógeno utilizando como combustibles la gasolina y el gas natural.
4. Se desarrollaron los respectivos protocolos para que los estudiantes bajo un procedimiento práctico y analítico puedan desarrollar las diferentes prácticas basadas en las guías propuestas.
5. Con el desarrollo de las 4 prácticas el estudiante tendrá un conocimiento más amplio sobre la generación de potencia eléctrica por medio de grupos

electrógenos a partir de fuentes de energía como el gas natural y la gasolina, que son de gran importancia en la formación de futuros Ingenieros Mecánicos.

## **Recomendaciones y Tiempos Futuros.**

### **Al auxiliar del laboratorio.**

Facilitar a los estudiantes el contacto con el grupo electrógeno y los elementos de medición (pinza voltiamperimétrica, cronómetro y guías de la práctica). En horas diferentes a las programadas con el fin de que tenga una visión global y durante las prácticas afiance de una manera más práctica los conceptos.

### **Al auxiliar del laboratorio.**

Hacer cumplir las normas de seguridad que sean necesarias para mantener a salvo la integridad física de los estudiantes.

### **Al director de escuela.**



- Impulsar el desarrollo de proyectos que utilicen nuevas fuentes de energía como es el hidrógeno y los biocombustibles.
- La automatización de las pruebas del grupo electrógeno.
- Implementar más prácticas.

## **Bibliografía**

- MORA, Jesús fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. p. 425-508.
- CARDENAS, Humberto. Utilización del Biogás como Combustible para Motores de Combustión Interna. Bucaramanga: Ed. UIS, 1994. 57 p.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones., México: Ed. Continental, 1976. p. 20-42.
- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc., 1996. p. 31-33, 84-91.
- CORZO, Edilberto y LANDINEZ Oscar I. BANCO DE PRUEBAS PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS FASE II. Bucaramanga: Ed. UIS, 1995. 296 p.
- CARRERO, Rafael y SOTOMONTE, Hermes. Estudio, Actualización y Organización de Prácticas en Motores de Combustión Interna para el Laboratorio de máquinas Térmica Alternativas de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga: Ed. UIS, 2011.
- HEYWOOD. Jonh B. Internal Combustion Engine Fundamentals. EE.UU: Mc Graw-Hill, 1988. p. 51-55.

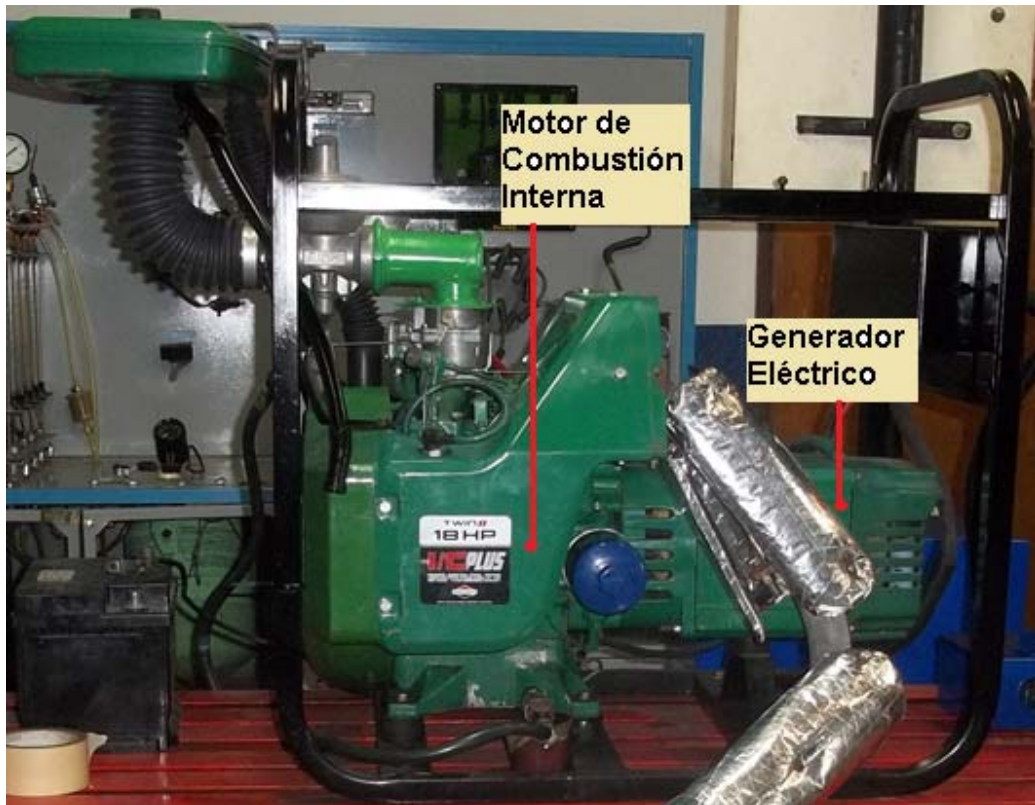
## ANEXOS

### Anexo A. Guía de las prácticas experimentales del grupo electrógeno.

|   |  |  |
|---|--|--|
|  <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIO<br/>MAQUINAS TERMICAS ALTERNATIVAS</b></p>  | <p><b>BANCO DE PRUEBAS DEL<br/>GRUPO ELECTRÓGENO</b></p> |  <p style="text-align: center;"><b>Universidad<br/>Industrial de<br/>Santander</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CONSTRUIMOS FUTURO</b></p> |
| <p><b>Práctica N°1</b> Identificación y operación del grupo electrógeno.</p>  |  | <p>Tiempo:<br/>1 hora.</p>   |
| <p><b>Director:</b> Jorge Luis Chacón Velasco.</p>  | <p><b>Auxiliar:</b></p>                                  | <p><b>Fecha:</b></p>   |
| <p><b>Nombre:</b></p>   | <p><b>Código:</b></p>                                    | <p><b>Calificación:</b></p>  |
| <b>Objetivos de la práctica</b>   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar las partes principales de cada sistema que compone el grupo electrógeno.</li> <li>Conocer el funcionamiento y conversión de la energía química, térmica y mecánica en eléctrica.</li> <li>Aplicar los conceptos fundamentales que rigen el funcionamiento de los grupos electrógenos.</li> <li>Operar el grupo electrógeno con el propósito que los estudiantes observen su generación.</li> </ul> |  |  |
| <b>Materiales y equipos</b>   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Banco del grupo electrógeno.</li> </ul>  |  |  |
| <b>Marco teórico</b>  |  |  |
| <p><b>1. Grupo electrógeno</b></p> <p>Es una máquina que mueve un generador eléctrico o máquina síncrona a través de un motor de combustión interna que puede ser de ignición por chispa o por</p>  |  |  |

compresión, en la figura 1 se muestra el grupo electrógeno de LMTA.

Figura 1. Grupo electrógeno del LMTA.

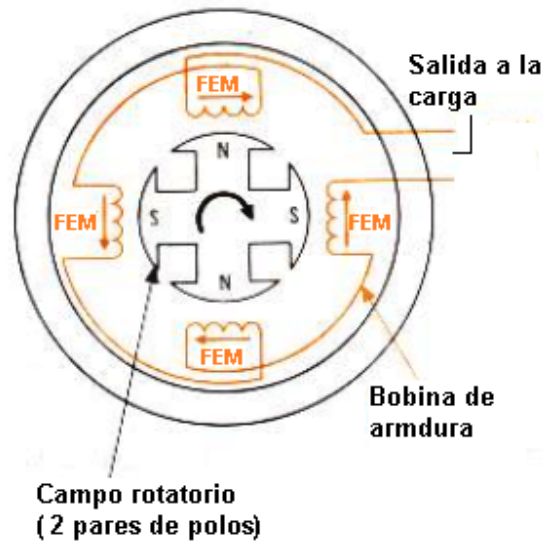


Fuente: Autores.

## 2. Generador de corriente alterna.

Para estos generadores la armadura estacionaria consta de numerosas bobinas, cada una con más de una espira. Las bobinas están devanadas de manera que cada uno de los voltajes en las espiras de cualquier bobina se suma para producir el voltaje total de la bobina, en la figura 2 se muestra el esquema de un generador monofásico que corresponde al generador del grupo electrógeno del LMTA.

Figura 2. Generador monofásico.



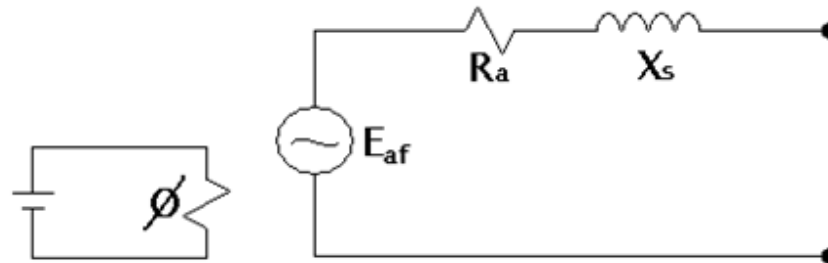
Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc69.php>

Como se muestra en la figura anterior, si todas las bobinas se conectan en serie aditiva el generador tiene una salida única. La salida es sinusoidal y en cualquier instante es igual en amplitud a la suma de voltajes inducidos en cada una de las bobinas, un generador de esta forma es un generador monofásico o de una sola fase.

Se debe tener claro que el devanado de campo es un electroimán y por lo tanto, necesita corriente para producir su campo magnético, el voltaje aplicado al devanado de campo es de corriente continua CC.

El circuito monofásico equivalente de un Generador Síncrono viene representado en la siguiente figura:

Figura 3. Circuito equivalente de un generador monofásico.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos82/generadores.sincronos/generadores-s-sincronos2.shtml>.

La definición de las variables son:

$E_{af}$  es la tensión inducida, producido gracias al flujo que se genera al circular la corriente de campo por su respectivo circuito.

$R_a$  es la resistencia de armadura.

$X_s$  es la reactancia síncrona.

### 3. Motor de combustión interna de ignición por chispa.

La gran mayoría de Motores de Combustión Interna (MCI) manejan el principio del émbolo reciprocante en donde el émbolo se desliza hacia adelante y atrás dentro de un cilindro, transmitiendo fuerza a una flecha motriz mediante un simple mecanismo biela y manivela. En 1862, Beau de Rochas propuso la secuencia de funcionamiento para el motor de émbolo reciprocante.

- **Carrera de admisión.**

Una carrera de admisión para introducir una mezcla de aire combustible dentro del cilindro del motor, donde la válvula de admisión permanece abierta y la válvula de escape permanece cerrada durante la mayor parte de la carrera.

- **Carrera de compresión.**

Una carrera de compresión para elevar la temperatura de la mezcla, para lo cual las dos válvulas deben permanecer cerradas.

- **Carrera de expansión.**

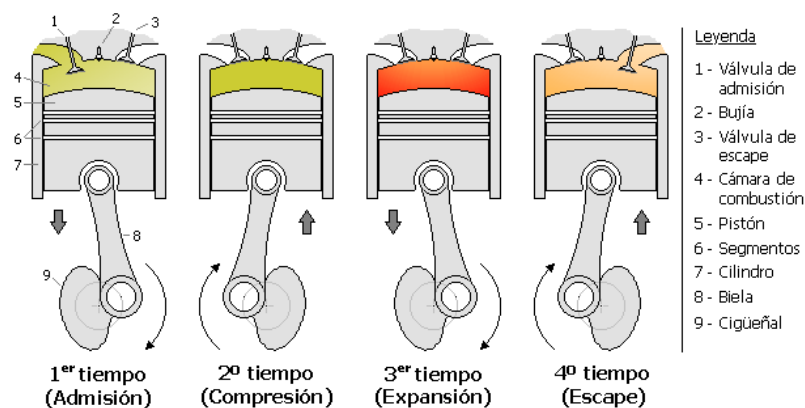
Carrera de potencia o de trabajo cuando ocurre la chispa y el encendido consecuente de la mezcla aire combustible liberando energía que aumenta la temperatura y la presión de los gases descendiendo el émbolo en la carrera de expansión, con las dos válvulas cerradas.

- **Carrera de escape.**

Para barrer el cilindro y expulsar los gases quemados, la válvula de escape debe estar abierta.

En 1876 el ingeniero alemán Otto aprovechando el principio de Beau de Rochas construyó un motor de ciclo de trabajo de 4 carreras, a lo cual se le denominó ciclo Otto como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Ciclo Otto.



Fuente: <http://motoresymáquinas.blogspot.com/p/motores-termicos.html>

#### **4. Dimensiones del Grupo Electrónico.**

Las capacidades del motor y del generador se consideran tanto de forma individual como colectiva al seleccionar grupos electrónicos. Los motores producen potencia (HP o kilovatios) a la vez que controlan la velocidad o la frecuencia. Los generadores influyen en el comportamiento del motor, pero principalmente son responsables de convertir la energía del motor en kilovoltios amperios ( $kV * A$ ). También deben satisfacer las altas absorciones de corriente de magnetización ( $kVAR$ ) de los equipos eléctricos.

El diseño inicial del sistema de energía considera la potencia necesaria del grupo electrónico en kilovatios ( $kW$ ). Esto resume todas las cargas conectadas al generador.

#### **5. Potencia y factor de potencia.**

La potencia de los circuitos de CA (corriente alterna) viene determinada de forma muy parecida a de los circuitos de CC (corriente continua) siempre y cuando la corriente y el voltaje estén en fase. Para cargas puramente resistivas, la potencia en vatios se calcula multiplicando el voltaje eficaz por la intensidad eficaz en amperios. Cuando hay presentes elementos inductores o capacitivos en la carga, el producto del voltaje por la intensidad deja dar una indicación real de la potencia consumida en la realidad. En dichos casos, se debe aplicar un factor de corrección, conocido como el factor de potencia de la carga.

$$\text{factor de potencia} = \frac{\text{potencia real (vatios)}}{\text{potencia aparente}(V * A)} \quad (1).$$

En términos matemáticos, el factor de potencia es igual al coseno del ángulo de adelanto o del retraso del voltaje.

$$\text{factor de potencia} = \cos\gamma \quad (2).$$

## 6. Requisitos de carga en kW y kW\*A.

Al seleccionar el grupo electrógeno del tamaño correcto para una carga dada, los requisitos de carga en  $kV \cdot A$  son el factor mas importante. El grupo electrógeno debe tener una capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado en cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. La práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a un 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales.

## 7. Generador en función del tamaño del motor.

Normalmente los grupos electrógenos se suministran con un generador que corresponda a la capacidad del motor. No obstante, en casos en que los factores de potencia sean bajos, tal vez resulte ventajoso seleccionar un generador de sobre medida en vez de especificar el grupo electrógeno inmediatamente mayor. Como la potencia de salida del motor esta relacionada con los  $kW$  y no necesariamente con los  $kV \cdot A$  para una potencia dada del motor, un generador de sobre medida suministrará esencialmente la misma potencia en  $kW$  que un generador normal, pero podrá tolerar un mayor valor de  $kV \cdot A$  reactivos debido a su mayor capacidad de transporte de corriente. Los rendimientos del motor y del generador están relacionados por las siguientes formulas:

$$Ne = fp * Pg \quad (3).$$

$$Pem = \frac{Ne}{\eta_g} \quad (4).$$

$P_g$  es la Potencia del generador en  $kV \cdot A$ .

$fp$  es el factor de Potencia de la carga conectada.

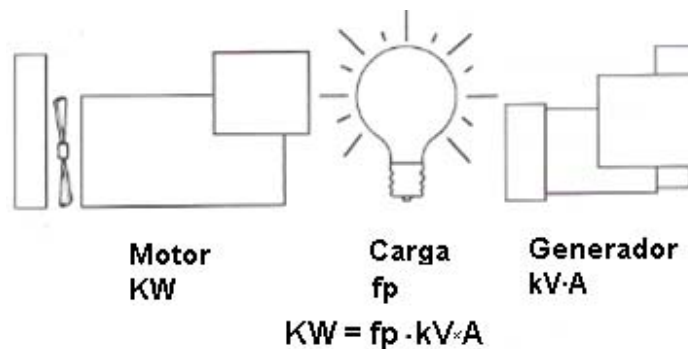
$Ne$  es la potencia eléctrica.

$P_{em}$  es la potencia efectiva del motor.

$\eta_g$  es la eficiencia del generador.

En la figura 5 se representa la ecuación de potencia eléctrica.

Figura 5. Representación ilustrada de la potencia eléctrica.



Fuente: guía de aplicación e instalación de grupos electrógenos.

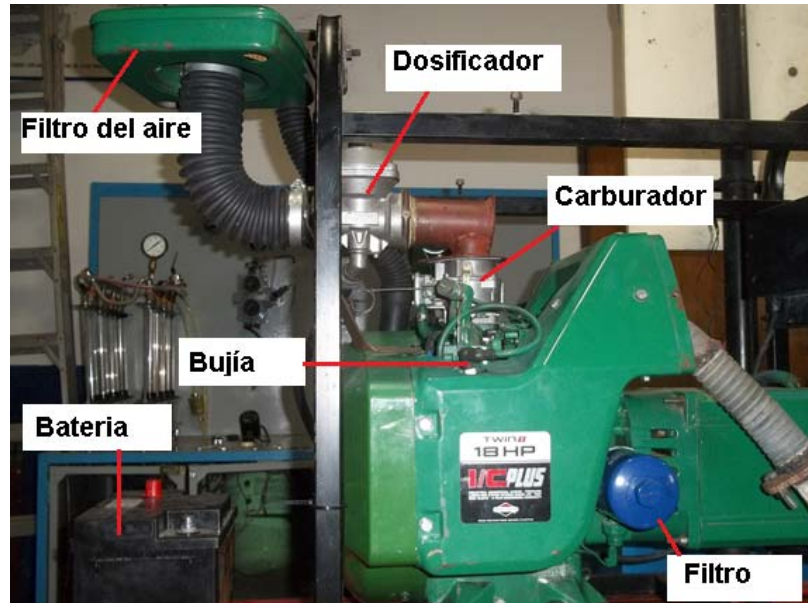
## 8. Tamaño y selección del motor.

El tamaño de los motores depende la potencia real en kW necesaria para satisfacer las necesidades de la instalación. El generador, por otra parte, debe tener la capacidad para la máxima potencia aparente medida en  $kV \cdot A$ . existen varias formas de identificar la potencia real. Se puede calcular sumando los valores nominales de las placas de identificación de los equipos que vayan a ser impulsados por el generador. Si se hace esto, también se debe sumar las eficiencias de los equipos. La potencia real puede determinarse realizando un análisis de carga en la instalación. Esto comprende la realización de una encuesta de requisitos de potencia durante el periodo.

## Procedimiento

1. Identificar las partes principales del M.C.I del grupo electrógeno del LMTA, que se muestra en la figura 1.

Figura 1. Partes principales del motor.



2. Identificar las partes del tablero del generador, que se muestra en la figura 2.

Figura 2. Tablero del generador.



3. Reconocer las partes principales de los tableros de control y de medición, como se muestra en la figura 3 y 4.

Figura 3. Tablero de control de carga.

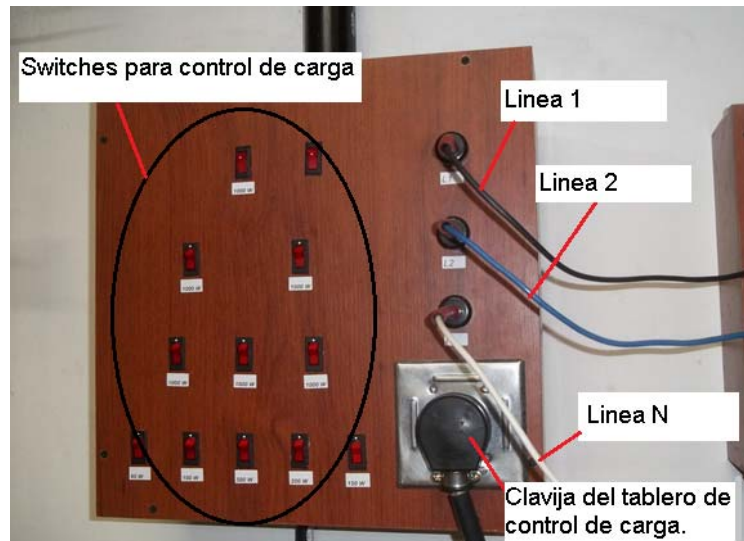


Figura 4. Tablero de medición.



4. Analice el circuito eléctrico para la disipación de energía, para el control de carga y la medición de la potencia generada, que se muestra en la figura 5, y la descripción de la nomenclatura en la tabla 1.

Figura 5. Circuito eléctrico de la instalación.

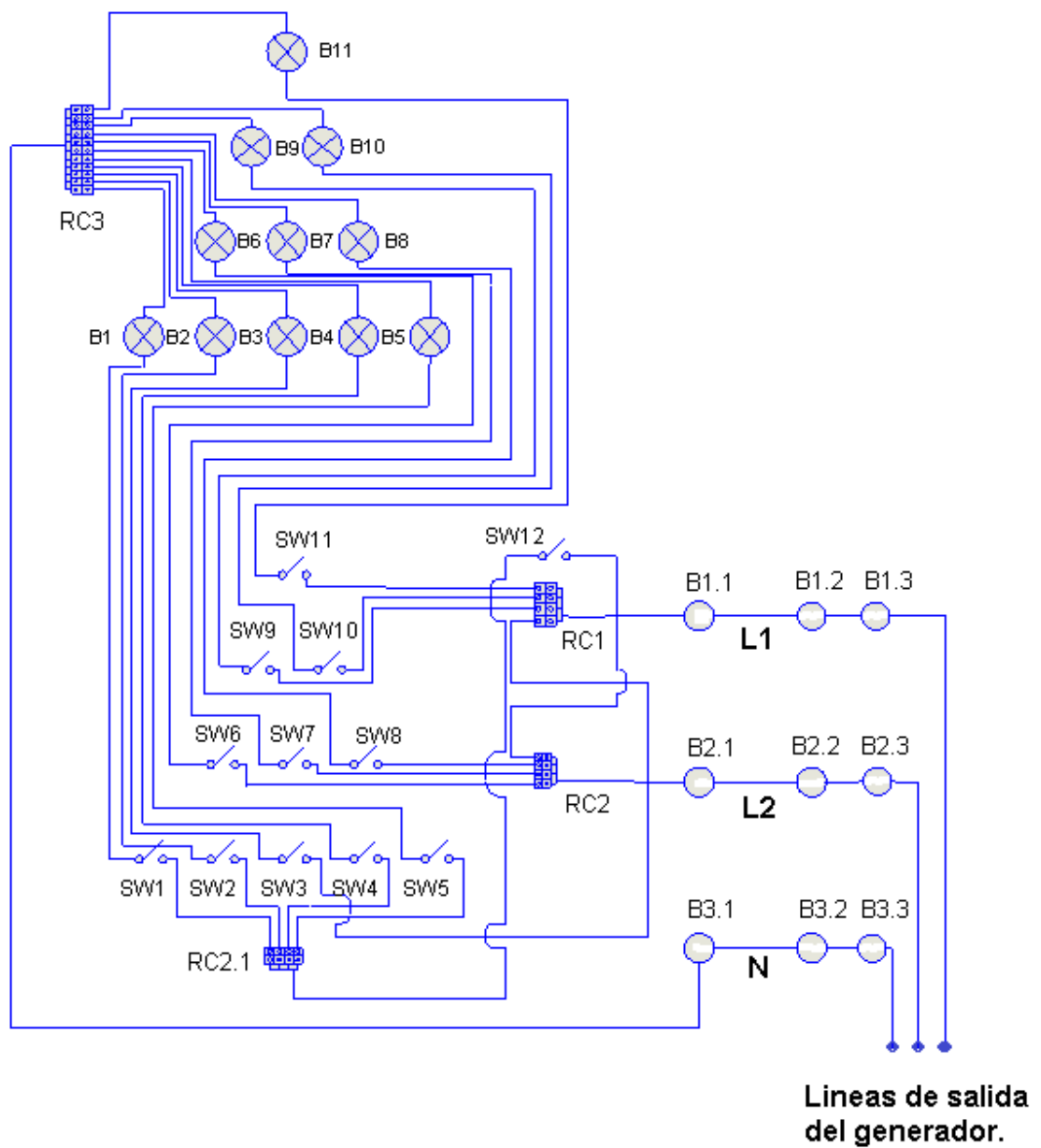


Tabla 1. Descripción de la nomenclatura del circuito.

|  |   |
|--|---|
| <b>B1.3, B2.3, B3.3</b>                                      | Bornes del tablero de medición utilizados para medir el voltaje entre líneas.   |
| <b>B1.1 a B1.2.<br/>B2.1 a B2.2.<br/>B3.1 a B3.2.</b>        | Bornes que unen el tablero de medición y control, por medio de un cable intermedio por el cual se mide la corriente en las líneas.                              |
| <b>SW1, SW2, SW4,<br/>SW5, SW6, SW7,<br/>SW8</b>             | Switches que permiten circular la corriente de L2. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 60W, 100W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W. |
| <b>SW3, SW9,<br/>SW10, SW11</b>                              | Switches que permiten la corriente de L1. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 500W, 1000W, 1000W, 1000W.                           |
| <b>SW12</b>  | Permite que la corriente de L2 alimente los switches; SW1, SW2, SW4, SW5.   |
| <b>RC1</b>   | Regleta común, para distribuir la corriente de L1.  |
| <b>RC2 y RC2.1</b>   | Regletas comunes, para distribuir la corriente de L2.   |
| <b>RC3</b>   | Regleta común para la línea N.  |
| <b>B1, B2, B3, B4,<br/>B5, B6, B7, B8,<br/>B9, B10, B11.</b> | Bombillas de consumo con valores en su orden de; 60W, 100W, 500W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W  |

5. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Líneas de corriente y clavija del tablero de control.



6. Revise la conexión de los cables de energía:

- Conecte correctamente la batería como se muestra en la figura 7, utilice una llave para apretar los bornes en la batería.

Figura 7. Conectar la batería.



- Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador, como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.



7. Verifique el nivel de aceite del motor como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Verificación del Nivel de aceite.



Fuente: Autores.

El nivel de aceite debe estar entre los límites ADD y FULL, si esta por debajo de ADD se debe agregar la cantidad necesaria y si excede el límite de FULL debe sacarse la cantidad requerida.

8. Si va a trabajar con gasolina, revise el nivel del tanque y abra la llave de paso

(figura 10) verificando que no halla fugas.

Figura 10. Llave de paso de combustible.



9. Si va ha trabajar con gas, cierre la llave de paso de gasolina, luego abra las dos válvulas manuales de paso y active la electroválvula conectándola al regulador de voltaje a 7V.

Figura 11. Conexión del regulador de gas.



10. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario, como se

muestra en la figura 12.

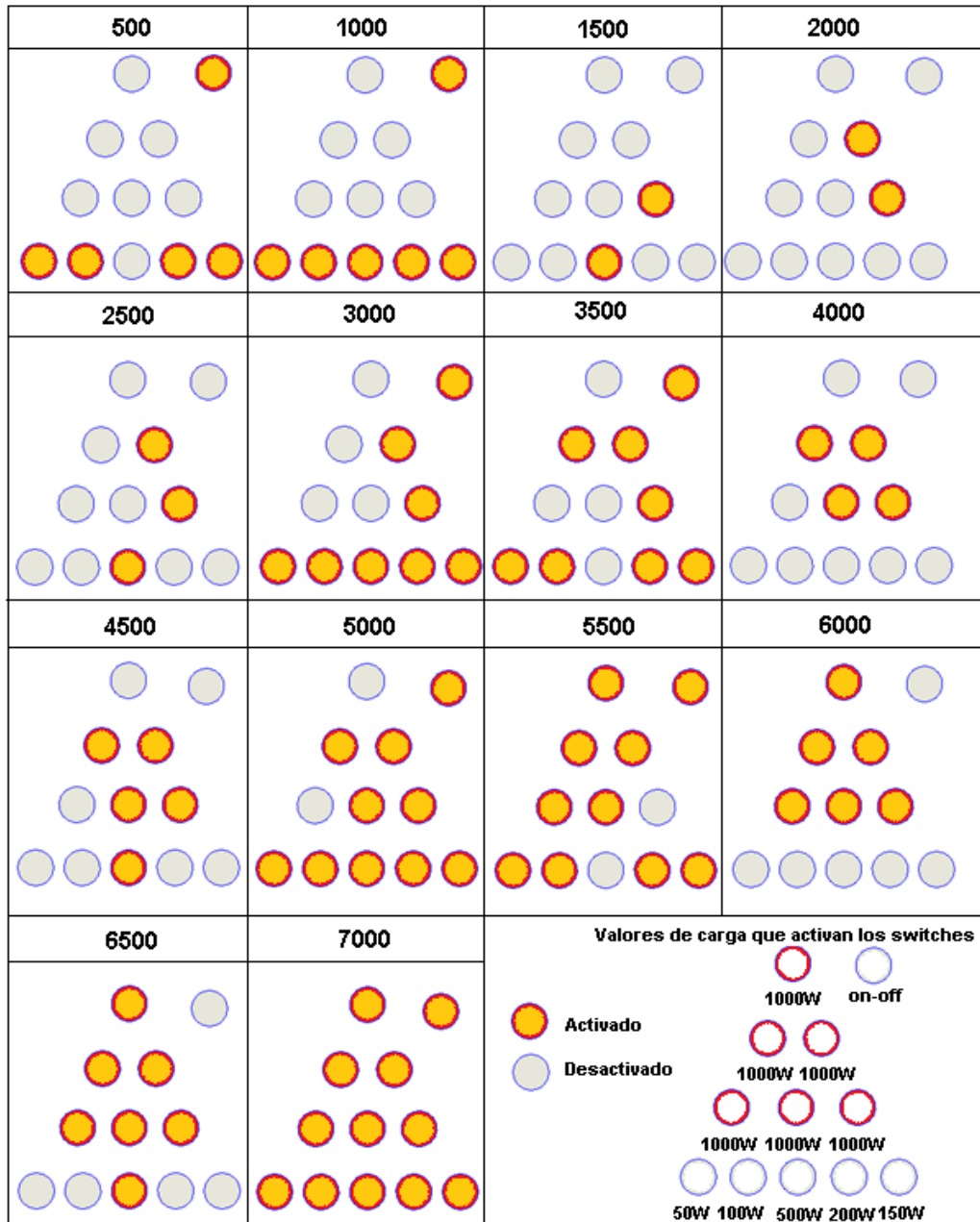
Figura 12. Switch del encendido del motor.



Deje trabajar en vacío el grupo electrógeno por 5 minutos para que el motor entre en régimen de operación estable.

11. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga, como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Orden de encendido de las bombillas.



Observe y discuta la operación del grupo electrógeno.

### **Conclusiones**

- Se reconocieron las partes principales del motor, el tablero del generador y los tableros de control y medición.
- Se Planteo y discutió la teoría básica de los grupos electrógenos tal como; dimensionamiento del grupo electrógeno, potencia, factor de potencia, carga, selección del motor y generador en función del motor.
- Se dieron las pautas necesarias para encender el motor y controlar la carga.

### **Bibliografía**

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.



**BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO**



|   |                  |                      |
|---|------------------|----------------------|
| <b>Práctica N° 2</b> Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible la gasolina.  |                  | Tiempo: 2 hora.      |
| <b>Director:</b> Jorge Luis Chacón Velasco  | <b>Auxiliar:</b> | <b>Fecha:</b>        |
| <b>Nombre:</b>  | <b>Código:</b>   | <b>Calificación:</b> |
| <b>Objetivos de la práctica</b>   |                  |                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir corrientes y voltajes generados.</li> <li>• Calcular la potencia generada por el grupo electrógeno.</li> <li>• Calcular la potencia del M.C.I.</li> <li>• Medir el consumo horario y específico de combustible del M.C.I del grupo electrógeno.</li> <li>• Hallar la eficiencia total del grupo electrógeno a partir de la potencia generada y el consumo de combustible.</li> <li>• Comparar los valores nominales y generados de potencia.</li> <li>• Hallar el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.</li> <li>• Graficar los resultados, y hacer el análisis correspondiente.</li> </ul> |                  |                      |
| <b>Materiales y equipos</b>   |                  |                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de pruebas del Grupo electrógeno.</li> <li>• Cronometro.</li> <li>• Pinza voltiamperimétrica.</li> <li>• Guantes.</li> <li>• Gafas de protección.</li> <li>• Protectores auditivos.</li> <li>• Botas de seguridad.</li> </ul>  |                  |                      |

- Vestuario adecuado al laboratorio.

## Marco teórico

### 1. Introducción.

El propósito de la práctica experimental es generar energía eléctrica a partir de la operación de un grupo electrógeno del LMTA utilizando como combustible la gasolina. Se analizará la potencia generada por el grupo electrógeno, la potencia efectiva del motor, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.

### 2. Potencia Eléctrica Generada.

Es la cantidad de energía entregada por el grupo electrógeno a un elemento en un tiempo determinado, en este caso a una serie de bombillas incandescentes.

La potencia eléctrica generada se calcula por medio de la siguiente ecuación:

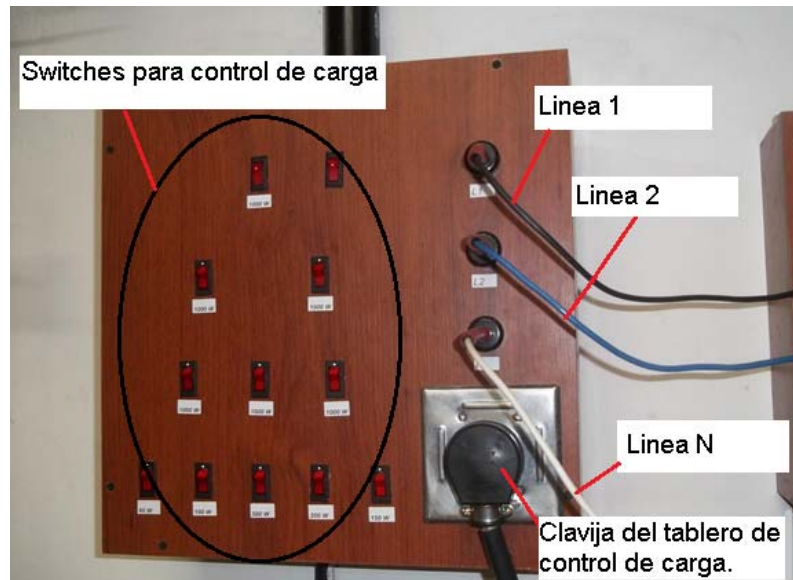
$$Ne = fp \cdot V \cdot I \quad (1).$$

Donde  $fp$  es el factor de potencia de valor la unidad, debido que la carga impuesta es por bombillas incandescentes,  $V$  es el voltaje entre líneas e  $I$  es la corriente producida. Para el caso del grupo electrógeno del LMTA, la potencia eléctrica generada se calcula de la siguiente forma:

$$Ne = V_{L1-N} * I_{l1} + V_{L2-N} * I_{l2} \quad (2).$$

Donde:  $V_{L1-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L1-N$  y  $V_{L2-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L2-N$  e  $I_{l1} - I_{l2}$  son las corrientes medidas por los cables  $L1$  y  $L2$  que van del tablero de medición al tablero de control de carga, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Tablero de control de carga.



La eficiencia de un generador esta alrededor del 92% al 96%. El generador *Powermate* 7000W comercial tiene una eficiencia del 95%.

La potencia efectiva del motor,  $P_{em}$  se calcula por la siguiente ecuación:

$$P_{em} = \frac{Ne}{\eta_g} \quad (3).$$

Donde:  $\eta_g$  es la eficiencia del generador.

Para hallar la potencia efectiva estándar del motor,  $P_{esm}$  se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{esm} = C_f P_{em} \quad (4).$$

Donde  $C_f$  es el factor de corrección y se calcula de acuerdo a la ecuación 5.

$$C_f = \frac{P_{s,d}}{P_m - P_{v,m}} \left( \frac{T_m}{T_s} \right)^{1/2} \quad (5).$$

En donde:

$P_{s,d}$  es la Presión absoluta estándar del aire seco.

$P_m$  es la Presión absoluta medida del aire ambiente.

$P_{v,m}$  es la presión parcial medida del vapor de agua ambiente.

$T_m$  es la temperatura ambiente medida.

$T_s$  es la temperatura ambiente estándar.

Las condiciones estándar del aire ambiente se dan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones estándar del aire ambiente

| Presión de aire seco (Kpa) | Presión de vapor de agua(Kpa) | Temperatura(°C) |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 102,2                      | 1,287                         | 29,4            |

La presión medida de vapor de agua ambiente  $P_{v,m}$  se calcula en la ecuación 6.

$$P_{v,m} = \phi \cdot P_g \quad (6).$$

Donde  $\phi$  es la humedad relativa y  $P_g$  es la presión de vapor, igual a la presión de saturación a la temperatura ambiente.

### 3. Consumo horario de gasolina.

El consumo horario de combustible es la cantidad de combustible utilizado en la generación de energía en un tiempo determinado. Para medir el consumo de gasolina en un periodo de tiempo se utiliza un recipiente comunicado al tanque de almacenamiento de gasolina como se muestra en la figura 2, que mide el consumo de combustible en litros. Para contar el tiempo de consumo se mide con un cronómetro.

Figura 2. Tanque y regla de medición.



La ecuación que describe el consumo horario de combustible es la siguiente:

$$\dot{m}_c = \frac{\rho \cdot V}{t} \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad (7).$$

Donde  $\rho$  es la densidad del combustible que aproximadamente es de  $700 \frac{Kg}{m^3}$ ,  $V$  es el volumen consumido medido en el tubo de vidrio y  $t$  es el tiempo de consumo en horas.

#### 4. Consumo específico de combustible.

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

$$Sfc = \frac{\dot{m}_c}{P_{em}} \left[ \frac{Kg}{KW \cdot h} \right] \quad (8).$$

## 5. Carga.

La carga son los requisitos en  $kV \cdot A$  que el grupo electrógeno debe suministrar a un sistema eléctrico. El grupo electrógeno debe tener la capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado en cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. La práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a un 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales. En este caso la carga impuesta, son una serie de bombillas incandescentes con diferentes valores de potencia de consumo en watts. A medida que se acciona cada switch en el tablero de control de carga se encenderá una bombilla de un valor determinado de consumo en watts, hasta llegar a la capacidad del grupo electrógeno de 7000W.

## 6. Eficiencia total del grupo electrógeno.

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

$$\eta_T = \frac{\text{potencia generada}(KW)}{\text{consumo}(Kg/seg) * \text{poder calorífico}(KJ/Kg)} \quad (9)$$

El poder calorífico de la gasolina es de aproximadamente 44000KJ/Kg.

Para determinar el costo en pesos por cada hora de operación, el precio de la gasolina esta en un promedio de \$8750/ gal.

El costo por hora de operación (\$/h) es igual al consumo de combustible por hora de operación (gal /h) multiplicado por el precio en pesos por cada galón (\$/gal).

### Procedimiento

1. Medir la temperatura ambiente y humedad relativa del sitio por medio del centro meteorológico del laboratorio de sistemas térmicos.

2. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Líneas de corriente y clavija del tablero de control.



3. Revise la conexión de los cables de energía:

- Conecte correctamente la batería como se muestra en la figura 2, utilice una llave para apretar los bornes en la batería.

Figura 2. Conectar la batería.



- Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.



4. Verifique el nivel de aceite del motor como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Verificación del Nivel de aceite.



Fuente: Autores.

El nivel de aceite debe estar entre los límites ADD y FULL, si esta por debajo de ADD se debe agregar la cantidad necesaria y si excede el límite de FULL debe sacarse la cantidad requerida.

5. Si va a trabajar con gasolina, revise el nivel del tanque y abra la llave de paso (figura 5) verificando que no halla fugas.

Figura 5. Llave de paso de combustible.



Fuente: Autores.

6. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Switch del encendido del motor.

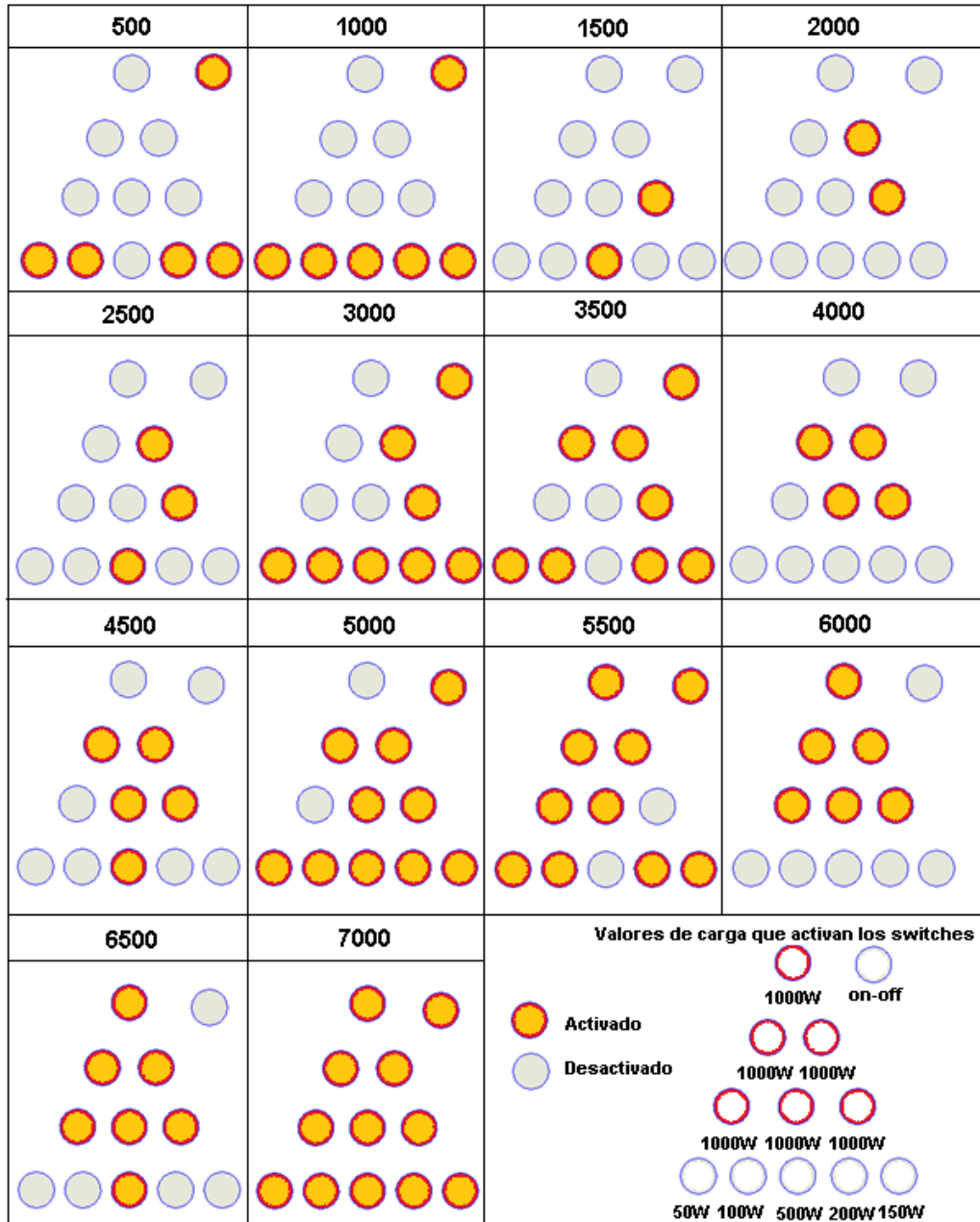


Fuente: Autores.

Deje trabajar en vacío el grupo electrógeno por 5 minutos para que el motor entre en régimen de operación estable.

7. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Orden de encendido de las bombillas.



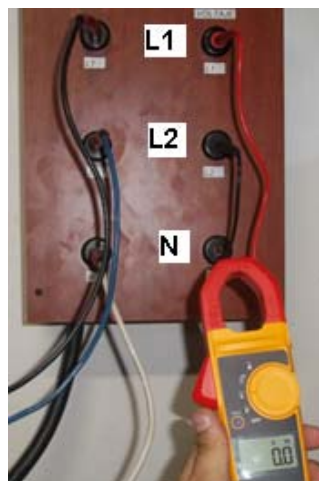
8. Mida y registre los valores de corriente que pasa a través de las líneas L1-L2 y de voltaje entre las líneas L1-N, L2-N y L1-L2 para cada valor de carga, como

se muestran en la figura 8 y 9.

Figura 8. Medir corriente de las líneas L1 (cable negro) y L2 (cable azul).



Figura 9. Medir voltaje entre líneas.



9. Luego calcule y registre los valores de potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor.

10. Mida el consumo horario de combustible para cada valor de carga impuesta:

Si es gasolina tenga presente el nivel de gasolina inicial, cada espacio entre líneas en la regla representa 0,1 litros.

Figura 10. Regla para medir el consumo.



11. Luego calcule y registre el consumo específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación.

#### Tabla de datos y gráficas

En la tabla 1 se registran los valores medidos de corrientes y voltajes descritos en el numeral 4 del procedimiento.

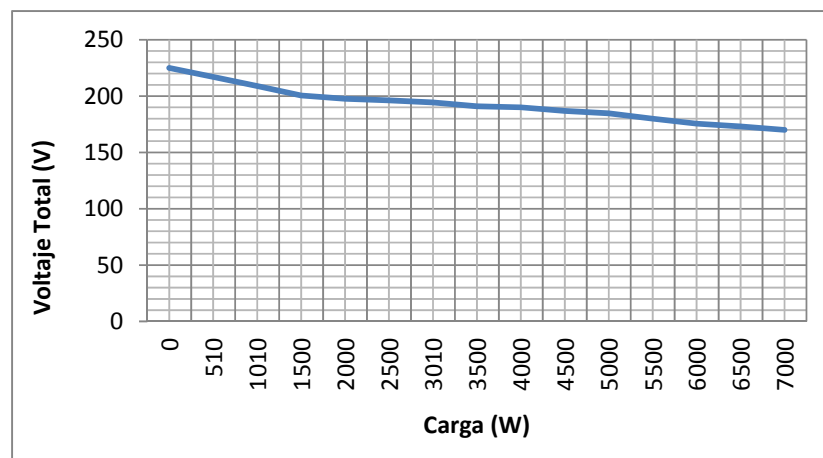
Tabla 1. Voltajes y corrientes en función de la carga.

| Carga (W) | Corriente en L1(A) | Corriente en L2(A) | Corriente total (A) | Voltaje; L1-N (V) | Voltaje; L2-N (V) | Voltaje Total; L1-L2 (V) |
|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| 0         | 0                  | 0                  | 0                   | 114               | 114               | 225                      |
| 510       | 0                  | 4                  | 4                   | 110               | 109               | 217                      |
| 1010      | 3,5                | 3,9                | 7,4                 | 104,2             | 104,2             | 209                      |
| 1500      | 3,5                | 8,7                | 12,2                | 101,5             | 99,4              | 200,5                    |
| 2000      | 7,2                | 8,7                | 15,9                | 99,2              | 98                | 197,7                    |
| 2500      | 10,6               | 8,6                | 19,2                | 97,5              | 98,6              | 196,3                    |
| 3010      | 10,6               | 12,3               | 22,9                | 97,1              | 96,7              | 194,3                    |
| 3500      | 15,55              | 12,4               | 27,95               | 95                | 96,6              | 191                      |
| 4000      | 15,5               | 14,95              | 30,45               | 94,7              | 95                | 190                      |
| 4500      | 18,6               | 14,9               | 33,5                | 92,5              | 94,5              | 186,9                    |

Tabla 1. (continuación) Voltajes y corrientes en función de la carga.

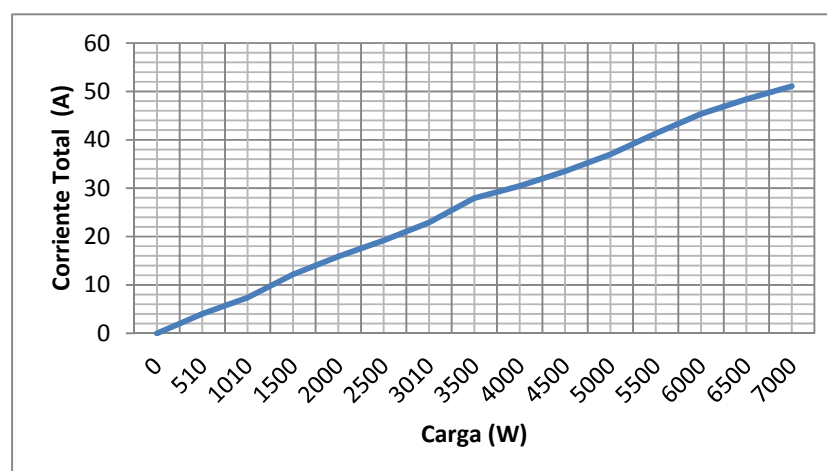
|      |       |      |       |      |      |       |
|------|-------|------|-------|------|------|-------|
| 5000 | 18,6  | 18,4 | 37    | 92   | 92,5 | 184,7 |
| 5500 | 23,1  | 18,2 | 41,3  | 88,8 | 91,2 | 180   |
| 6000 | 22,85 | 22,5 | 45,35 | 87,4 | 88,1 | 175,6 |
| 6500 | 25,7  | 22,7 | 48,4  | 86,4 | 88,1 | 173   |
| 7000 | 25,6  | 25,5 | 51,1  | 85   | 88,4 | 170   |

Gráfica 1. Voltaje vs Carga



El voltaje Total que proporciona el grupo electrógeno disminuye a medida que la carga se incrementa.

Gráfica 2. Corriente vs Carga



A medida que se incrementa la carga, aumentan los requerimientos de energía, por lo cual la corriente que debe generar el grupo electrógeno crece.

Después de medir la corriente y voltaje entre líneas, se calculan los valores de la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga. Se registran sus valores en la tabla 2 y en las graficas 3.

Para calcular la potencia efectiva estándar del motor se debe hallar el  $C_f$  como se describe en el marco teórico.

La humedad relativa medida en el LMTA durante las pruebas hechas al grupo electrógeno es del 75% y la temperatura ambiente medida es  $T_m = 25^\circ C$ .

La presión medida de vapor de agua ambiente se halla por la siguiente ecuación:

$$P_{v,m} \text{ a } 25^\circ C = \phi \cdot P_g = \phi \cdot P_{sat \text{ } 25^\circ c} = 0,75 * 3,1696 \text{ Kpa} = 2,38 \text{ Kpa}$$

La presión absoluta medida del aire ambiente en Bucaramanga es :

$$P_m = 90,67 \text{ Kpa.}$$

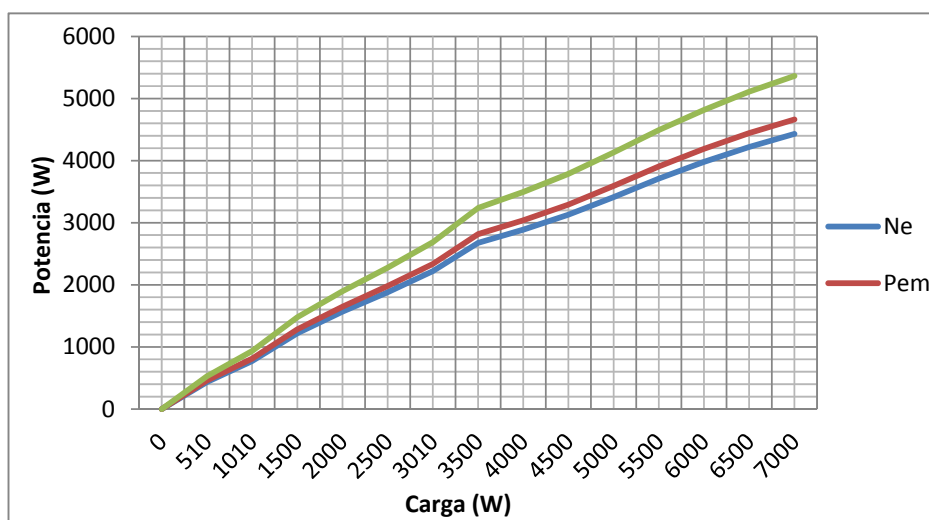
Las condiciones estándar del aire ambiente se muestran en la tabla 1, remplazando las variables se calcula el  $C_f$  :

$$C_f = \frac{102,2 \text{ Kpa}}{90,67 \text{ Kpa} - 2,38 \text{ Kpa}} \left( \frac{25 + 273}{29,4 + 273} \right)^{1/2} = 1,15$$

Tabla 2. Potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.

| Carga (W) | Potencia eléctrica generada; $N_e$ (W) | Potencia efectiva del motor; $P_{em}$ (W) | Potencia efectiva del motor; "estándar" $P_{esm}$ (W). |
|-----------|--|---|--|
| 0         | 0                                      | 0   | 0  |
| 510       | 436                                    | 459                                       | 528  |
| 1010      | 771                                    | 812                                       | 933  |
| 1500      | 1220                                   | 1284                                      | 1477   |
| 2000      | 1567                                   | 1649                                      | 1897   |
| 2500      | 1881                                   | 1980                                      | 2278   |
| 3010      | 2219                                   | 2335                                      | 2686   |
| 3500      | 2675                                   | 2816                                      | 3238   |
| 4000      | 2888                                   | 3040                                      | 3496   |
| 4500      | 3129                                   | 3293                                      | 3787   |
| 5000      | 3413                                   | 3593                                      | 4132   |
| 5500      | 3711                                   | 3906                                      | 4492   |
| 6000      | 3979                                   | 4189                                      | 4817   |
| 6500      | 4220                                   | 4442                                      | 5109   |
| 7000      | 4430                                   | 4663                                      | 5363   |

Gráfica 3. Potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.



A medida que las exigencias de carga aumentan, la energía que produce el grupo electrógeno en un tiempo determinado debe satisfacer dichas condiciones de carga.

La potencia eléctrica disipada por la carga, no alcanza los valores nominales requeridos, si tengo una exigencia de carga inicial de 510W el grupo electrógeno me produce una potencia de 436W que equivale a un 85,5% de la carga total, pero si incrementamos la carga hasta su valor máximo de 7000W la potencia eléctrica entregada por el grupo electrógeno es de 4430W que equivale a un 63,28 % de la carga total.

La potencia efectiva que desarrolla el motor satisface la carga impuesta, debemos tener en cuenta que hay una pérdida de potencia de alrededor del 5% en el generador al convertir la energía mecánica en energía eléctrica.

La potencia efectiva estándar del motor es mayor a la potencia efectiva del motor, ya que las condiciones ambientales en Bucaramanga no permiten al motor desarrollar su potencia máxima.

En la tabla 3 se registran los valores medidos del consumo en (L/h), los calculados del consumo horario de combustible  $m_{ic}$ , el consumo específico de combustible  $Sfc$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , cada una de las variables en función de la carga impuesta en  $W$ .

Tabla 3. Consumo en (L/h), consumo horario de combustible  $m_{ic}$ , el consumo específico de combustible  $Sfc$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , en función de la carga impuesta en  $KW$ .

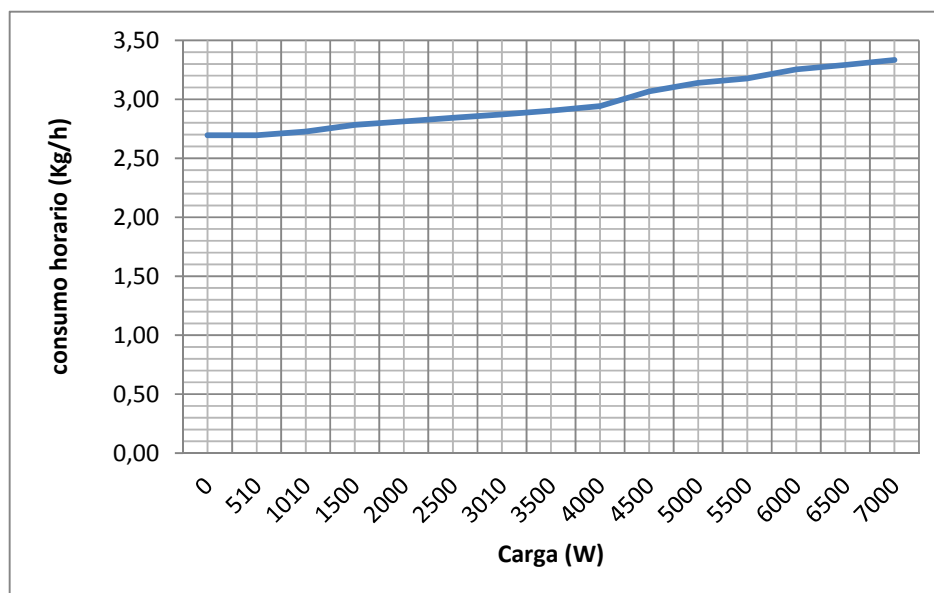
| Carga (W) | Consumo (L/h) | Consumo horario (Kg/h) | consumo específico (Kg/KW*h) | Eficiencia total. | Costo por hora de operación (\$/hora). |
|-----------|---------------|------------------------|------------------------------|-------------------|--|
| 0         | 3,59          | 2,69                   | ----                         | ----              | 8306                                   |
| 510       | 3,59          | 2,69                   | 5,87                         | 1,32%             | 8306                                   |
| 1010      | 3,64          | 2,73                   | 3,36                         | 2,31%             | 8406                                   |
| 1500      | 3,71          | 2,78                   | 2,17                         | 3,59%             | 8580                                   |

Tabla 3. (Continuación) Consumo en (L/h), consumo horario de combustible  $m_c$ , el consumo específico de combustible  $Sfc$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $Co$ , en función de la carga impuesta en KW.

|      |      |      |      |        |       |
|------|------|------|------|--------|-------|
| 2000 | 3,75 | 2,81 | 1,71 | 4,56%  | 8669  |
| 2500 | 3,79 | 2,84 | 1,44 | 5,42%  | 8762  |
| 3010 | 3,83 | 2,87 | 1,23 | 6,32%  | 8852  |
| 3500 | 3,87 | 2,90 | 1,03 | 7,54%  | 8949  |
| 4000 | 3,92 | 2,94 | 0,97 | 8,03%  | 9066  |
| 4500 | 4,09 | 3,07 | 0,93 | 8,34%  | 9455  |
| 5000 | 4,19 | 3,14 | 0,87 | 8,89%  | 9679  |
| 5500 | 4,24 | 3,18 | 0,81 | 9,56%  | 9791  |
| 6000 | 4,34 | 3,25 | 0,78 | 10,01% | 10029 |
| 6500 | 4,39 | 3,29 | 0,74 | 10,49% | 10147 |
| 7000 | 4,44 | 3,33 | 0,71 | 10,87% | 10274 |

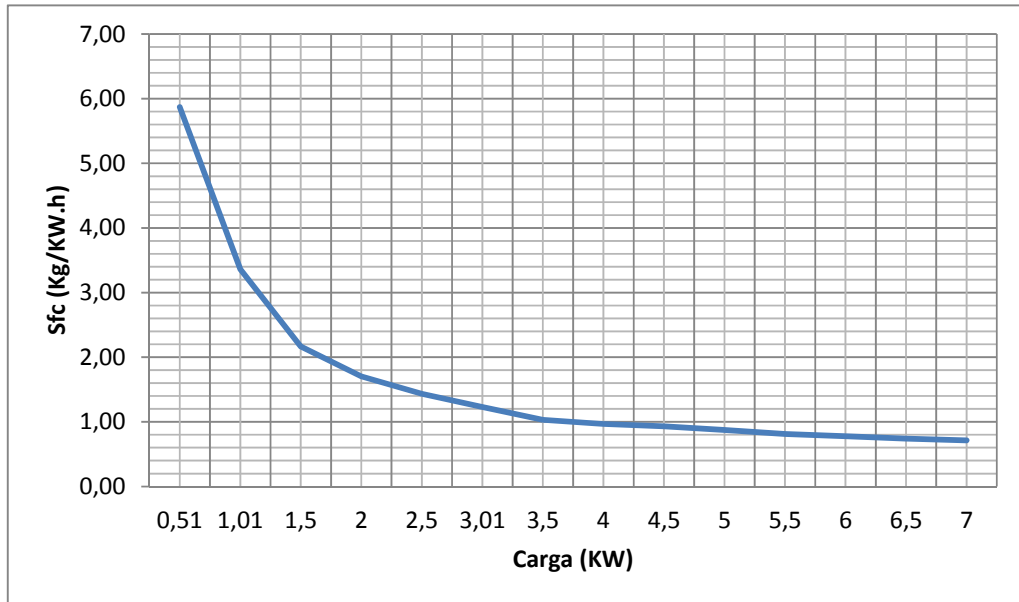
A continuación se grafican cada una de las variables de la tabla 3 en función de la carga impuesta.

Grafica 4. Consumo horario de combustible Vs Carga.



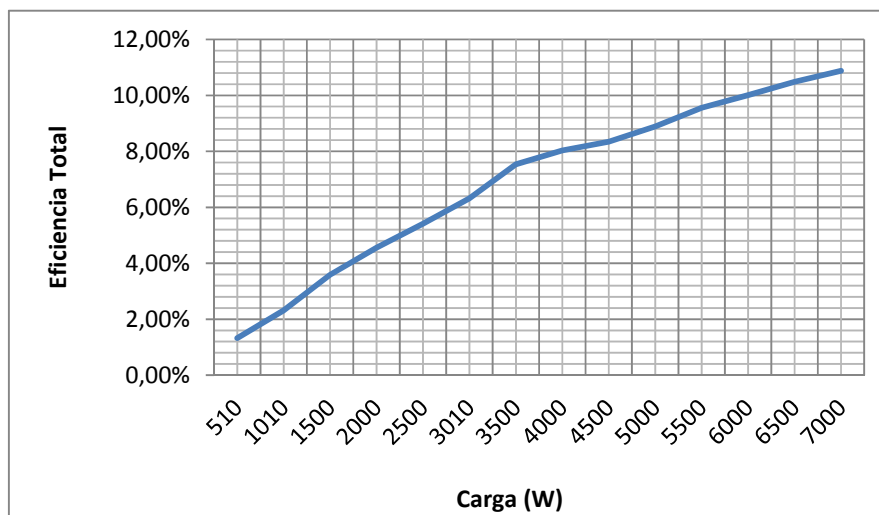
A medida que se incrementa la carga eléctrica, el motor exige mayor consumo de combustible.

Gráfica 4. Consumo específico de combustible vs Carga.



A mayor carga el motor genera mayor potencia en relación con el consumo horario, en consecuencia  $S_{fc}$  disminuye.

Gráfica 5. Eficiencia total vs Carga.

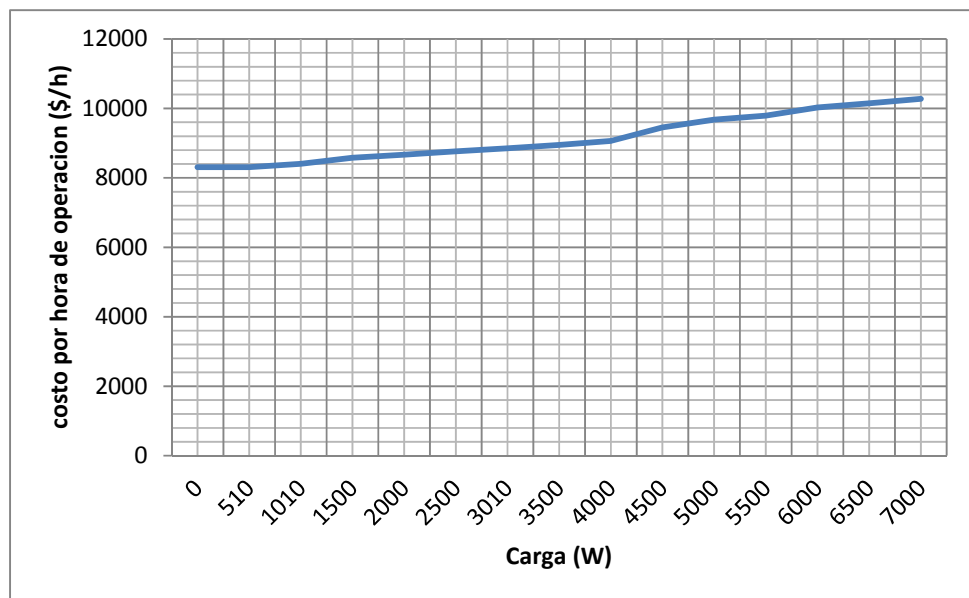


La eficiencia total del grupo electrógeno se incrementa a medida que la carga

aumenta. Debemos tener en cuenta durante la combustión, parte de la energía generada no es convertida en energía mecánica y se disipa en forma de calor. Según el diseño del motor alrededor del 33% de la energía potencial del combustible se transforma en trabajo mecánico, y el resto se transforma en calor que es necesario disipar para evitar comprometer la integridad mecánica del motor.

Para determinar el gasto en pesos por cada hora de operación se sabe que el costo de la gasolina esta en un promedio de \$8750/gal.

Gráfica 6. Costo en pesos por hora de operación en función de la carga impuesta.



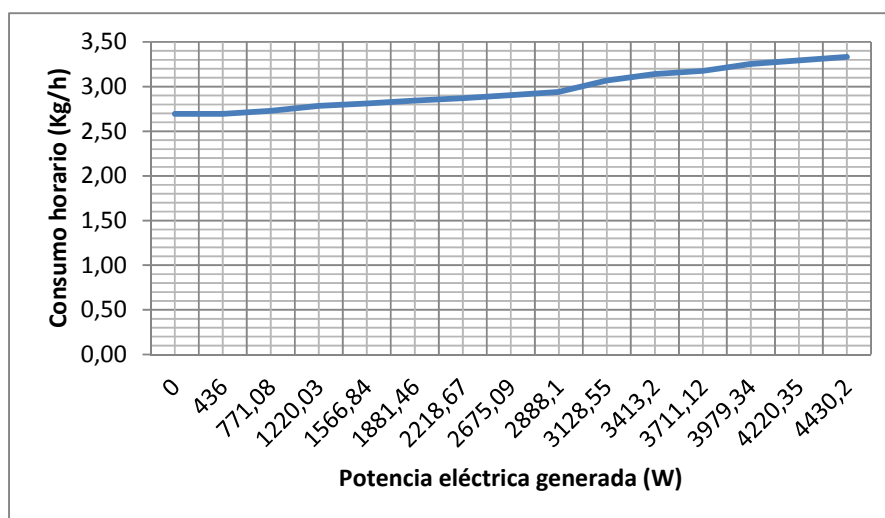
A medida que la exigencia en carga se incrementa el consumo de combustible aumenta, en consecuencia a mayor consumo de combustible mayor costo de operación.

En la Tabla 4 y graficas 7, 8 y 9 se registran los valores del consumo horario, y específico de combustible y la eficiencia total del grupo electrógeno en función de la potencia eléctrica generada.

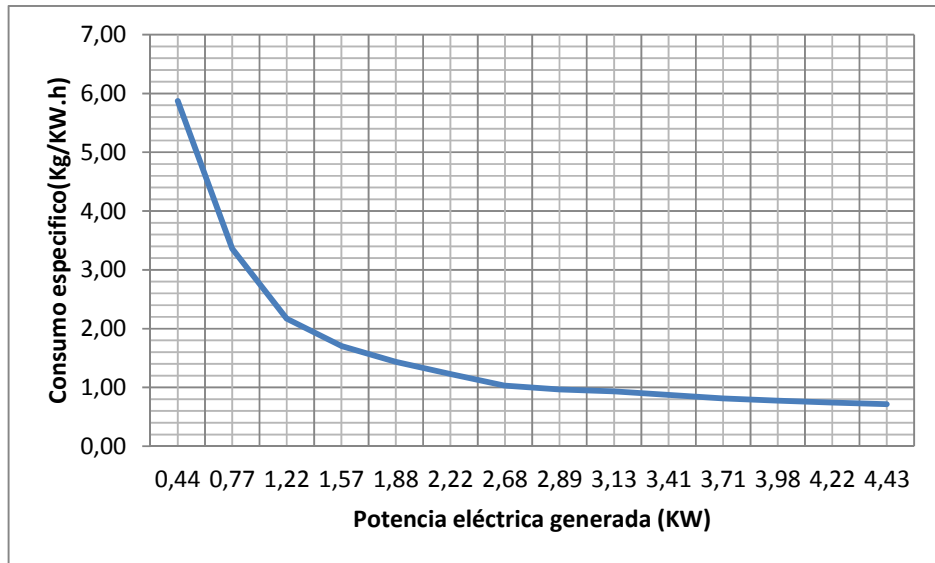
Tabla 4. Consumo horario, y específico de combustible y la eficiencia total del grupo electrógeno en función de la potencia eléctrica generada.

| Potencia eléctrica generada (W) | Consumo horario (Kg/h) | consumo específico (Kg/KW*h) | Eficiencia total |
|---------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------|
| 0                               | 2,69                   | ----                         | ----             |
| 436                             | 2,69                   | 5,87                         | 1,32%            |
| 771,08                          | 2,73                   | 3,36                         | 2,31%            |
| 1220,03                         | 2,78                   | 2,17                         | 3,59%            |
| 1566,84                         | 2,81                   | 1,71                         | 4,56%            |
| 1881,46                         | 2,84                   | 1,44                         | 5,42%            |
| 2218,67                         | 2,87                   | 1,23                         | 6,32%            |
| 2675,09                         | 2,90                   | 1,03                         | 7,54%            |
| 2888,1                          | 2,94                   | 0,97                         | 8,03%            |
| 3128,55                         | 3,07                   | 0,93                         | 8,34%            |
| 3413,2                          | 3,14                   | 0,87                         | 8,89%            |
| 3711,12                         | 3,18                   | 0,81                         | 9,56%            |
| 3979,34                         | 3,25                   | 0,78                         | 10,01%           |
| 4220,35                         | 3,29                   | 0,74                         | 10,49%           |
| 4430,2                          | 3,33                   | 0,71                         | 10,87%           |

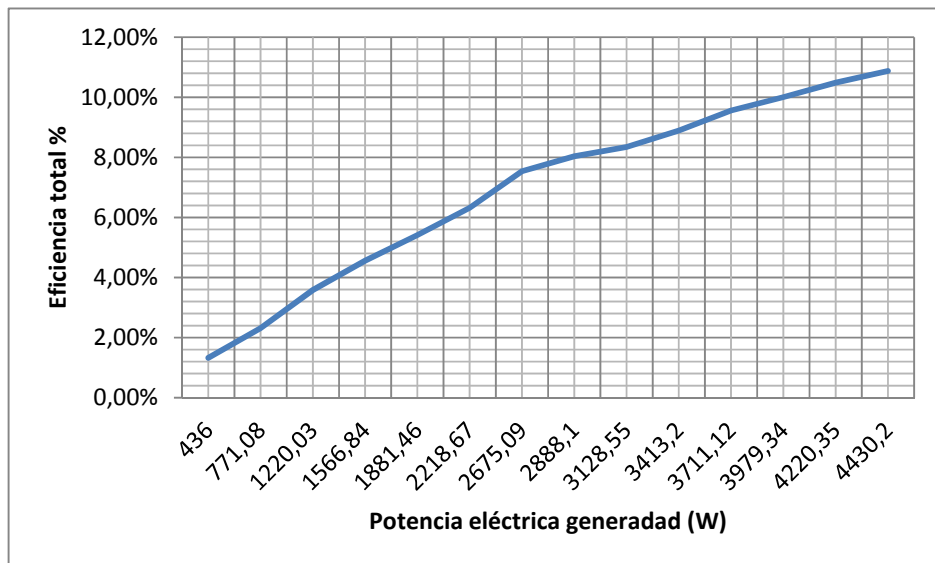
Grafica 7. Consumo horario de combustible Vs Potencia generada.



Grafica 8. Consumo específico de combustible Vs Potencia generada.



Grafica 9. Eficiencia total del grupo electrógeno Vs Potencia generada.



conclusiones

- El voltaje total que proporciona el grupo electrógeno disminuye a medida que la carga se incrementa. Cuando la corriente aumenta hay más caída de tensión en la impedancia, por tanto la tensión en los terminales disminuye.
- A medida que se incrementa la carga, aumentan los requerimientos de energía, por lo cual la corriente que debe generar el grupo electrógeno crece.
- A medida que las exigencias de carga aumentan, la energía que produce el grupo electrógeno en un tiempo determinado debe satisfacer dichas condiciones de carga.
- La potencia eléctrica disipada por la carga, no alcanza los valores nominales requeridos, si tengo una exigencia de carga inicial de 510W el grupo electrógeno me produce una potencia de 436W que equivale a un 85,5% de la carga total, pero si incrementamos la carga hasta su valor máximo de 7000W la potencia eléctrica entregada por el grupo electrógeno es de 4430W que equivale a un 63,28 % de la carga total.
- La potencia efectiva que desarrolla el motor satisface la carga impuesta, debemos tener en cuenta que hay una pérdida de potencia de alrededor del 5% en el generador al convertir la energía mecánica en energía eléctrica.
- La potencia efectiva estándar del motor es mayor a la potencia efectiva del motor, ya que las condiciones ambientales en Bucaramanga no permiten al motor desarrollar su potencia máxima.
- A medida que se incrementa la carga eléctrica, el motor exige mayor consumo de combustible.
- A mayor carga el motor genera mayor potencia en relación con el consumo horario, en consecuencia  $Sfc$  disminuye.
- La eficiencia total del grupo electrógeno se incrementa a medida que la carga aumenta. Debemos tener en cuenta durante la combustión, parte de la energía generada no es convertida en energía mecánica y se disipa en forma de calor.
- A medida que la exigencia en carga se incrementa el consumo de combustible aumenta, en consecuencia a mayor consumo de combustible mayor costo de

operación.

### **Bibliografía**

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.
- CARDENAS, Humberto. Utilización del biogás como combustible para motores de combustión interna. Bucaramanga: Ed. UIS, 1994. 54 p.
- MORA, Jesús fraile. máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.



**BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO**



|   |                  |                      |
|---|------------------|----------------------|
| <b>Práctica N° 3</b> Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando gas natural. |                  | Tiempo: 2 hora.      |
| <b>Director:</b> Jorge Luis chacón Velasco  | <b>Auxiliar:</b> | <b>Fecha:</b>        |
| <b>Nombre:</b>  | <b>Código:</b>   | <b>Calificación:</b> |

**Objetivos de la práctica**

- Medir corrientes y voltajes generados.
- Calcular la potencia generada por el grupo electrógeno.
- Calcular la potencia del M.C.I.
- Medir el consumo horario y específico de combustible del motor.
- Hallar la eficiencia total del grupo electrógeno a partir de la potencia generada y el consumo horario de combustible.
- Comparar los valores nominales y generados de potencia.
- Hallar el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.
- Graficar los resultados, y hacer el análisis correspondiente.

**Materiales y equipos**

- Banco de pruebas del Grupo electrógeno.
- Cronometro.
- Pinza voltiamperimétrica.
- Guantes.
- Gafas de protección.
- Protectores auditivos.
- Botas de seguridad.
- Vestuario adecuado al laboratorio.

## Marco teórico

### 1. Introducción.

El propósito de la práctica experimental es generar energía eléctrica a partir de la operación de un grupo electrógeno del LMTA utilizando como combustible la gasolina. Se analizará la potencia generada por el grupo electrógeno, la potencia efectiva del motor, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.

### 2. Potencia Eléctrica Generada.

Es la cantidad de energía entregada por el grupo electrógeno a un elemento en un tiempo determinado, en este caso a una serie de bombillas incandescentes.

La potencia eléctrica generada se calcula por medio de la siguiente ecuación:

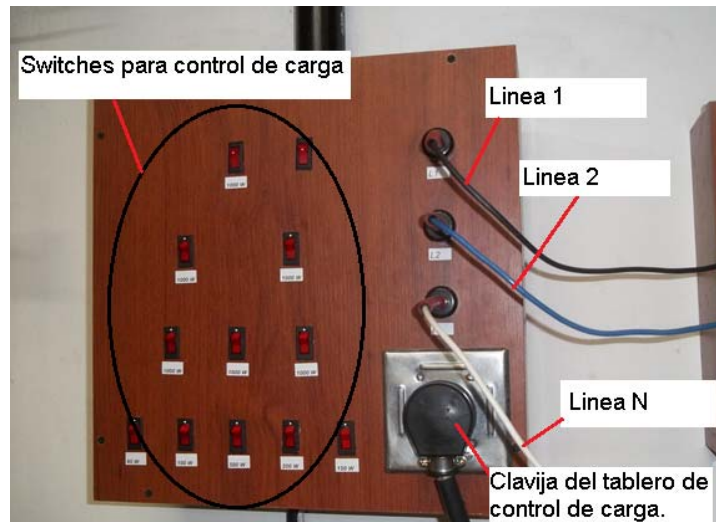
$$Ne = fp \cdot V \cdot I \quad (1).$$

Donde  $fp$  es el factor de potencia de valor la unidad, debido que la carga impuesta es por bombillas incandescentes,  $V$  es el voltaje entre líneas e  $I$  es la corriente producida. Para el caso del grupo electrógeno del LMTA, la potencia eléctrica generada se calcula de la siguiente forma:

$$Ne = V_{L1-N} * I_{l1} + V_{L2-N} * I_{l2} \quad (2).$$

Donde:  $V_{L1-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L1-N$  y  $V_{L2-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L2-N$  e  $I_{l1} - I_{l2}$  son las corrientes medidas por los cables  $L1$  y  $L2$  que van del tablero de medición al tablero de control de carga, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Tablero de control de carga.



La eficiencia de un generador esta alrededor del 92% al 96%. El generador Powermate 7000W comercial tiene una eficiencia del 95%.

La potencia efectiva del motor,  $P_{em}$  se calcula por la siguiente ecuación:

$$P_{em} = \frac{Ne}{\eta_g} \quad (3).$$

Donde:  $\eta_g$  es la eficiencia del generador.

Para hallar la potencia efectiva estándar del motor,  $P_{esm}$  se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{esm} = C_f P_{em} \quad (4).$$

Donde  $C_f$  es el factor de corrección y se calcula de acuerdo a la ecuación 5.

$$C_f = \frac{P_{s,d}}{P_m - P_{v,m}} \left( \frac{T_m}{T_s} \right)^{1/2} \quad (5).$$

En donde:

$P_{s,d}$  es la Presión absoluta estándar del aire seco.

$P_m$  es la Presión absoluta medida del aire ambiente.

$P_{v,m}$  es la presión parcial medida del vapor de agua ambiente.

$T_m$  es la temperatura ambiente medida.

$T_s$  es la temperatura ambiente estándar.

Las condiciones estándar del aire ambiente se dan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones estándar del aire ambiente

| Presión de aire seco (Kpa) | Presión de vapor de agua(Kpa) | Temperatura(°C) |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 102,2                      | 1,287                         | 29,4            |

La presión medida de vapor de agua ambiente  $P_{v,m}$  se calcula en la ecuación 6.

$$P_{v,m} = \phi \cdot P_g \quad (6).$$

Donde  $\phi$  es la humedad relativa y  $P_g$  es la presión de vapor, igual a la presión de saturación a la temperatura ambiente.

### 3. Consumo horario de gas natural.

Tratándose de un fluido gaseoso y que además se halla en movimiento mientras se transfiere o consume, la forma más fácil y práctica de determinar el consumo ha sido medir la cantidad de gas que ha circulado en un determinado periodo de tiempo, expresada en unidades de volumen (metros cúbicos). En este caso el medidor que se encuentra instalado para el consumo de gas del grupo electrógeno es de tipo membrana marca YASAKI Modelo YV2A que se muestra

en la figura 2.

Figura 2. Contador de membrana.



Fuente: Autores.

Para hallar el consumo horario de combustible del gas natural aplicamos la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_c = \frac{\rho \cdot V}{t} \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad (7).$$

Donde  $\rho$  es la densidad del gas natural que aproximadamente es de  $0,78 \frac{Kg}{m^3}$ ,  $V$  es el volumen consumido medido en el contador que en este caso es en metros cúbicos y  $t$  es el tiempo de consumo en horas.

#### **4. Consumo específico de combustible.**

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

$$Sfc = \frac{\dot{m}c}{P_{em}} \left[ \frac{Kg}{KW \cdot h} \right] \quad (8).$$

## 5. Carga.

La carga son los requisitos en  $kV \cdot A$  que el grupo electrógeno debe suministrar a un sistema eléctrico. El grupo electrógeno debe tener la capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado en cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. La práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a un 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales.

En este caso la carga impuesta, son una serie de bombillas incandescentes con diferentes valores de potencia de consumo en watts. A medida que se acciona cada switch en el tablero de control de carga se encenderá una bombilla de un valor determinado de consumo en watts, hasta llegar a la capacidad del grupo electrógeno de 7000W.

## 6. Eficiencia total del grupo electrógeno.

Para hallar la eficiencia total se utiliza la siguiente ecuación:

$$\eta_T = \frac{\text{potencia generada}(KW)}{\text{consumo}(Kg/seg) * \text{poder calorífico}(KJ/Kg)} \quad (9)$$

Según Ecopetrol;

El gas natural se encuentra, al igual que el petróleo, en yacimientos en el subsuelo en uno de los siguientes estados:

Asociado, cuando esta mezclado con el crudo al ser extraído del yacimiento.  
Libre o no asociado, cuando se encuentra en un yacimiento, en el cual sólo contiene gas. Por lo tanto, su composición, su gravedad específica, su peso

molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El rango de variación del poder calorífico está entre 44500 a 45500 KJ/Kg.

Para determinar el costo en pesos por cada hora de operación, el precio promedio del gas natural esta en \$860/ m<sup>3</sup>.

El costo por hora de operación (\$/h) es igual al consumo de combustible por hora de operación (gal /h) multiplicado por el precio en pesos por cada galón (\$/gal).

### procedimiento

1. Medir la temperatura ambiente y humedad relativa del sitio por medio del centro meteorológico del laboratorio de sistemas térmicos.
2. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Líneas de corriente y clavija del tablero de control.



3. Revise la conexión de los cables de energía:
  - Conecte correctamente la batería como se muestra en la figura 4, utilice una llave para apretar los bornes en la batería.

Figura 4. Conectar la batería.



- Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.



4. Verifique el nivel de aceite del motor como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Verificación del Nivel de aceite.



El nivel de aceite debe estar entre los límites ADD y FULL, si esta por debajo de ADD se debe agregar la cantidad necesaria y si excede el límite de FULL debe sacarse la cantidad requerida.

5. Si va a trabajar con gas, cierre la llave de paso de gasolina, luego abra las dos válvulas manuales de paso y active la electroválvula conectándola al regulador de voltaje a 7V, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Conexión del regulador de gas.



6. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario, como se muestra en la figura 8.

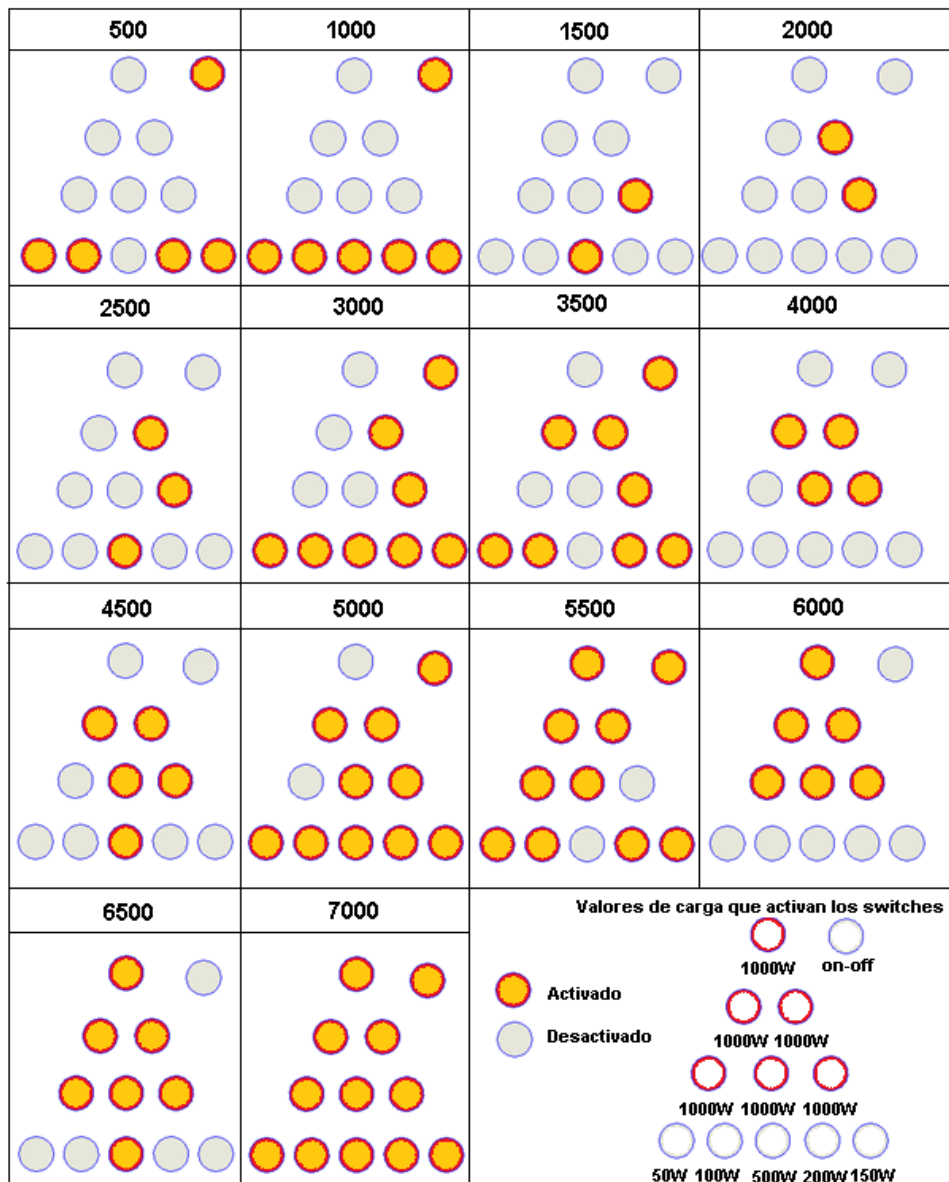
Figura 8. Switch del encendido del motor.



Deje trabajar en vacío el grupo electrógeno por 5 minutos para que el motor entre en régimen de operación estable.

7. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga, como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Orden de encendido de las bombillas.

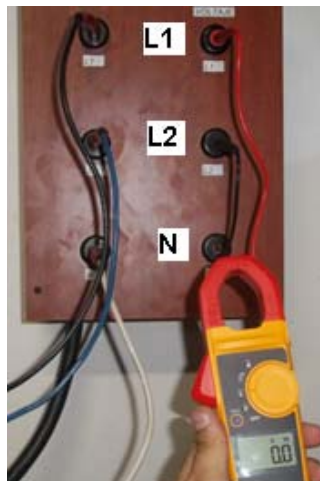


8. Mida y registre los valores de corriente que pasa a través de las líneas L1-L2 y de voltaje entre las líneas L1-N, L2-N y L1-L2 para cada valor de carga, como se muestran en la figura 10 y 11.

Figura 10. Medir corriente de las líneas L1 (cable negro) y L2 (cable azul).



Figura 11. Medir voltaje entre líneas.



9. Luego calcule y registre los valores de potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor.
10. Mida el consumo horario de combustible para cada valor de carga impuesta:

Si es gas natural tenga presente la medida inicial, el contador mide en metros cúbicos. Como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Medidor de flujo volumétrico.



11. Luego calcule y registre el consumo específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación.

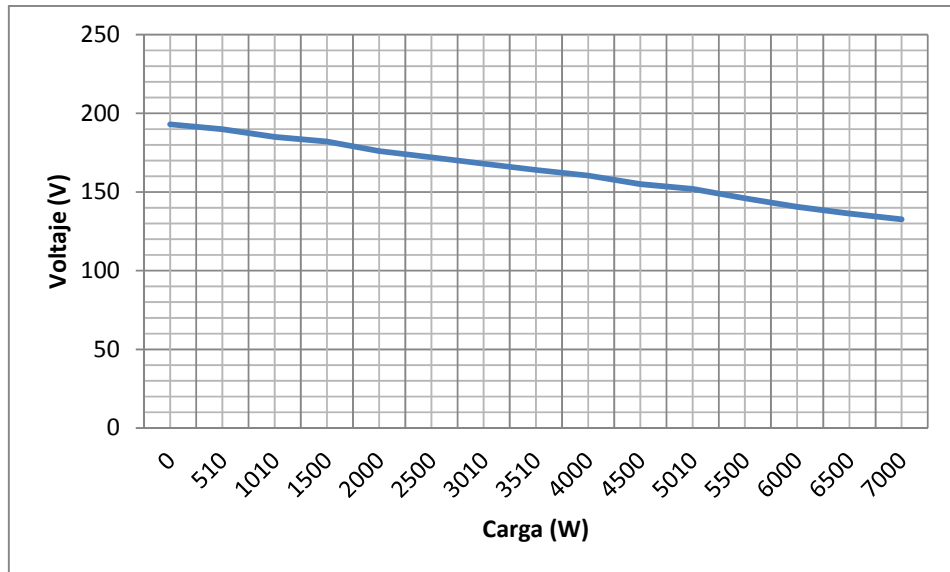
### Tabla de datos y gráficas

En la tabla 1 se registran los valores medidos de corrientes y voltajes descritos en el numeral 4 del procedimiento.

Tabla 1. Voltajes y corrientes en función de la carga.

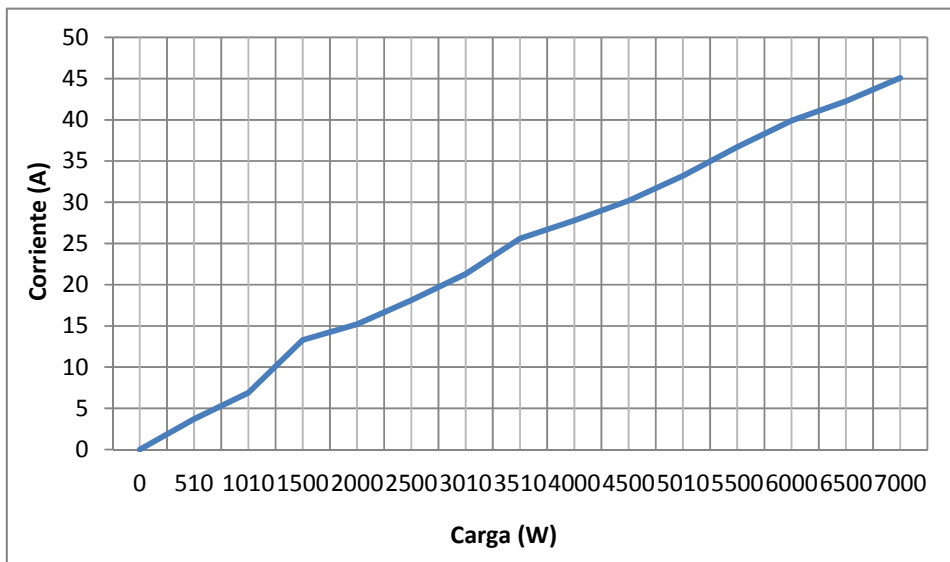
| Carga (W) | Corriente en L1(A) | Corriente en L2(A) | Corriente Total (A) | Voltaje; L1-N (V) | Voltaje; L2-N (V) | Voltaje; L1-L2 (V) |
|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0         | 0                  | 0                  | 0                   | 97                | 97                | 193                |
| 510       | 0                  | 3,7                | 3,7                 | 94                | 93                | 190                |
| 1010      | 3,3                | 3,6                | 6,9                 | 93                | 93                | 185                |
| 1500      | 6,2                | 7,1                | 13,3                | 92                | 90                | 182                |
| 2000      | 8,1                | 7,1                | 15,2                | 89                | 89                | 176                |
| 2500      | 11,1               | 7                  | 18,1                | 85,4              | 87,5              | 172                |
| 3010      | 11                 | 10,3               | 21,3                | 84                | 85                | 168                |
| 3510      | 15,4               | 10,2               | 25,6                | 81                | 83                | 164                |
| 4000      | 15,3               | 12,5               | 27,8                | 79,5              | 80,5              | 160,5              |
| 4500      | 17,9               | 12,3               | 30,2                | 77                | 79,3              | 155                |
| 5010      | 17,8               | 15,4               | 33,2                | 75,3              | 76,8              | 152                |
| 5500      | 21,6               | 15,1               | 36,7                | 72                | 74,2              | 146                |
| 6000      | 21,2               | 18,7               | 39,9                | 69                | 71                | 140,6              |
| 6500      | 23,7               | 18,55              | 42,25               | 67                | 69,5              | 136,3              |
| 7000      | 24                 | 21,1               | 45,1                | 65                | 69,4              | 132,7              |

Gráfica 1. Voltaje vs Carga



El voltaje Total que proporciona el grupo electrógeno disminuye a medida que la carga se incrementa.

Gráfica 2. Corriente vs Carga



A medida que se incrementa la carga, aumentan los requerimientos de energía eléctrica, por lo cual la corriente que debe generar el grupo electrógeno crece.

Después de medir la corriente y voltaje entre líneas, se calculan los valores de la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga. Se registran sus valores en la tabla 2 y en la grafica 3.

Para calcular la potencia efectiva estándar del motor se debe hallar el  $Cf$  como se describe en el marco teórico.

La humedad relativa medida en el LMTA durante las pruebas hechas al grupo electrógeno es del 75% y la temperatura ambiente medida es  $T_m = 25^\circ C$ .

La presión medida de vapor de agua ambiente se halla por la siguiente ecuación:

$$P_{v,m} a 25^\circ C = \phi \cdot P_g = \phi \cdot P_{sat 25^\circ c} = 0,75 * 3,1696Kpa = 2,38Kpa$$

La presión absoluta medida del aire ambiente en Bucaramanga es :

$$P_m = 90,67Kpa.$$

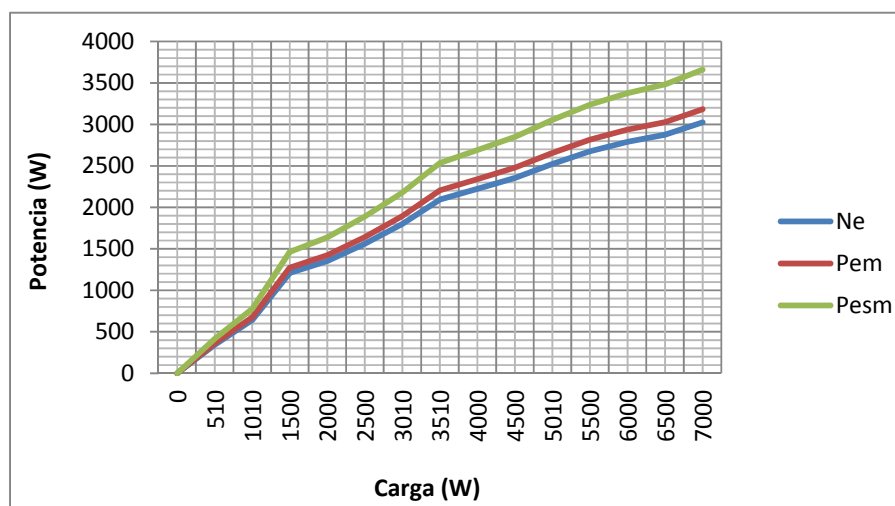
Las condiciones estándar del aire ambiente se muestran en la tabla 1, remplazando las variables se calcula el  $Cf$  :

$$C_f = \frac{102,2Kpa}{90,67Kpa - 2,38Kpa} \left( \frac{25 + 273}{29,4 + 273} \right)^{1/2} = 1,15$$

Tabla 2. Potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.

| Carga (W) | Potencia eléctrica generada (W) | Potencia efectiva del motor (W) | Potencia efectiva del motor; "Estándar" (W). |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 0         | 0                               | 0                               | 0  |
| 510       | 344,1                           | 362                             | 416  |
| 1010      | 641,7                           | 675                             | 777  |
| 1500      | 1209,4                          | 1273                            | 1464   |
| 2000      | 1352,8                          | 1424                            | 1638   |
| 2500      | 1560,44                         | 1643                            | 1889   |
| 3010      | 1799,5                          | 1894                            | 2178   |
| 3510      | 2094                            | 2204                            | 2535   |
| 4000      | 2222,6                          | 2340                            | 2691   |
| 4500      | 2353,69                         | 2478                            | 2850   |
| 5010      | 2523,06                         | 2656                            | 3054   |
| 5500      | 2675,62                         | 2816                            | 3239   |
| 6000      | 2790,5                          | 2937                            | 3378   |
| 6500      | 2877,125                        | 3029                            | 3483   |
| 7000      | 3024,34                         | 3184                            | 3661   |

Gráfica 3. Potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.



A medida que las exigencias de carga aumentan, la energía que produce el grupo electrógeno en un tiempo determinado debe satisfacer dichas condiciones de carga. La potencia eléctrica disipada por la carga, no alcanza los valores nominales requeridos, si tengo una exigencia de carga inicial de 510W el grupo electrógeno me produce una potencia de 344W que equivale a un 67,45% de la carga total, pero si incrementamos la carga hasta su valor máximo de 7000W la potencia eléctrica entregada por el grupo electrógeno es de 3024W que equivale a un 43,2 % de la carga total.

La potencia efectiva que desarrolla el motor satisface la carga impuesta, debemos tener en cuenta que hay una pérdida de potencia de alrededor del 5% en el generador al convertir la energía mecánica en energía eléctrica.

La potencia efectiva estándar del motor es mayor a la potencia efectiva del motor, ya que las condiciones ambientales en Bucaramanga no permiten al motor desarrollar su potencia máxima.

En la tabla 3 se registran los valores medidos del consumo en (L/h), los calculados del consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $Sfc$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , cada una de las variables en función de la carga impuesta en KW.

Tabla 3. Consumo en ( $m^3/h$ ), consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $Sfc$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , en función de la carga impuesta en KW.

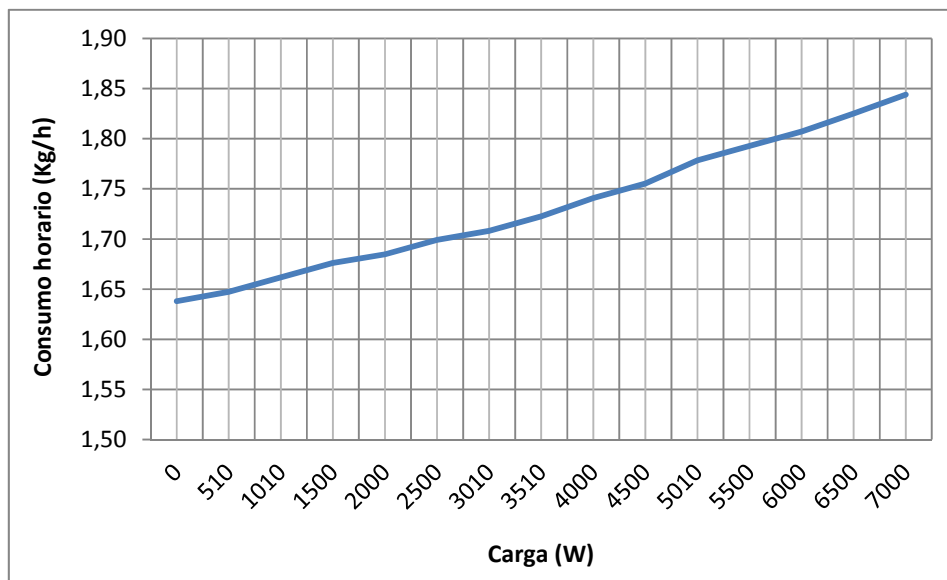
| Carga (W) | Consumo ( $m^3/h$ ) | Consumo Horario (Kg/h) | Consumo Especifico (Kg/KW*h) | Eficiencia Total del grupo | \$/hora |
|-----------|---------------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|---------|
| 0         | 2,1                 | 1,64                   | ----                         | ----                       | 1806    |
| 510       | 2,11                | 1,65                   | 4,55                         | 1,67%                      | 1816    |
| 1010      | 2,13                | 1,66                   | 2,46                         | 3,09%                      | 1832    |
| 1500      | 2,15                | 1,68                   | 1,32                         | 5,77%                      | 1848    |
| 2000      | 2,16                | 1,68                   | 1,18                         | 6,42%                      | 1858    |

Tabla 3. (Continuación) Consumo en ( $m^3/h$ ), consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $Sfc$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , en función de la carga impuesta en  $KW$ .

|      |      |      |      |        |      |
|------|------|------|------|--------|------|
| 2500 | 2,18 | 1,70 | 1,03 | 7,35%  | 1873 |
| 3010 | 2,19 | 1,71 | 0,90 | 8,43%  | 1883 |
| 3510 | 2,21 | 1,72 | 0,78 | 9,72%  | 1899 |
| 4000 | 2,23 | 1,74 | 0,74 | 10,21% | 1920 |
| 4500 | 2,25 | 1,76 | 0,71 | 10,73% | 1935 |
| 5010 | 2,28 | 1,78 | 0,67 | 11,35% | 1961 |
| 5500 | 2,3  | 1,79 | 0,64 | 11,94% | 1977 |
| 6000 | 2,32 | 1,81 | 0,62 | 12,35% | 1993 |
| 6500 | 2,34 | 1,83 | 0,60 | 12,61% | 2012 |
| 7000 | 2,36 | 1,84 | 0,58 | 13,12% | 2033 |

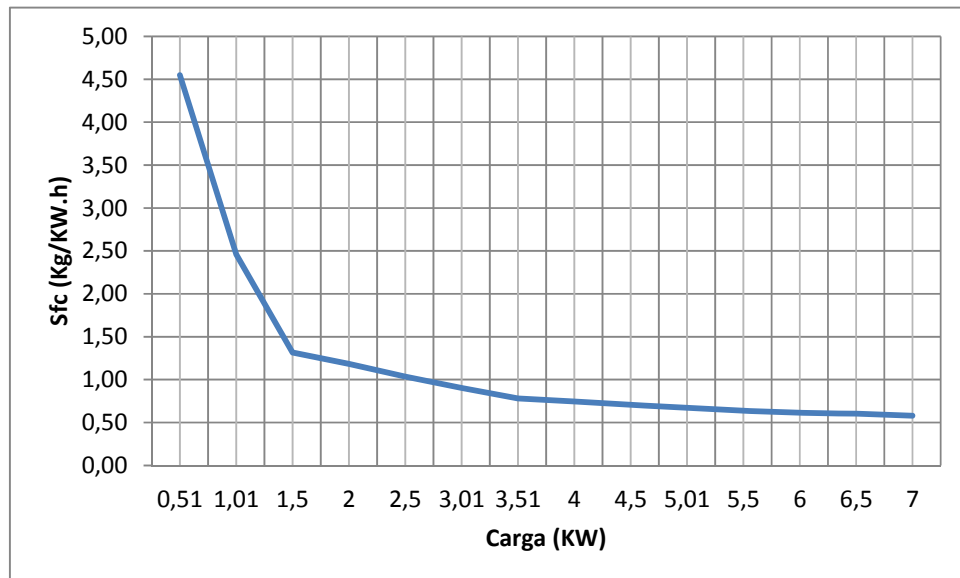
A continuación se grafican cada una de las variables de la tabla 3 en función de la carga impuesta.

Grafica 4. Consumo horario de combustible Vs Carga.



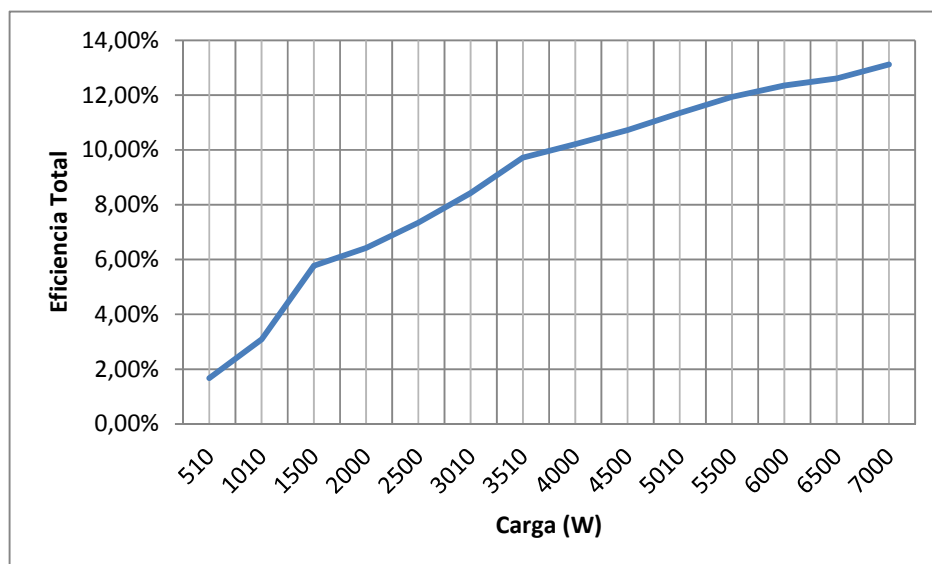
A medida que se incrementa la carga eléctrica, el motor exige mayor consumo de combustible.

Gráfica 4. Consumo específico de combustible vs Carga.



A mayor carga el motor genera mayor potencia en relación con el consumo horario, en consecuencia  $Sfc$  disminuye.

Gráfica 5. Eficiencia total vs Carga.

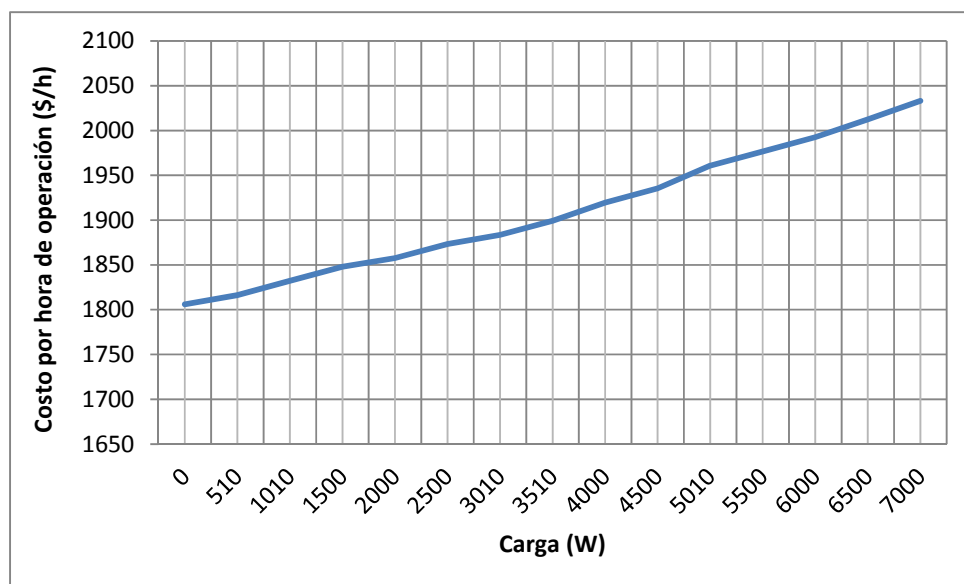


La eficiencia total del grupo electrógeno se incrementa a medida que la carga

aumenta. Debemos tener en cuenta durante la combustión, parte de la energía generada no es convertida en energía mecánica y se disipa en forma de calor. Según el diseño del motor alrededor del 33% de la energía potencial del combustible se transforma en trabajo mecánico, y el resto se transforma en calor que es necesario disipar para evitar comprometer la integridad mecánica del motor.

Para determinar el gasto en pesos por cada hora de operación se sabe que el costo del gas natural esta en un promedio de \$860/gal.

Gráfica 6. Costo en pesos por hora de operación en función de la carga impuesta.



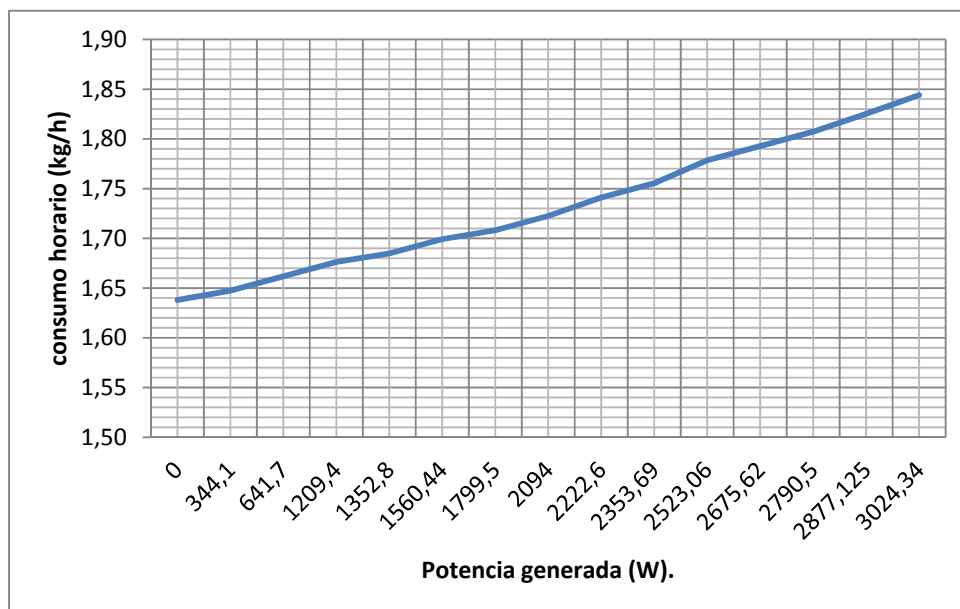
A medida que la exigencia en carga se incrementa el consumo de combustible aumenta, en consecuencia a mayor consumo de combustible mayor costo de operación.

En la Tabla 4 y graficas 7, 8 y 9 se registran los valores del consumo horario, y específico de combustible y la eficiencia total del grupo electrógeno en función de la potencia eléctrica generada.

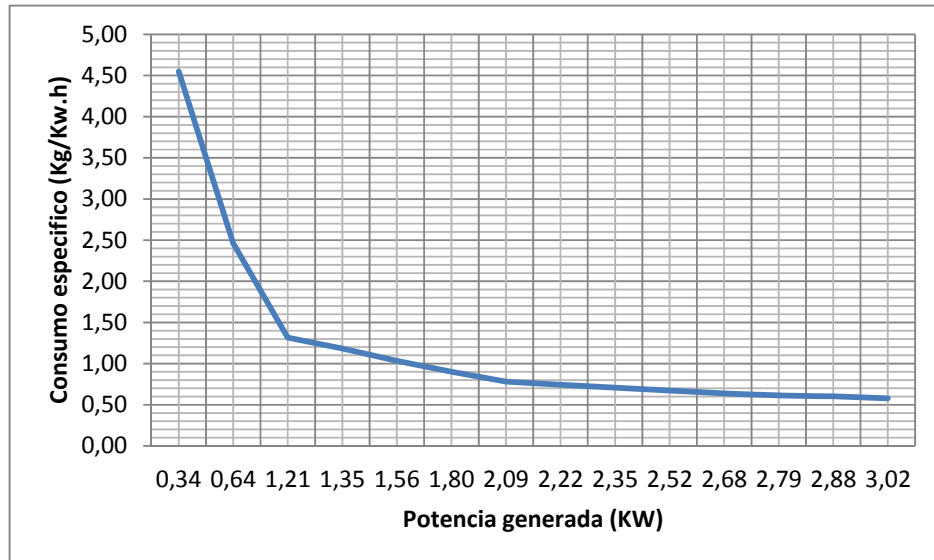
Tabla 4. Consumo horario, y específico de combustible y la eficiencia total del grupo electrógeno en función de la potencia eléctrica generada.

| Potencia eléctrica (W) | Consumo Horario (Kg/h) | Consumo Especifico (Kg/KW*h) | Eficiencia Total |
|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------|
| 0                      | 1,64                   | -----                        | -----            |
| 344,1                  | 1,65                   | 4,55                         | 1,67%            |
| 641,7                  | 1,66                   | 2,46                         | 3,09%            |
| 1209,4                 | 1,68                   | 1,32                         | 5,77%            |
| 1352,8                 | 1,68                   | 1,18                         | 6,42%            |
| 1560,44                | 1,70                   | 1,03                         | 7,35%            |
| 1799,5                 | 1,71                   | 0,90                         | 8,43%            |
| 2094                   | 1,72                   | 0,78                         | 9,72%            |
| 2222,6                 | 1,74                   | 0,74                         | 10,21%           |
| 2353,69                | 1,76                   | 0,71                         | 10,73%           |
| 2523,06                | 1,78                   | 0,67                         | 11,35%           |
| 2675,62                | 1,79                   | 0,64                         | 11,94%           |
| 2790,5                 | 1,81                   | 0,62                         | 12,35%           |
| 2877,125               | 1,83                   | 0,60                         | 12,61%           |
| 3024,34                | 1,84                   | 0,58                         | 13,12%           |

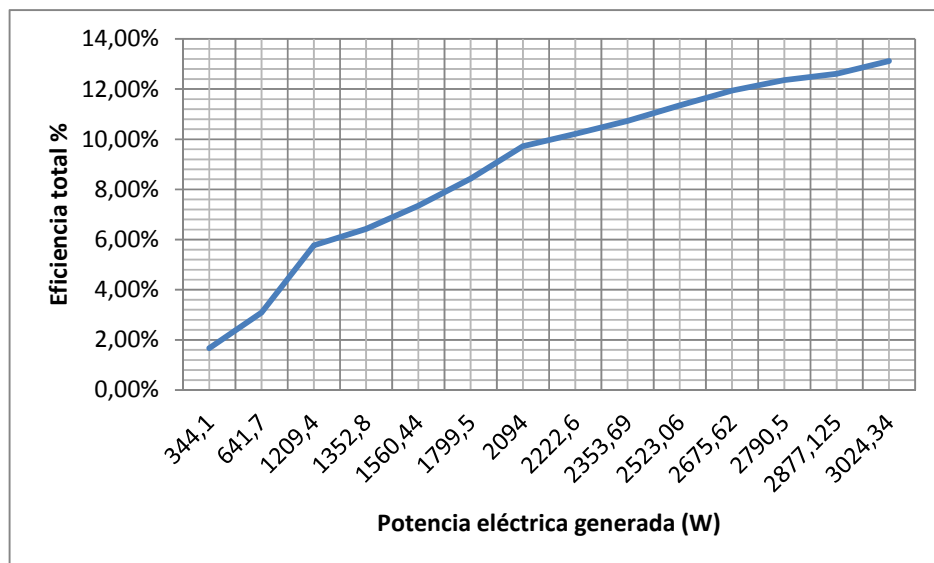
Grafica 7. Consumo horario de combustible Vs Potencia generada.



Grafica 8. Consumo específico de combustible Vs Potencia generada.



Grafica 9. Eficiencia total del grupo electrógeno Vs Potencia generada.



## conclusiones

- El voltaje Total que proporciona el grupo electrógeno disminuye a medida que la carga se incrementa. Al aumentar la corriente hay mas caída de tensión en la impedancia, por lo tanto hay caída de tensión en los terminales.
- A medida que se incrementa la carga, aumentan los requerimientos de energía, por lo cual la corriente que debe generar el grupo electrógeno crecer.
- A medida que las exigencias de carga aumentan, la energía que produce el grupo electrógeno en un tiempo determinado debe satisfacer dichas condiciones de carga.
- La potencia eléctrica disipada por la carga, no alcanza los valores nominales requeridos, si tengo una exigencia de carga inicial de 510W el grupo electrógeno me produce una potencia de 344W que equivale a un 67,45% de la carga total, pero si incrementamos la carga hasta su valor máximo de 7000W la potencia eléctrica entregada por el grupo electrógeno es de 3024W que equivale a un 43,2 % de la carga total.
- La potencia efectiva que desarrolla el motor satisface la carga impuesta, debemos tener en cuenta que hay una pérdida de potencia de alrededor del 5% en el generador al convertir la energía mecánica en energía eléctrica.
- La potencia efectiva estándar del motor es mayor a la potencia efectiva del motor, ya que las condiciones ambientales en Bucaramanga no permiten al motor desarrollar su potencia máxima.
- A medida que se incrementa la carga eléctrica, el motor exige mayor consumo de combustible.
- A mayor carga el motor genera mayor potencia en relación con el consumo horario, en consecuencia  $Sfc$  disminuye.
- La eficiencia total del grupo electrógeno se incrementa a medida que la carga aumenta. Debemos tener en cuenta durante la combustión, parte de la energía generada no es convertida en energía mecánica y se disipa en forma de calor.
- A medida que la exigencia en carga se incrementa el consumo de combustible

aumenta, en consecuencia a mayor consumo de combustible mayor costo de operación.

### **Bibliografía**

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.
- CARDENAS, Humberto. Utilización del biogás como combustible para motores de combustión interna. Bucaramanga: Ed. UIS, 1994. 54 p.
- MORA, Jesús fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.



**BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO**



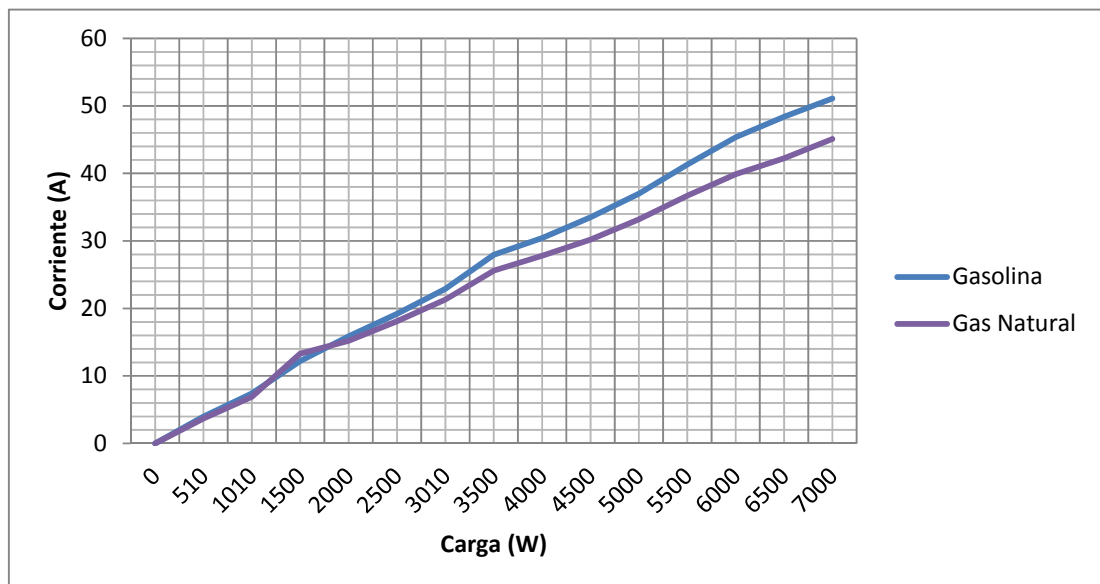
|   |                  |                           |
|---|------------------|---------------------------|
| <b>Práctica N° 4</b> Comparación de los resultados entre el gas natural y la gasolina, en la operación del grupo electrógeno del LMTA.  |                  | <b>Tiempo:</b><br>2 horas |
| <b>Director:</b> Jorge Luis Chacón  | <b>Auxiliar:</b> | <b>Fecha:</b>             |
| <b>Nombre:</b>  | <b>Código:</b>   | <b>Calificación:</b>      |
| <b>Objetivo de la práctica</b>  |                  |                           |
| Comparar los valores obtenidos de Voltaje, de corriente, del consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo, la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva medida y estándar del motor, y el costo por hora de operación del grupo electrógeno utilizando como combustible el gas natural y la gasolina, sometidos a las mismas condiciones de carga.                        |                  |                           |
| <b>Materiales y equipos</b>   |                  |                           |
| Datos obtenidos de las prácticas anteriores.  |                  |                           |
| <b>procedimiento</b>  |                  |                           |
| <p>1. Graficar y realizar el análisis comparativo para cada una de las siguientes Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje y corrientes generadas.</li> <li>• consumo horario y específico de combustible.</li> <li>• Eficiencia total del grupo, la potencia eléctrica generada, y la potencia efectiva medida y estándar del motor.</li> <li>• Costo por hora de operación.</li> </ul> |                  |                           |

### Tabla de datos y gráficas.

Tabla 1. Variación de la corriente en función de la carga (gas natural y gasolina).

| Carga (W) | Corriente (A) gas Natural | Corriente (A) gasolina |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| 0         | 0                         | 0                      |
| 510       | 3,7                       | 4                      |
| 1010      | 6,9                       | 7,4                    |
| 1500      | 13,3                      | 12,2                   |
| 2000      | 15,2                      | 15,9                   |
| 2500      | 18,1                      | 19,2                   |
| 3010      | 21,3                      | 22,9                   |
| 3500      | 25,6                      | 27,95                  |
| 4000      | 27,8                      | 30,45                  |
| 4500      | 30,2                      | 33,5                   |
| 5000      | 33,2                      | 37                     |
| 5500      | 36,7                      | 41,3                   |
| 6000      | 39,9                      | 45,35                  |
| 6500      | 42,25                     | 48,4                   |
| 7000      | 45,1                      | 51,1                   |

Gráfica 1. Corriente Vs carga.

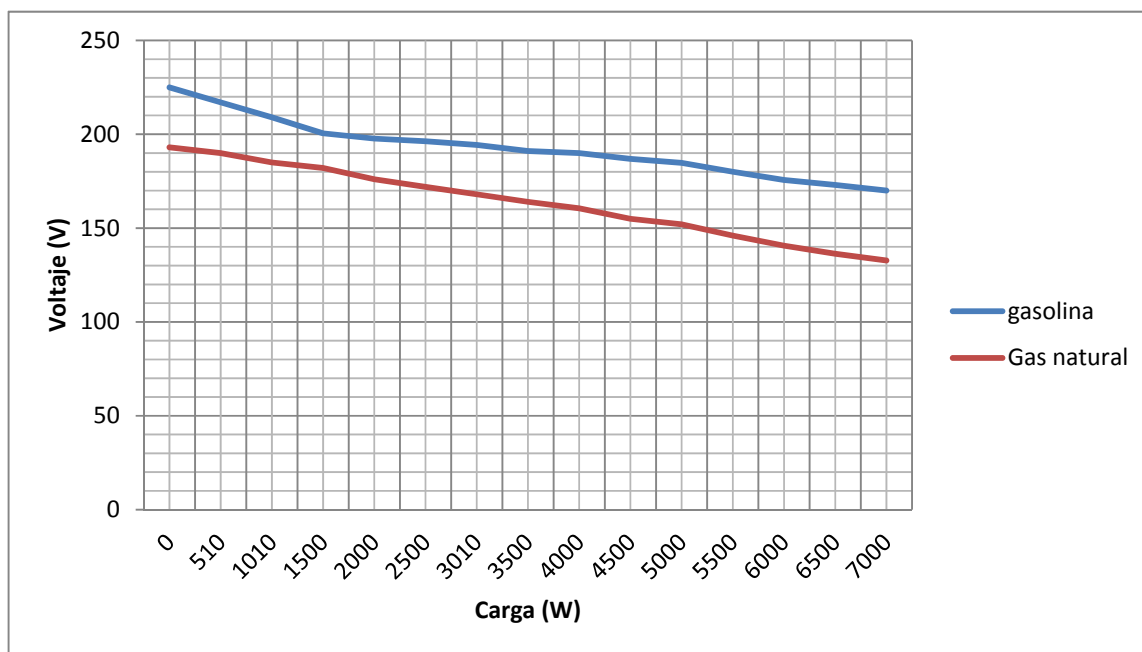


La corriente generada por la gasolina es superior a la del gas natural, a máxima carga esta 6 Amperios por encima.

Tabla 2. Variación del voltaje en función de la carga (gas natural y gasolina).

| Carga (W) | Voltaje; L1-L2 (Gasolina) | Voltaje; L1-L2 (Gas Natural) |
|-----------|---------------------------|------------------------------|
| 0         | 225                       | 193                          |
| 510       | 217                       | 190                          |
| 1010      | 209                       | 185                          |
| 1500      | 200,5                     | 182                          |
| 2000      | 197,7                     | 176                          |
| 2500      | 196,3                     | 172                          |
| 3010      | 194,3                     | 168                          |
| 3500      | 191                       | 164                          |
| 4000      | 190                       | 160,5                        |
| 4500      | 186,9                     | 155                          |
| 5000      | 184,7                     | 152                          |
| 5500      | 180                       | 146                          |
| 6000      | 175,6                     | 140,6                        |
| 6500      | 173                       | 136,3                        |
| 7000      | 170                       | 132,7                        |

Gráfica 2. Voltaje en función de la carga. (Gas natural y gasolina).



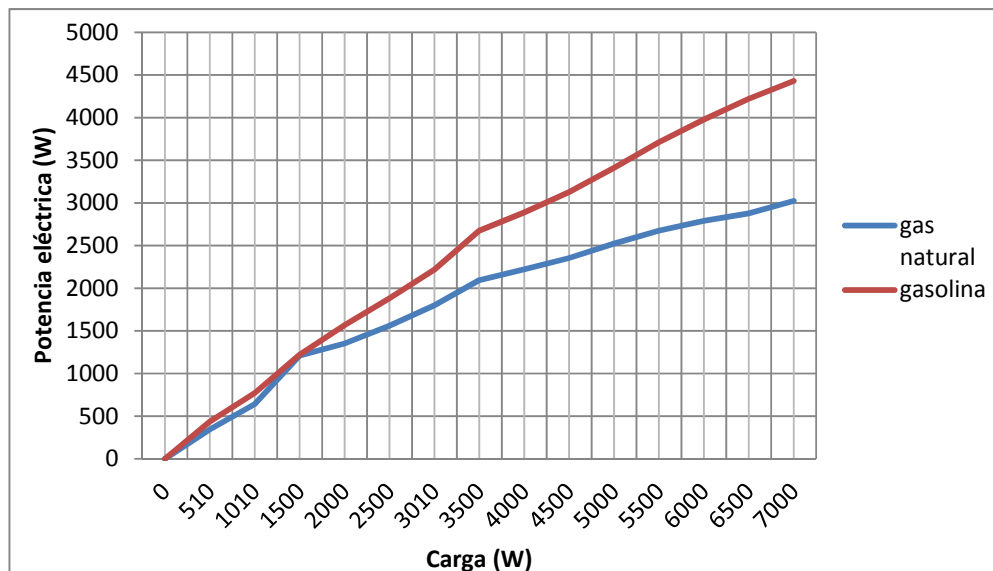
El voltaje generado por la gasolina es mucho mayor al que genera el gas natural

aproximadamente 40 Voltios por encima.

Tabla 3. Potencia eléctrica generada en función de la carga (gas natural y gasolina).

| Carga(W) | potencia Generada (W) "gasolina" | potencia Generada (W) "Gas natural" |
|----------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 0        | 0                                | 0                                   |
| 510      | 436                              | 344,1                               |
| 1010     | 771,08                           | 641,7                               |
| 1500     | 1220,03                          | 1209,4                              |
| 2000     | 1566,84                          | 1352,8                              |
| 2500     | 1881,46                          | 1560,44                             |
| 3010     | 2218,67                          | 1799,5                              |
| 3500     | 2675,09                          | 2094                                |
| 4000     | 2888,1                           | 2222,6                              |
| 4500     | 3128,55                          | 2353,69                             |
| 5000     | 3413,2                           | 2523,06                             |
| 5500     | 3711,12                          | 2675,62                             |
| 6000     | 3979,34                          | 2790,5                              |
| 6500     | 4220,35                          | 2877,125                            |
| 7000     | 4430,2                           | 3030                                |

Gráfica 3. Potencia eléctrica generada Vs carga. (Gas natural y gasolina).



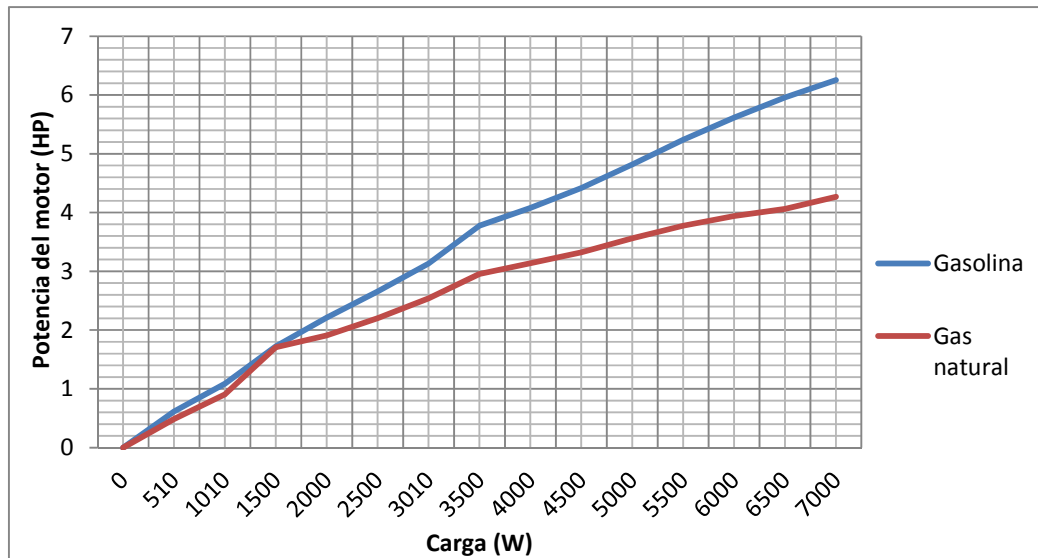
La potencia eléctrica generada por la gasolina es mayor a la generada por el gas

natural a máxima carga aproximadamente 1500 W por encima.

Tabla 8. Potencia efectiva del motor en función de la carga (gas natural y gasolina).

| Carga (W) | Potencia del motor (gas natural); HP | Potencia del motor (gasolina); HP |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0         | 0                                    | 0                                 |
| 510       | 0,49                                 | 0,62                              |
| 1010      | 0,91                                 | 1,10                              |
| 1500      | 1,71                                 | 1,72                              |
| 2000      | 1,90                                 | 2,21                              |
| 2500      | 2,20                                 | 2,66                              |
| 3000      | 2,54                                 | 3,13                              |
| 3500      | 2,96                                 | 3,78                              |
| 4000      | 3,14                                 | 4,07                              |
| 4500      | 3,32                                 | 4,42                              |
| 5000      | 3,56                                 | 4,82                              |
| 5500      | 3,78                                 | 5,24                              |
| 6000      | 3,94                                 | 5,62                              |
| 6500      | 4,06                                 | 5,96                              |
| 7000      | 4,27                                 | 6,25                              |

Gráfica 8. Potencia efectiva del motor Vs carga.



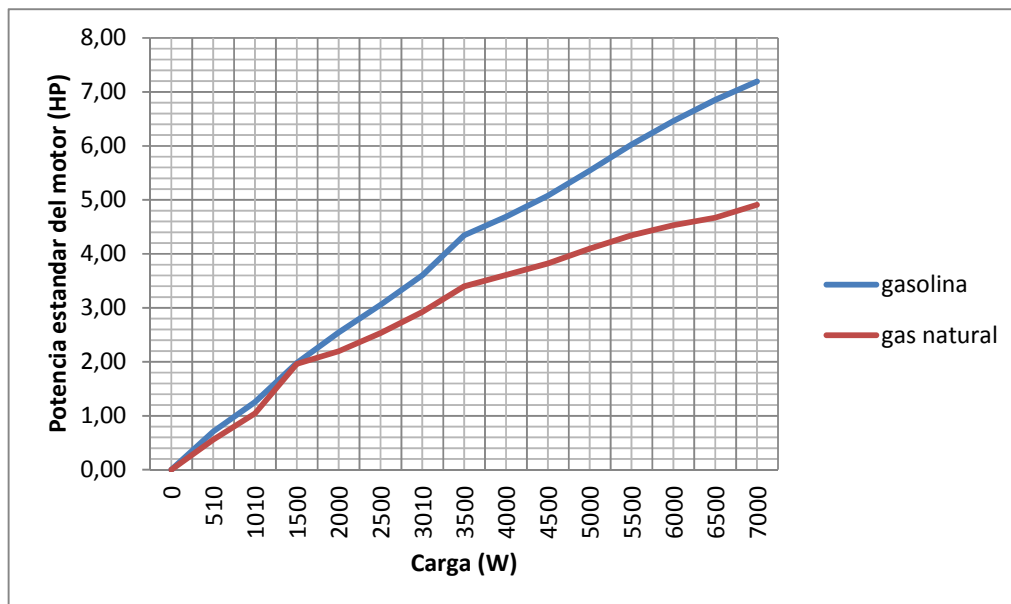
La potencia del motor utilizando la gasolina es superior que utilizando gas natural,

debido al consumo en masa de la gasolina.

Tabla 9. Potencia estándar del motor en función de la carga.

| Carga (W) | Potencia estándar del motor (gasolina) HP | Potencia estándar del motor (gas natural) HP |
|-----------|---|--|
| 510       | 0,71                                      | 0,56   |
| 1010      | 1,25                                      | 1,04   |
| 1500      | 1,98                                      | 1,96   |
| 2000      | 2,54                                      | 2,20   |
| 2500      | 3,05                                      | 2,53   |
| 3010      | 3,60                                      | 2,92   |
| 3500      | 4,34                                      | 3,40   |
| 4000      | 4,69                                      | 3,61   |
| 4500      | 5,08                                      | 3,82   |
| 5000      | 5,54                                      | 4,10   |
| 5500      | 6,02                                      | 4,34   |
| 6000      | 6,46                                      | 4,53   |
| 6500      | 6,85                                      | 4,67   |
| 7000      | 7,19                                      | 4,91   |

Gráfica 9. Potencia estándar del motor Vs Carga

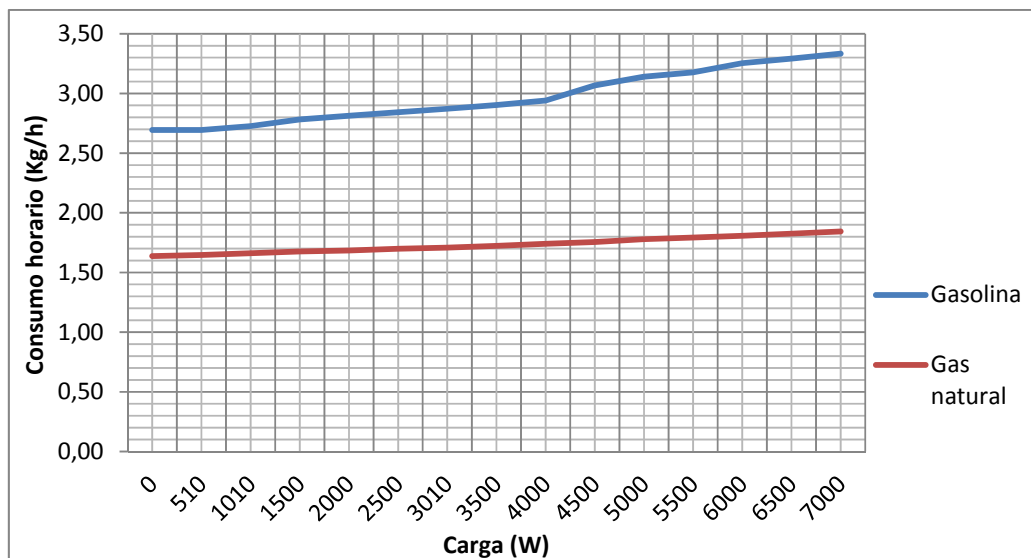


La potencia estándar generada por los dos combustibles es mayor a la potencia medida debido a las condiciones ambientales que opera el motor.

Tabla 4. Consumo horario de combustible en función de la carga.

| Carga (W) | Consumo horario (Kg/h) | Consumo Horario (Kg/h) |
|-----------|------------------------|------------------------|
| 0         | 2,69                   | 1,64                   |
| 510       | 2,69                   | 1,65                   |
| 1000      | 2,73                   | 1,66                   |
| 1500      | 2,78                   | 1,68                   |
| 2000      | 2,81                   | 1,68                   |
| 2500      | 2,84                   | 1,70                   |
| 3000      | 2,87                   | 1,71                   |
| 3500      | 2,9                    | 1,72                   |
| 4000      | 2,94                   | 1,74                   |
| 4500      | 3,07                   | 1,76                   |
| 5000      | 3,14                   | 1,78                   |
| 5500      | 3,18                   | 1,79                   |
| 6000      | 3,25                   | 1,81                   |
| 6500      | 3,29                   | 1,83                   |
| 7000      | 3,33                   | 1,84                   |

Gráfica 4. Consumo horario de combustible Vs carga.



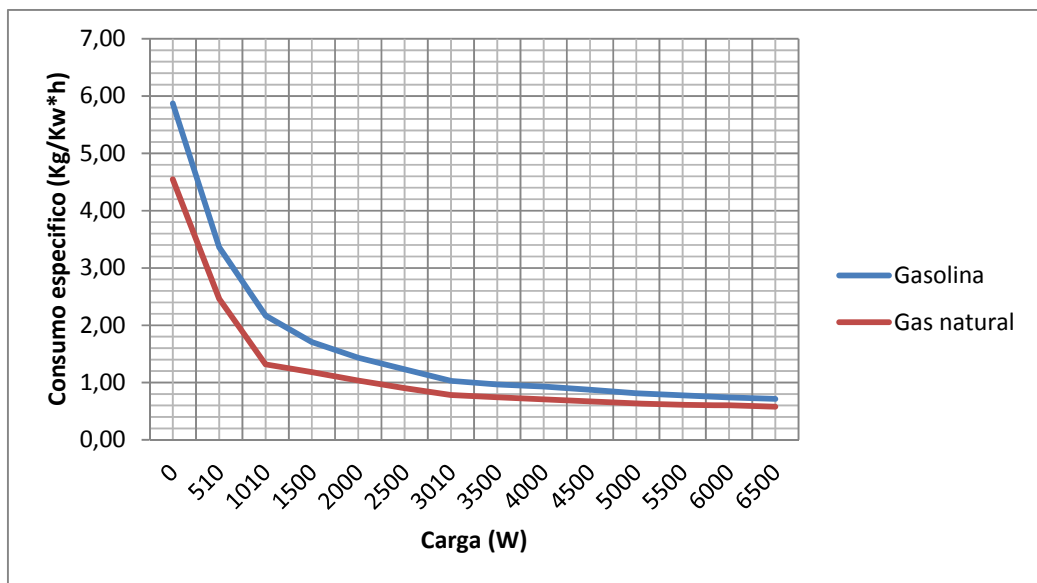
Una de las razones del porqué la gasolina genera mayor cantidad de energía es debido al consumo horario de combustible, que puede definirse como el consumo

en masa, el cual es mayor al consumo de gas en el motor.

Tabla 5. Consumo específico de combustible en función de la carga.

| Carga (W) | Sfc; "gasolina" (Kg/KW*h) | Sfc; "gas" (Kg/KW*h) |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| 0         | -----                     | -----                |
| 510       | 5,87                      | 4,55                 |
| 1010      | 3,36                      | 2,46                 |
| 1500      | 2,17                      | 1,32                 |
| 2000      | 1,71                      | 1,18                 |
| 2500      | 1,44                      | 1,03                 |
| 3010      | 1,23                      | 0,90                 |
| 3500      | 1,03                      | 0,78                 |
| 4000      | 0,97                      | 0,74                 |
| 4500      | 0,93                      | 0,71                 |
| 5000      | 0,87                      | 0,67                 |
| 5500      | 0,81                      | 0,64                 |
| 6000      | 0,78                      | 0,62                 |
| 6500      | 0,74                      | 0,60                 |
| 7000      | 0,71                      | 0,58                 |

Gráfica 5. Consumo específico Vs Carga.



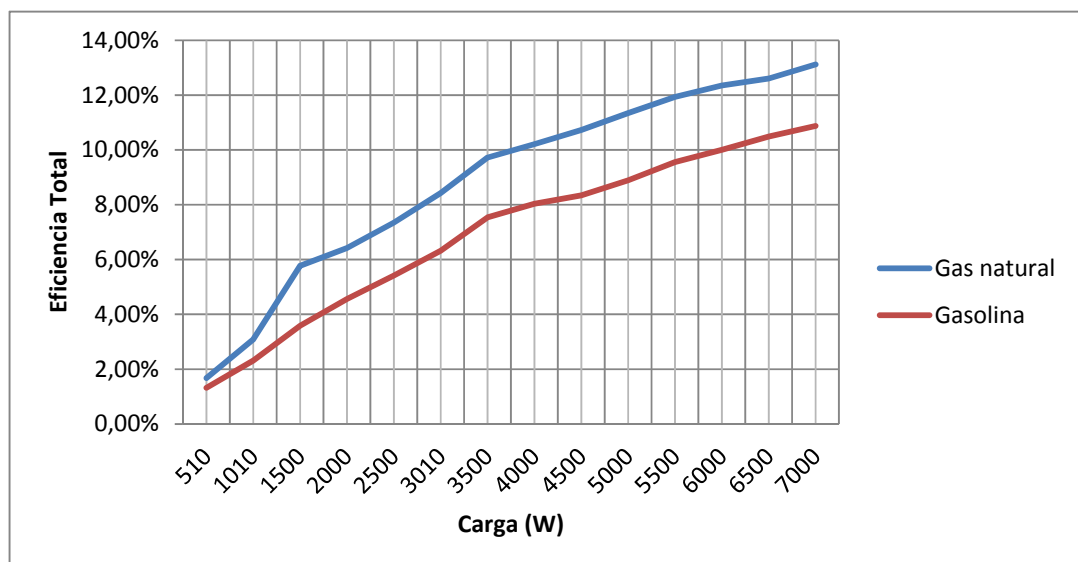
El consumo específico es la relación del consumo en masa por la potencia efectiva del motor, con carga baja el consumo específico de la gasolina es mucho mayor a

la del gas, pero debido al incremento de carga el consumo específico de combustible para ambos combustibles sometidos a la misma variación de carga tienden a igualarse.

Tabla 6. Eficiencia total en función de la carga.

| Carga(W) | Eficiencia Total; "gasolina" | Eficiencia Total; "gas natural" |
|----------|------------------------------|---------------------------------|
| 500      | 1,32%                        | 1,67%                           |
| 1000     | 2,31%                        | 3,09%                           |
| 1500     | 3,59%                        | 5,77%                           |
| 2000     | 4,56%                        | 6,42%                           |
| 2500     | 5,42%                        | 7,35%                           |
| 3000     | 6,32%                        | 8,43%                           |
| 3500     | 7,54%                        | 9,72%                           |
| 4000     | 8,03%                        | 10,21%                          |
| 4500     | 8,34%                        | 10,73%                          |
| 5000     | 8,89%                        | 11,35%                          |
| 5500     | 9,56%                        | 11,94%                          |
| 6000     | 10,01%                       | 12,35%                          |
| 6500     | 10,49%                       | 12,61%                          |
| 7000     | 10,87%                       | 13,12%                          |

Gráfica 6. Eficiencia total Vs Carga.



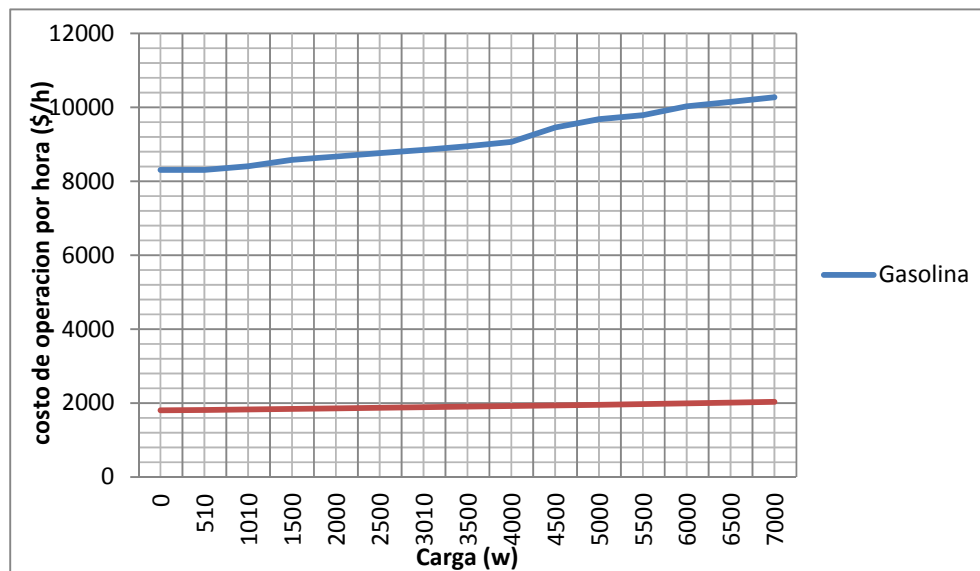
La eficiencia al trabajar con gas natural es mayor debido a que el consumo en

masa de gas es mucho menor al consumo en masa de la gasolina.

Tabla 7. Costo por hora de operación en función de la carga

| Carga(W) | \$/hora; Gasolina | \$/hora; Gas Natural |
|----------|-------------------|----------------------|
| 0        | 8305              | 1806                 |
| 500      | 8305              | 1816                 |
| 1000     | 8406              | 1832                 |
| 1500     | 8579              | 1848                 |
| 2000     | 8669              | 1857                 |
| 2500     | 8762              | 1873                 |
| 3000     | 8851              | 1883                 |
| 3500     | 8948              | 1899                 |
| 4000     | 9065              | 1919                 |
| 4500     | 9455              | 1935                 |
| 5000     | 9679              | 1960                 |
| 5500     | 9790              | 1976                 |
| 6000     | 10029             | 1992                 |
| 6500     | 10146             | 2012                 |
| 7000     | 10274             | 2030                 |

Gráfica 7. Costo por hora de operación Vs Carga.



El costo y el consumo de gasolina son mucho más elevados con respecto al gas natural.

### conclusiones

- La corriente generada por la gasolina es superior a la del gas natural, a máxima carga esta a 6 Amperios por encima.
- El voltaje generado por la gasolina es mucho mayor al que genera el gas natural aproximadamente 40 Voltios por encima.
- La potencia eléctrica generada por la gasolina es mayor a la generada por el gas natural a máxima carga aproximadamente 1500 W por encima.
- La potencia del motor utilizando la gasolina es superior que utilizando gas natural, debido al consumo en masa de la gasolina.
- La potencia estándar generada por los dos combustibles es mayor a la potencia medida debido a las condiciones ambientales que opera el motor.
- Una de las razones del porqué la gasolina genera mayor cantidad de energía es debido al consumo horario de combustible, que puede definirse como el consumo en masa, el cual es mayor al consumo de gas en el motor.
- El consumo específico es la relación del consumo en masa por la potencia efectiva del motor, con carga baja el consumo específico de la gasolina es mucho mayor a la del gas, pero debido al incremento de carga el consumo específico de combustible para ambos combustibles sometidos a la misma variación de carga tienden a igualarse.
- La eficiencia al trabajar con gas natural es mayor debido a que el consumo en masa de gas es mucho menor al consumo en masa de la gasolina.
- El costo y el consumo de gasolina son mucho más elevados con respecto al gas natural.

### Bibliografía

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.
- CARDENAS, Humberto. Utilización del biogás como combustible para motores

de combustión interna. Bucaramanga: Ed. UIS, 1994. 54 p.

- MORA, Jesús fraile. máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

## Anexo B. Plantillas de las prácticas.



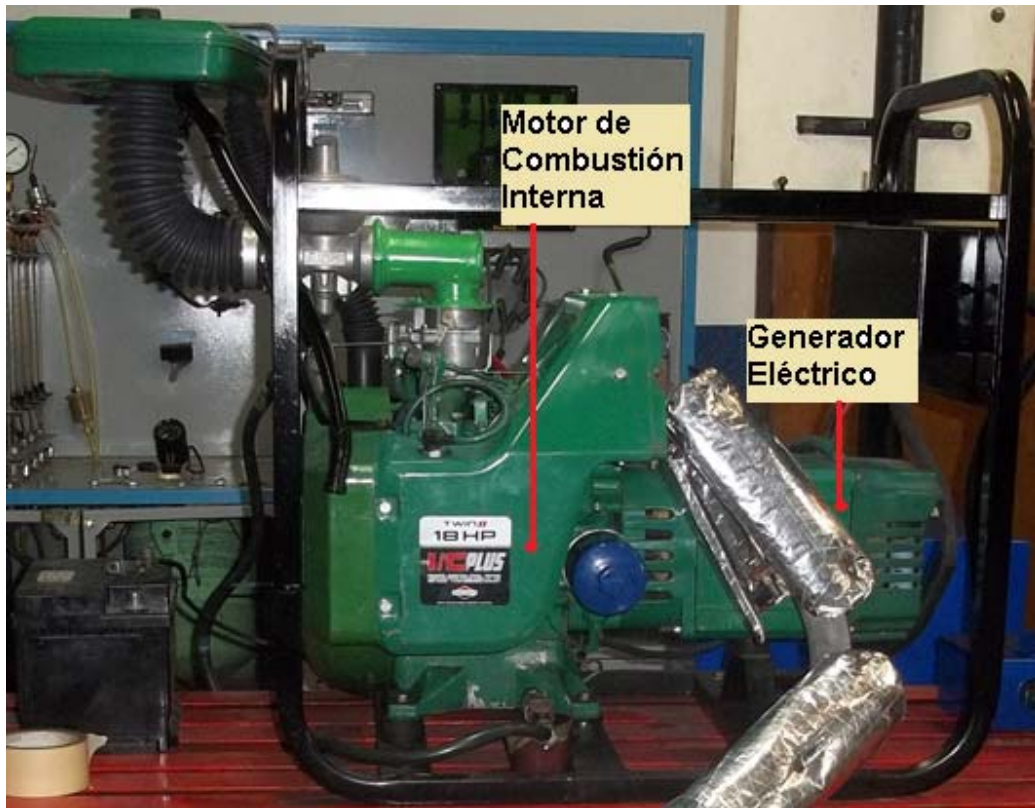
|   |  |   |  |   |  |
|---|--|---|--|---|--|
|    |  | <b>BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO</b> |  |  |  |
| <b>Práctica N°1</b> Identificación y operación del grupo electrógeno.   |  |   |  | <b>Tiempo:</b><br>1 hora.   |  |
| <b>Director:</b> Jorge Luis Chacón V.   |  | <b>Auxiliar:</b>                              |  | <b>Fecha:</b>   |  |
| <b>Nombre:</b>  |  | <b>Código:</b>                                |  | <b>Calificación:</b>  |  |
| <b>Objetivos de la práctica</b>   |  |   |  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las partes principales de cada sistema que compone el grupo electrógeno.</li> <li>• Conocer el funcionamiento y conversión de la energía química, térmica y mecánica en eléctrica.</li> <li>• Aplicar los conceptos fundamentales que rigen el funcionamiento de los grupos electrógenos.</li> <li>• Operar el grupo electrógeno con el propósito que los estudiantes observen su generación.</li> </ul> |  |   |  |   |  |
| <b>Materiales y equipos</b>   |  |   |  |   |  |
| 12. Banco del grupo electrógeno.  |  |   |  |   |  |
| <b>Marco teórico</b>  |  |   |  |   |  |
| <p><b>1. Grupo electrógeno</b></p> <p>Es una máquina que mueve un generador eléctrico o máquina síncrona a través de un motor de combustión interna que puede ser de ignición por chispa o por compresión, en la figura 1 se muestra el grupo electrógeno de LMTA.</p>  |  |   |  |   |  |

Figura 1. Grupo electrógeno del LMTA.

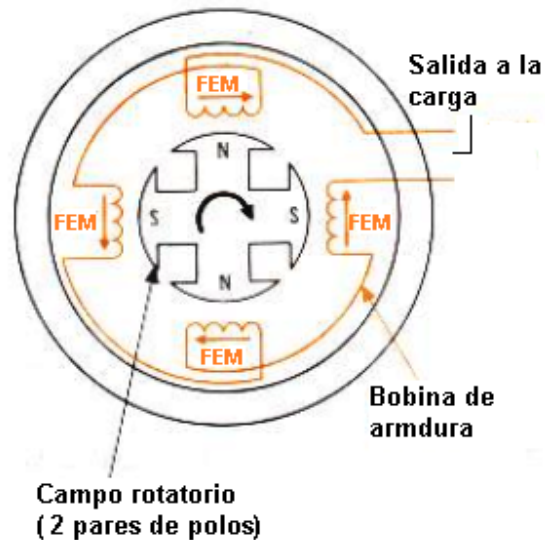


Fuente: Autores.

## 2. Generador de corriente alterna.

Para estos generadores la armadura estacionaria consta de numerosas bobinas, cada una con más de una espira. Las bobinas están devanadas de manera que cada uno de los voltajes en las espiras de cualquier bobina se suma para producir el voltaje total de la bobina, en la figura 2 se muestra el esquema de un generador monofásico que corresponde al generador del grupo electrógeno del LMTA.

Figura 2. Generador monofásico.



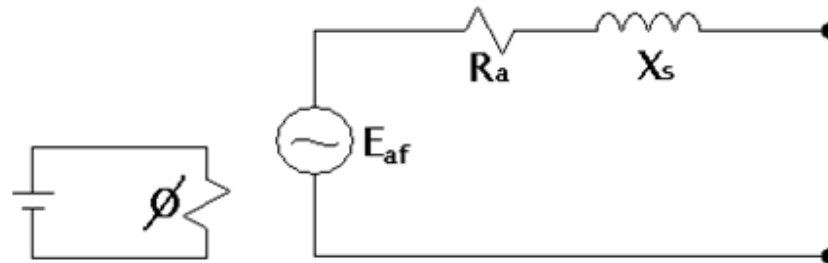
Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc69.php>

Como se muestra en la figura anterior, si todas las bobinas se conectan en serie aditiva el generador tiene una salida única. La salida es sinusoidal y en cualquier instante es igual en amplitud a la suma de voltajes inducidos en cada una de las bobinas, un generador de esta forma es un generador monofásico o de una sola fase.

Se debe tener claro que el devanado de campo es un electroimán y por lo tanto, necesita corriente para producir su campo magnético, el voltaje aplicado al devanado de campo es de corriente continua CC.

El circuito monofásico equivalente de un Generador Síncrono viene representado en la siguiente figura:

Figura 3. Circuito equivalente de un generador monofásico.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos82/generadores-sincronos/generadores-sincronos2.shtml>.

La definición de las variables son:

$E_{af}$  es la tensión inducida, producido gracias al flujo que se genera al circular la corriente de campo por su respectivo circuito.

$R_a$  es la resistencia de armadura.

$X_s$  es la reactancia síncrona.

### 3. Motor de combustión interna de ignición por chispa.

La gran mayoría de Motores de Combustión Interna (MCI) manejan el principio del émbolo recíprocante en donde el émbolo se desliza hacia adelante y atrás dentro de un cilindro, transmitiendo fuerza a una flecha motriz mediante un simple mecanismo biela y manivela. En 1862, Beau de Rochas propuso la secuencia de funcionamiento para el motor de émbolo recíprocante.

- **Carrera de admisión.**

Una carrera de admisión para introducir una mezcla de aire combustible dentro del cilindro del motor, donde la válvula de admisión permanece abierta y la válvula de escape permanece cerrada durante la mayor parte de la carrera.

- **Carrera de compresión.**

Una carrera de compresión para elevar la temperatura de la mezcla, para lo cual las dos válvulas deben permanecer cerradas.

- **Carrera de expansión.**

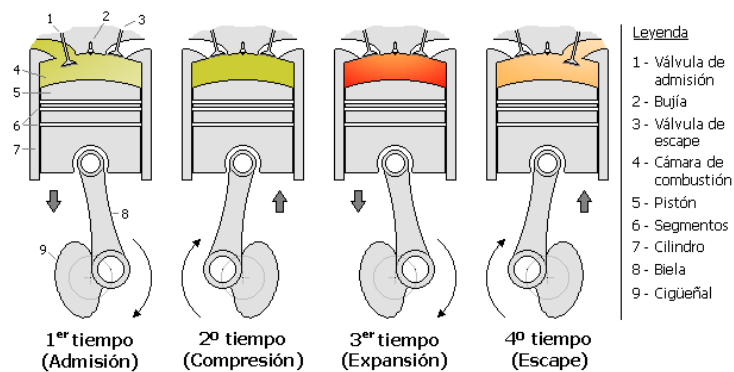
Carrera de potencia o de trabajo cuando ocurre la chispa y el encendido consecuente de la mezcla aire combustible liberando energía que aumenta la temperatura y la presión de los gases descendiendo el émbolo en la carrera de expansión, con las dos válvulas cerradas.

- **Carrera de escape.**

Para barrer el cilindro y expulsar los gases quemados, la válvula de escape debe estar abierta.

En 1876 el ingeniero alemán Otto aprovechando el principio de Beau de Rochas construyó un motor de ciclo de trabajo de 4 carreras, a lo cual se le denominó ciclo Otto como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Ciclo Otto.



Fuente: <http://motoresymáquinas.blogspot.com/p/motores-termicos.html>

#### 4. Dimensiones del Grupo Electrónico.

Las capacidades del motor y del generador se consideran tanto de forma individual como colectiva al seleccionar grupos electrónicos. Los motores producen potencia (HP o kilovatios) a la vez que controlan la velocidad o la frecuencia. Los generadores influyen en el comportamiento del motor, pero principalmente son responsables de convertir la energía del motor en kilovoltios amperios ( $kV * A$ ). También deben satisfacer las altas absorciones de corriente de magnetización ( $kVAR$ ) de los equipos eléctricos.

El diseño inicial del sistema de energía considera la potencia necesaria del grupo electrónico en kilovatios ( $kW$ ). Esto resume todas las cargas conectadas al generador.

#### 5. Potencia y factor de potencia.

La potencia de los circuitos de CA (corriente alterna) viene determinada de forma muy parecida a de los circuitos de CC (corriente continua) siempre y cuando la corriente y el voltaje estén en fase. Para cargas puramente resistivas, la potencia en vatios se calcula multiplicando el voltaje eficaz por la intensidad eficaz en amperios. Cuando hay presentes elementos inductores o capacitivos en la carga, el producto del voltaje por la intensidad deja dar una indicación real de la potencia consumida en la realidad. En dichos casos, se debe aplicar un factor de corrección, conocido como el factor de potencia de la carga.

$$\text{factor de potencia} = \frac{\text{potencia real (vatios)}}{\text{potencia aparente}(V * A)} \quad (1).$$

En términos matemáticos, el factor de potencia es igual al coseno del ángulo de adelanto o del retraso del voltaje.

$$\text{factor de potencia} = \cos\gamma \quad (2).$$

## 6. Requisitos de carga en kW y kW\*A.

Al seleccionar el grupo electrógeno del tamaño correcto para una carga dada, los requisitos de carga en  $kV \cdot A$  son el factor mas importante. El grupo electrógeno debe tener una capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado en cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. La práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a un 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales.

## 7. Generador en función del tamaño del motor.

Normalmente los grupos electrógenos se suministran con un generador que corresponda a la capacidad del motor. No obstante, en casos en que los factores de potencia sean bajos, tal vez resulte ventajoso seleccionar un generador de sobre medida en vez de especificar el grupo electrógeno inmediatamente mayor. Como la potencia de salida del motor esta relacionada con los  $kW$  y no necesariamente con los  $kV \cdot A$  para una potencia dada del motor, un generador de sobre medida suministrará esencialmente la misma potencia en  $kW$  que un generador normal, pero podrá tolerar un mayor valor de  $kV \cdot A$  reactivos debido a su mayor capacidad de transporte de corriente. Los rendimientos del motor y del generador están relacionados por las siguientes formulas:

$$Ne = fp * Pg \quad (3).$$

$$Pem = \frac{Ne}{\eta_g} \quad (4).$$

$Pg$  Es la Potencia del generador en  $kV * A$  .

$f_p$  es el factor de Potencia de la carga conectada.

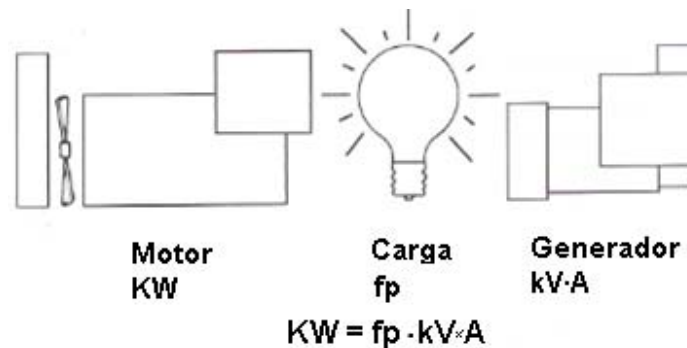
$N_e$  es la potencia eléctrica.

$P_{em}$  es la potencia efectiva del motor.

$\eta_g$  es la eficiencia del generador.

En la figura 5 se representa la ecuación de potencia eléctrica.

Figura 5. Representación ilustrada de la potencia eléctrica.



Fuente: guía de aplicación e instalación de grupos electrógenos.

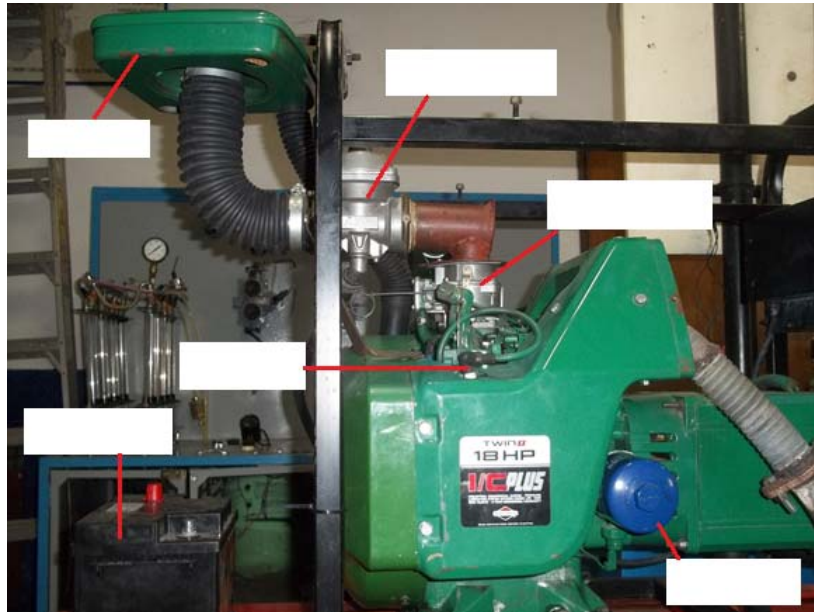
## 8. Tamaño y selección del motor.

El tamaño de los motores depende la potencia real en  $kW$  necesaria para satisfacer las necesidades de la instalación. El generador, por otra parte, debe tener la capacidad para la máxima potencia aparente medida en  $kV * A$ . existen varias formas de identificar la potencia real. Se puede calcular sumando los valores nominales de las placas de identificación de los equipos que vayan a ser impulsados por el generador. Si se hace esto, también se debe sumar las eficiencias de los equipos. La potencia real puede determinarse realizando un análisis de carga en la instalación. Esto comprende la realización de una encuesta de requisitos de potencia durante el periodo.

## Procedimiento

1. Identificar las partes principales del M.C.I del grupo electrógeno del LMTA, que se muestra en la figura 1.

Figura 1. Partes principales del motor.



2. Identificar las partes del tablero del generador, que se muestra en la figura 2.

Figura 2. Tablero del generador.



3. Reconocer las partes principales de los tableros de control y de medición, que se muestran en las figura 3 y 4.

Figura 3. Tablero de control

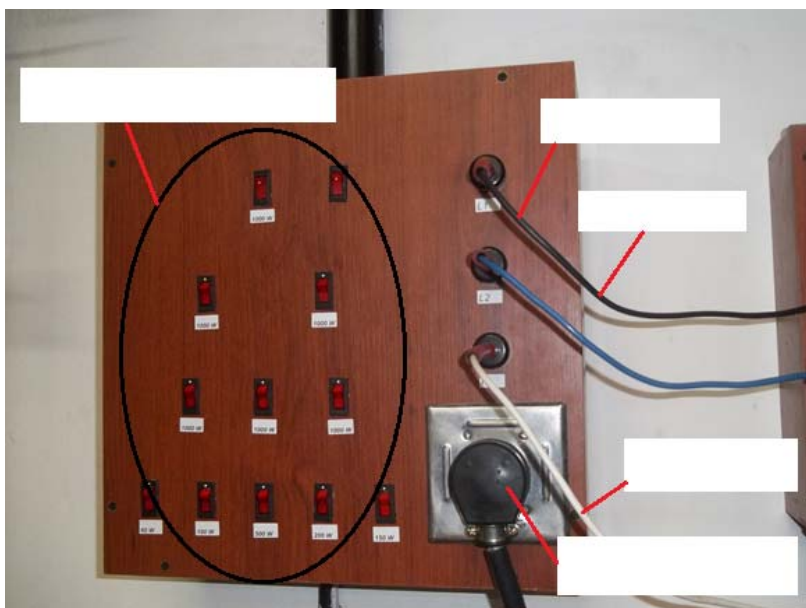


Figura 4. Tablero de medición.



4. Analice el circuito eléctrico para la disipación de energía, para el control de carga y la medición de la potencia generada, que se muestra en la figura 5 e identifique el tablero de consumo, el tablero de control de carga y el tablero de medición. La descripción de la nomenclatura se encuentra en la tabla 1.

Figura 5. Circuito eléctrico global.

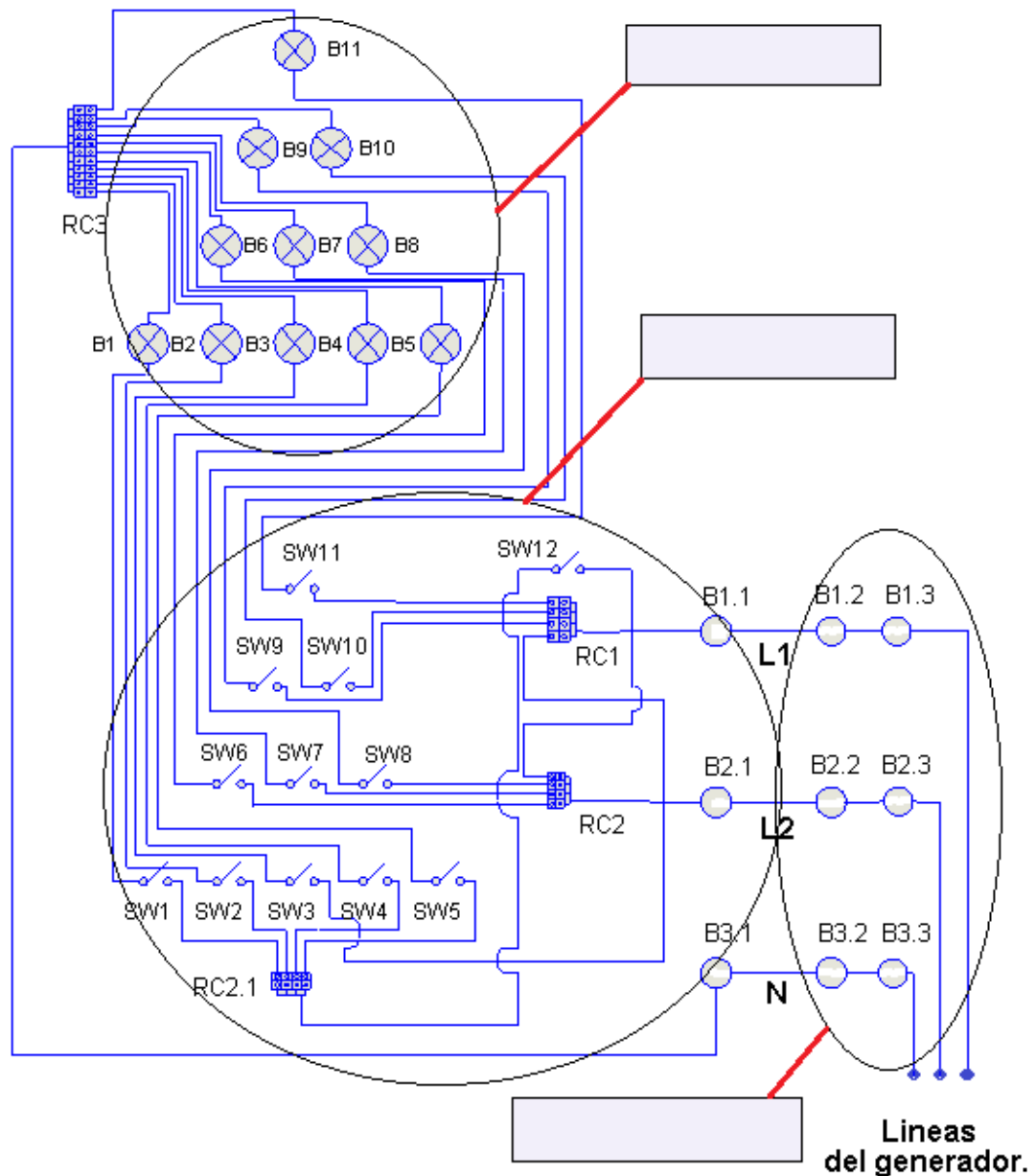
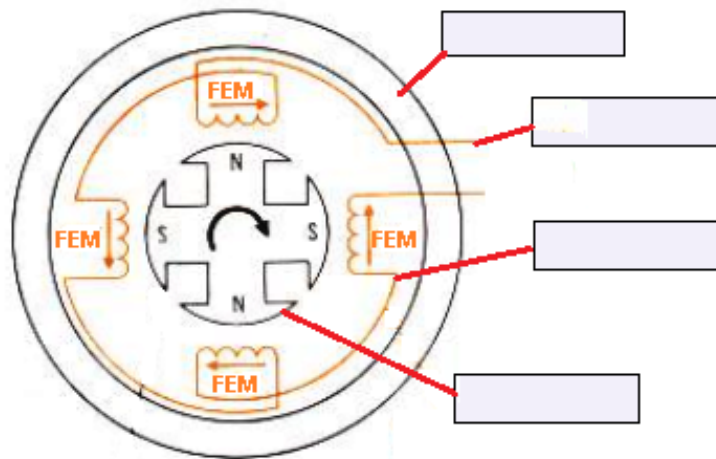


Tabla 1. Descripción de la nomenclatura del circuito.

|  |   |
|--|---|
| <b>B1.3, B2.3, B3.3</b>                                      | Bornes del tablero de medición utilizados para medir el voltaje entre líneas.   |
| <b>B1.1 a B1.2.<br/>B2.1 a B2.2.<br/>B3.1 a B3.2.</b>        | Bornes que unen el tablero de medición y control, por medio de un cable intermedio por el cual se mide la corriente en las líneas.                              |
| <b>SW1, SW2, SW4,<br/>SW5, SW6, SW7,<br/>SW8</b>             | Switches que permiten circular la corriente de L2. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 60W, 100W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W. |
| <b>SW3, SW9,<br/>SW10, SW11</b>                              | Switches que permiten la corriente de L1. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 500W, 1000W, 1000W, 1000W.                           |
| <b>SW12</b>  | Permite que la corriente de L2 alimente los switches; SW1, SW2, SW4, SW5.   |
| <b>RC1</b>   | Regleta común, para distribuir la corriente de L1.  |
| <b>RC2 y RC2.1</b>   | Regletas comunes, para distribuir la corriente de L2.   |
| <b>RC3</b>   | Regleta común para la línea N.  |
| <b>B1, B2, B3, B4,<br/>B5, B6, B7, B8,<br/>B9, B10, B11.</b> | Bombillas de consumo con valores en su orden de; 60W, 100W, 500W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W  |

5. Identifique el campo rotatorio, la armadura, la bobina de armadura y la salida a la carga en el generador monofásico que se muestra en la figura 6.

Figura 6. Generador monofásico.



6. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Líneas de corriente y clavija del tablero de control.



7. Revise la conexión de los cables de energía:

- Conecte correctamente la batería como se muestra en la figura 8, utilice una llave para apretar los bornes en la batería.

Figura 8. Conectar la batería.



- Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador, como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.



8. Verifique el nivel de aceite del motor como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Verificación del Nivel de aceite.



Fuente: Autores.

El nivel de aceite debe estar entre los límites ADD y FULL, si esta por debajo de ADD se debe agregar la cantidad necesaria y si excede el límite de FULL debe sacarse la cantidad requerida.

9. Si va ha trabajar con gasolina, revise el nivel del tanque y abra la llave de paso (figura 11) verificando que no halla fugas.

Figura 11. Llave de paso de gasolina asía el carburador.



10. Si va a trabajar con gas, cierre la llave de paso de gasolina, luego abra las dos válvulas manuales de paso y active la electroválvula conectándola al regulador de voltaje a 7V, como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Conexión del regulador de gas.



11. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario, como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Switch del encendido del motor.

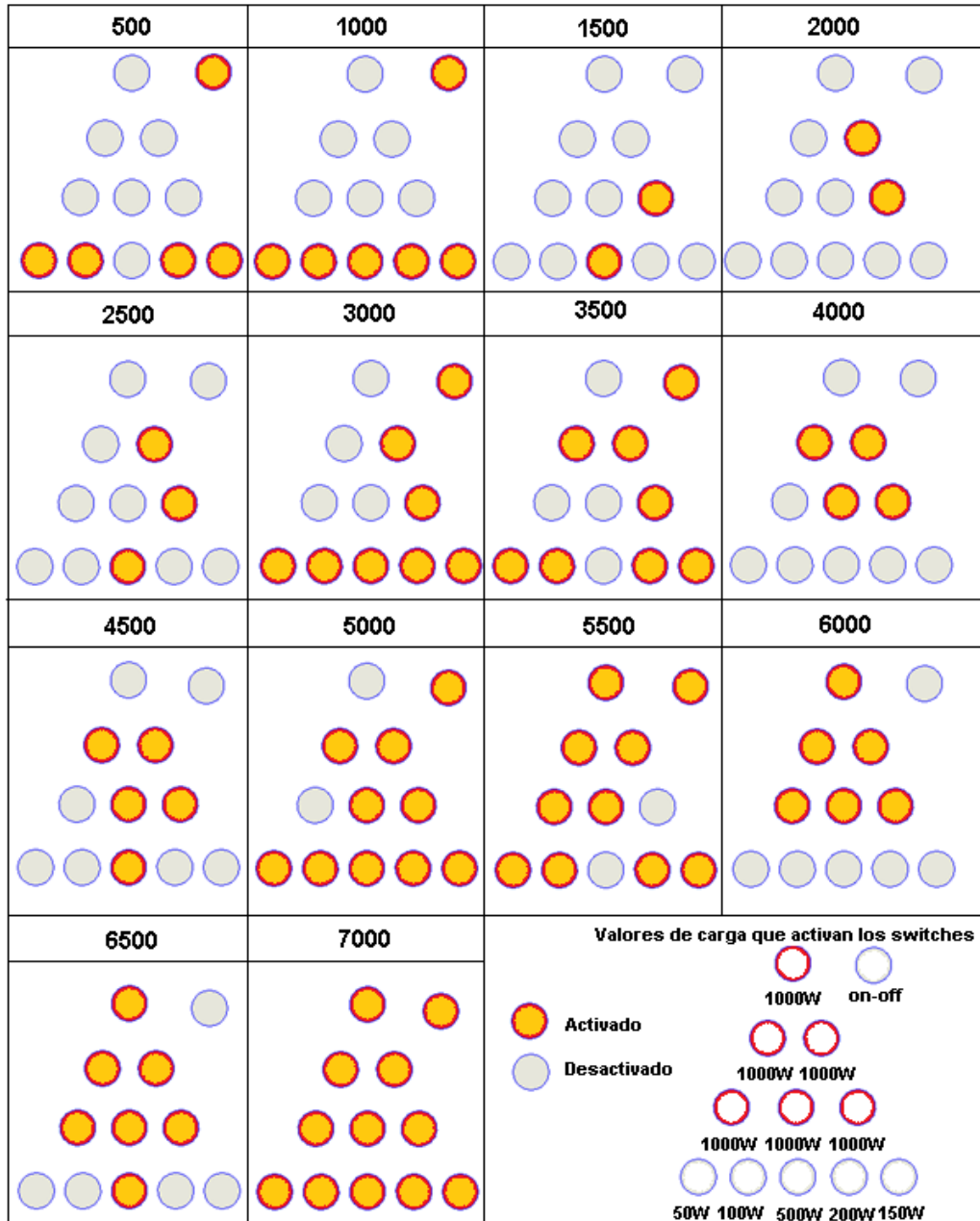


Deje trabajar en vacío el grupo electrógeno por 5 minutos para que el motor entre en régimen de operación estable.

12. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de

control de carga, como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Orden de encendido de las bombillas.



Observe y discuta la operación del grupo electrógeno.

### Conclusiones

Concluya lo aprendido en la practica:

### Bibliografía

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.

Si utiliza otras fuentes bibliográficas regístrelas:



**BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO**



|  |                  |                      |
|--|------------------|----------------------|
| <b>Práctica N° 2</b> Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando como combustible la gasolina. |                  | Tiempo: 2 hora.      |
| <b>Director:</b> Jorge Luis Chacón Velasco   | <b>Auxiliar:</b> | <b>Fecha:</b>        |
| <b>Nombre:</b>   | <b>Código:</b>   | <b>Calificación:</b> |

**Objetivos de la práctica**

- Medir corrientes y voltajes generados.
- Calcular la potencia eléctrica generada por el grupo electrógeno.
- Calcular la potencia del M.C.I.
- Medir el consumo horario y específico de combustible del M.C.I del grupo electrógeno.
- Hallar la eficiencia total del grupo electrógeno a partir de la potencia generada y el consumo de combustible.
- Comparar los valores nominales y generados de potencia.
- Hallar el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.
- Graficar los resultados, y hacer el análisis correspondiente.

**Materiales y equipos**

- Banco de pruebas del Grupo electrógeno.
- Cronometro.
- Pinza voltiamperimétrica.
- Guantes.
- Gafas de protección.
- Protectores auditivos.
- Botas de seguridad.

- Vestuario adecuado al laboratorio.

## Marco teórico

### 1. Introducción.

El propósito de la práctica experimental es generar energía eléctrica a partir de la operación de un grupo electrógeno del LMTA utilizando como combustible la gasolina. Se analizará la potencia generada por el grupo electrógeno, la potencia efectiva del motor, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.

### 2. Potencia Eléctrica Generada.

Es la cantidad de energía entregada por el grupo electrógeno a un elemento en un tiempo determinado, en este caso a una serie de bombillas incandescentes.

La potencia eléctrica generada se calcula por medio de la siguiente ecuación:

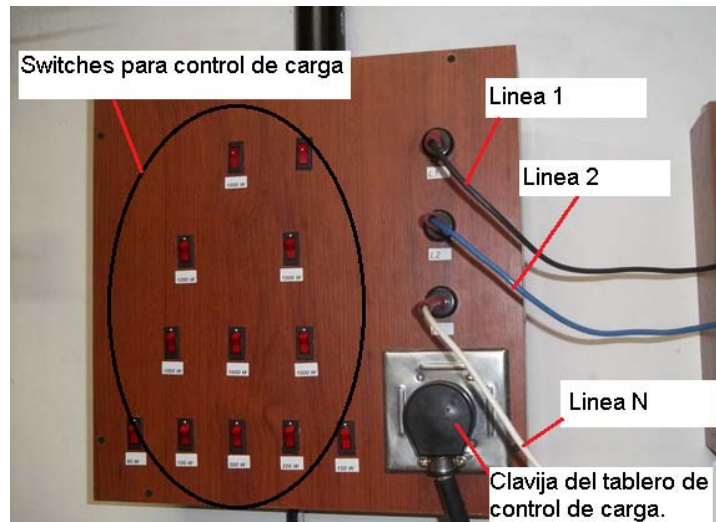
$$Ne = fp \cdot V \cdot I \quad (1).$$

Donde  $fp$  es el factor de potencia de valor la unidad, debido que la carga impuesta es por bombillas incandescentes,  $V$  es el voltaje entre líneas e  $I$  es la corriente producida. Para el caso del grupo electrógeno del LMTA, la potencia eléctrica generada se calcula de la siguiente forma:

$$Ne = V_{L1-N} * I_{l1} + V_{L2-N} * I_{l2} \quad (2).$$

Donde:  $V_{L1-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L1-N$  y  $V_{L2-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L2-N$  e  $I_{l1} - I_{l2}$  son las corrientes medidas por los cables  $L1$  y  $L2$  que van del tablero de medición al tablero de control de carga, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Tablero de control de carga.



La eficiencia de un generador esta alrededor del 92% al 96%. El generador Powermate 7000W comercial tiene una eficiencia del 95%.

La potencia efectiva del motor,  $P_{em}$  se calcula por la siguiente ecuación:

$$P_{em} = \frac{Ne}{\eta_g} \quad (3).$$

Donde:  $\eta_g$  es la eficiencia del generador.

Para hallar la potencia efectiva estándar del motor,  $P_{esm}$  se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{esm} = C_f P_{em} \quad (4).$$

Donde  $C_f$  es el factor de corrección y se calcula de acuerdo a la ecuación 5.

$$C_f = \frac{P_{s,d}}{P_m - P_{v,m}} \left( \frac{T_m}{T_s} \right)^{1/2} \quad (5).$$

En donde:

$P_{s,d}$  Es la Presión absoluta estándar del aire seco.

$P_m$  Es la Presión absoluta medida del aire ambiente.

$P_{v,m}$  Es la presión parcial medida del vapor de agua ambiente.

$T_m$  . Es la temperatura ambiente medida.

$T_s$  Es la temperatura ambiente estándar.

Las condiciones estándar del aire ambiente se dan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones estándar del aire ambiente

| Presión de aire seco (Kpa) | Presión de vapor de agua(Kpa) | Temperatura(°C) |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 102,2                      | 1,287                         | 29,4            |

La presión medida de vapor de agua ambiente  $P_{v,m}$  se calcula en la ecuación 6.

$$P_{v,m} = \phi \cdot P_g \quad (6).$$

Donde  $\phi$  es la humedad relativa y  $P_g$  es la presión de vapor, igual a la presión de saturación a la temperatura ambiente.

### 3. Consumo horario de gasolina.

El consumo horario de combustible es la cantidad de combustible utilizado en la generación de energía en un tiempo determinado. Para medir el consumo de gasolina en un periodo de tiempo se utiliza un recipiente comunicado al tanque de almacenamiento de gasolina como se muestra en la figura 2, que mide el consumo de combustible en litros. Para contar el tiempo de consumo se mide con un cronómetro.

Figura 2. Tanque y regla de medición.



La ecuación que describe el consumo horario de combustible es la siguiente:

$$\dot{m}_c = \frac{\rho \cdot V}{t} \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad (7).$$

Donde  $\rho$  es la densidad del combustible que aproximadamente es de  $700 \frac{Kg}{m^3}$ ,  $V$  es el volumen consumido medido en el tubo de vidrio y  $t$  es el tiempo de consumo en horas.

#### 4. Consumo específico de combustible.

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

$$Sfc = \frac{\dot{m}_c}{P_{em}} \left[ \frac{Kg}{KW \cdot h} \right] \quad (8).$$

## 5. Carga.

La carga son los requisitos en  $kV \cdot A$  que el grupo electrógeno debe suministrar a un sistema eléctrico. El grupo electrógeno debe tener la capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado en cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. La práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a un 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales.

En este caso la carga impuesta, son una serie de bombillas incandescentes con diferentes valores de potencia de consumo en watts. A medida que se acciona cada switch en el tablero de control de carga se encenderá una bombilla de un valor determinado de consumo en watts, hasta llegar a la capacidad del grupo electrógeno de 7000W.

## 6. Eficiencia total del grupo electrógeno.

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

$$\eta_T = \frac{\text{potencia generada}(KW)}{\text{consumo}(Kg/seg) * \text{poder calorífico}(KJ/Kg)} \quad (9)$$

El poder calorífico de la gasolina es de aproximadamente 44000KJ/Kg.

Para determinar el costo en pesos por cada hora de operación, el precio de la gasolina esta en un promedio de \$8750/ gal.

El costo por hora de operación (\$/h) es igual al consumo de combustible por hora de operación (gal /h) multiplicado por el precio en pesos por cada galón (\$/gal).

### Procedimiento

1. Medir la temperatura ambiente y humedad relativa del sitio por medio del

centro meteorológico del laboratorio de sistemas térmicos.

2. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Líneas de corriente y clavija del tablero de control.



3. Revise la conexión de los cables de energía:

- Conecte correctamente la batería como se muestra en la figura 7, utilice una llave para apretar los bornes en la batería.

Figura 2. Conectar la batería.



- Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía

del generador, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.



4. Verifique el nivel de aceite del motor como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Verificación del Nivel de aceite.



Fuente: Autores.

El nivel de aceite debe estar entre los límites ADD y FULL, si esta por debajo de ADD se debe agregar la cantidad necesaria y si excede el límite de FULL debe sacarse la cantidad requerida.

5. Si va a trabajar con gasolina, revise el nivel del tanque y abra la llave de paso

(figura 5) verificando que no halla fugas.

Figura 5. Llave de paso de gasolina asía el carburador.



Fuente: Autores.

6. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Switch del encendido del motor.

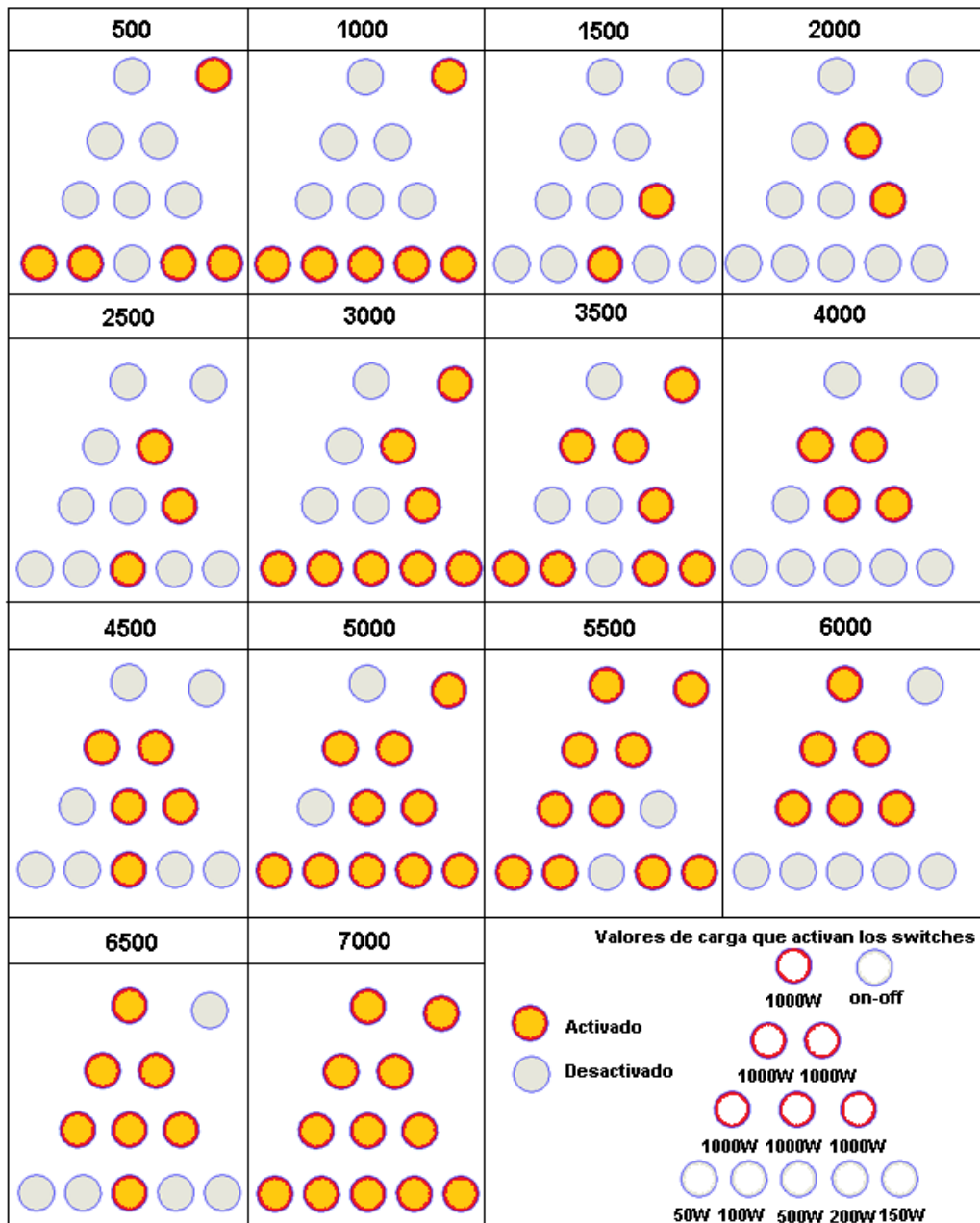


Fuente: Autores.

Deje trabajar en vacío el grupo electrógeno por 5 minutos para que el motor entre en régimen de operación estable.

7. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Orden de encendido de las bombillas.



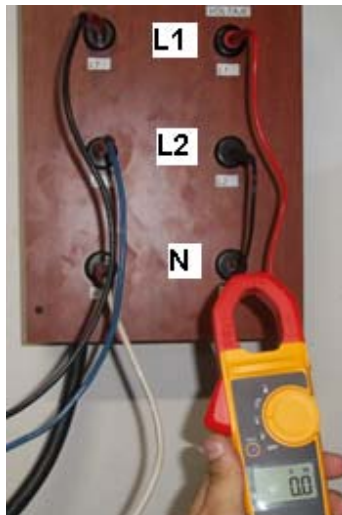
8. Mida y registre en la tabla 1 de la sección de tablas y gráficas, los valores de corriente que pasa a través de las líneas L1-L2 y de voltaje entre las líneas L1-

N, L2-N y L1-L2 para cada valor de carga, como se muestran en la figura 8 y 9.

Figura 8. Medir corriente de las líneas L1 (cable negro) y L2 (cable azul).



Figura 9. Medir voltaje entre líneas.



9. Luego calcule y registre en la tabla 2 de la sección de tablas y gráficas, los valores de potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor como se indicó en el marco teórico.

10. Mida el consumo horario de combustible para cada valor de carga impuesta:

- Si es gasolina tenga presente el nivel de gasolina inicial, cada espacio entre

líneas en la regla representa 0,1 litros.

Figura 10. Regla para medir el consumo.



Luego calcule y registre en la tabla 3 de la sección de tablas y gráficas el consumo específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación.

### Tabla de datos y gráficas

En la tabla 1 se registran los valores medidos de corrientes y voltajes descritos en el numeral 4 del procedimiento.

Tabla 1. Voltajes y corrientes en función de la carga.

| Carga (W) | Corriente en L1(A) | Corriente en L2(A) | Corriente total (A) | Voltaje; L1-N (V) | Voltaje; L2-N (V) | Voltaje Total; L1-L2 (V) |
|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| 0         |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 510       |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 1000      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 1500      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 2000      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 2500      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 3000      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 3500      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |

Tabla 1. (Continuación) Voltajes y corrientes en función de la carga.

|      |  |  |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|--|
| 4000 |  |  |  |  |  |  |
| 4500 |  |  |  |  |  |  |
| 5000 |  |  |  |  |  |  |
| 5500 |  |  |  |  |  |  |
| 6000 |  |  |  |  |  |  |
| 6500 |  |  |  |  |  |  |
| 7000 |  |  |  |  |  |  |

Luego de registrar los valores, anexe las graficas con su respectivo análisis del voltaje total y corriente total generadas, en función de la carga.

Después de medir la corriente y voltaje entre líneas, se calculan los valores de la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga. Registre sus valores en la tabla 2.

Tabla 2. Potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Potencia eléctrica generada; <math>N_e</math> (W)</b> | <b>Potencia efectiva del motor; <math>P_{em}</math> (W)</b> | <b>Potencia efectiva del motor; "estándar" <math>P_{esm}</math> (W).</b> |
|------------------|--|---|--|
| 0                |  |   |  |
| 510              |  |   |  |
| 1000             |  |   |  |
| 1500             |  |   |  |
| 2000             |  |   |  |
| 2500             |  |   |  |
| 3000             |  |   |  |
| 3500             |  |   |  |
| 4000             |  |   |  |
| 4500             |  |   |  |
| 5000             |  |   |  |
| 5500             |  |   |  |
| 6000             |  |   |  |
| 6500             |  |   |  |
| 7000             |  |   |  |

Luego de registrar los valores, anexe la gráfica con su respectivo análisis de la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.

En la tabla 3 se registran los valores medidos del consumo en (L/h), los calculados del consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $S_{fc}$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , cada una de las variables en función de la carga impuesta en KW.

Tabla 3. Consumo en (L/h), consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $S_{fc}$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , en función de la carga impuesta en KW.

| Carga (W) | Consumo (L/h) | Consumo horario (Kg/h) | consumo específico (Kg/KW*h) | Eficiencia total. | Costo por hora de operación (\$/hora). |
|-----------|---------------|------------------------|------------------------------|-------------------|--|
| 0         |               |                        |                              |                   |  |
| 510       |               |                        |                              |                   |  |
| 1000      |               |                        |                              |                   |  |
| 1500      |               |                        |                              |                   |  |
| 2000      |               |                        |                              |                   |  |
| 2500      |               |                        |                              |                   |  |
| 3000      |               |                        |                              |                   |  |
| 3500      |               |                        |                              |                   |  |
| 4000      |               |                        |                              |                   |  |
| 4500      |               |                        |                              |                   |  |
| 5000      |               |                        |                              |                   |  |
| 5500      |               |                        |                              |                   |  |
| 6000      |               |                        |                              |                   |  |
| 6500      |               |                        |                              |                   |  |
| 7000      |               |                        |                              |                   |  |

Luego de registrar los valores, anexe la gráfica con su respectivo análisis del consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $S_{fc}$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , en función de la carga impuesta en KW.

### conclusiones

Concluya lo aprendido en la práctica.

### Bibliografía

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.
- CARDENAS, Humberto. Utilización del biogás como combustible para motores de combustión interna. Bucaramanga: Ed. UIS, 1994. 54 p.
- MORA, Jesús fraile. máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

Sí utiliza otras fuentes bibliográficas regístrelas:



**BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO**



|   |                  |                      |
|---|------------------|----------------------|
| <b>Práctica N° 3</b> Generación de potencia eléctrica por medio del grupo electrógeno utilizando gas natural.   |                  | Tiempo: 2 hora.      |
| <b>Director:</b> Jorge Luis chacón Velasco  | <b>Auxiliar:</b> | <b>Fecha:</b>        |
| <b>Nombre:</b>  | <b>Código:</b>   | <b>Calificación:</b> |
| <b>Objetivos de la práctica</b>   |                  |                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir corrientes y voltajes generados.</li> <li>• Calcular la potencia generada por el grupo electrógeno.</li> <li>• Calcular la potencia del M.C.I.</li> <li>• Medir el consumo horario y específico de combustible del motor.</li> <li>• Hallar la eficiencia total del grupo electrógeno a partir de la potencia generada y el consumo de combustible.</li> <li>• Comparar los valores nominales y generados de potencia.</li> <li>• Hallar el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.</li> <li>• Graficar los resultados, y hacer el análisis correspondiente.</li> </ul> |                  |                      |
| <b>Materiales y equipos</b>   |                  |                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de pruebas del Grupo electrógeno.</li> <li>• Cronometro.</li> <li>• Pinza voltiamperimétrica.</li> <li>• Guantes.</li> <li>• Gafas de protección.</li> <li>• Protectores auditivos.</li> <li>• Botas de seguridad.</li> <li>• Vestuario adecuado al laboratorio.</li> </ul>  |                  |                      |

## Marco teórico

### 1. Introducción.

El propósito de la práctica experimental es generar energía eléctrica a partir de la operación de un grupo electrógeno del LMTA utilizando como combustible la gasolina. Se analizará la potencia generada por el grupo electrógeno, la potencia efectiva del motor, el consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación a diferentes condiciones de carga.

### 2. Potencia Eléctrica Generada.

Es la cantidad de energía entregada por el grupo electrógeno a un elemento en un tiempo determinado, en este caso a una serie de bombillas incandescentes.

La potencia eléctrica generada se calcula por medio de la siguiente ecuación:

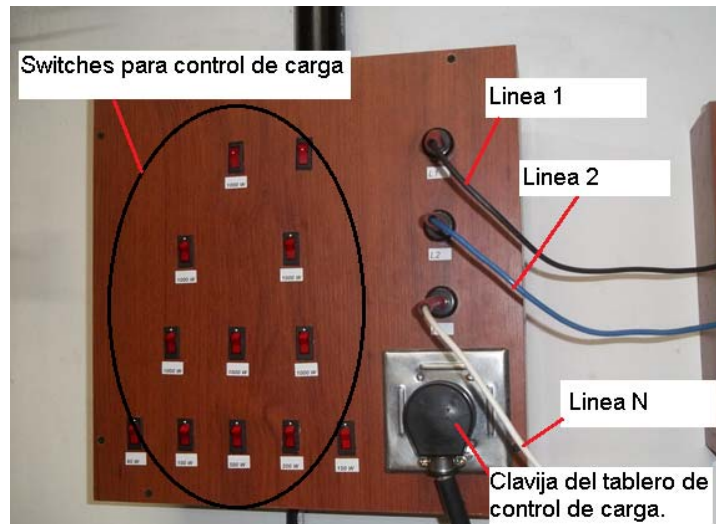
$$Ne = fp \cdot V \cdot I \quad (1).$$

Donde  $fp$  es el factor de potencia de valor la unidad, debido que la carga impuesta es por bombillas incandescentes,  $V$  es el voltaje entre líneas e  $I$  es la corriente producida. Para el caso del grupo electrógeno del LMTA, la potencia eléctrica generada se calcula de la siguiente forma:

$$Ne = V_{L1-N} * I_{l1} + V_{L2-N} * I_{l2} \quad (2).$$

Donde:  $V_{L1-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L1-N$  y  $V_{L2-N}$  es el voltaje medido entre las líneas  $L2-N$  e  $I_{l1} - I_{l2}$  son las corrientes medidas por los cables  $L1$  y  $L2$  que van del tablero de medición al tablero de control de carga, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Tablero de control de carga.



La eficiencia de un generador esta alrededor del 92% al 96%. El generador Powermate 7000W comercial tiene una eficiencia del 95%.

La potencia efectiva del motor,  $P_{em}$  se calcula por la siguiente ecuación:

$$P_{em} = \frac{Ne}{\eta_g} \quad (3).$$

Donde:  $\eta_g$  es la eficiencia del generador.

Para hallar la potencia efectiva estándar del motor,  $P_{esm}$  se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{esm} = C_f P_{em} \quad (4).$$

Donde  $C_f$  es el factor de corrección y se calcula de acuerdo a la ecuación 5.

$$C_f = \frac{P_{s,d}}{P_m - P_{v,m}} \left( \frac{T_m}{T_s} \right)^{1/2} \quad (5).$$

En donde:

$P_{s,d}$  Es la Presión absoluta estándar del aire seco.

$P_m$  Es la Presión absoluta medida del aire ambiente.

$P_{v,m}$  Es la presión parcial medida del vapor de agua ambiente.

$T_m$  . Es la temperatura ambiente medida.

$T_s$  Es la temperatura ambiente estándar.

Las condiciones estándar del aire ambiente se dan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones estándar del aire ambiente

| Presión de aire seco (Kpa) | Presión de vapor de agua(Kpa) | Temperatura(°C) |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 102,2                      | 1,287                         | 29,4            |

La presión medida de vapor de agua ambiente  $P_{v,m}$  se calcula en la ecuación 6.

$$P_{v,m} = \emptyset \cdot P_g \quad (6).$$

Donde  $\emptyset$  es la humedad relativa y  $P_g$  es la presión de vapor, igual a la presión de saturación a la temperatura ambiente.

### 3. Consumo horario de gas natural.

Tratándose de un fluido gaseoso y que además se halla en movimiento mientras se transfiere o consume, la forma más fácil y práctica de determinar el consumo ha sido medir la cantidad de gas que ha circulado en un determinado periodo de tiempo, expresada en unidades de volumen (metros cúbicos). En este caso el medidor que se encuentra instalado para el consumo de gas del grupo electrógeno es de tipo membrana marca YASAKI Modelo YV2A que se muestra

en la figura 2.

Figura 2. Medidor de membrana.



Para hallar el consumo horario de combustible del gas natural aplicamos la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_c = \frac{\rho \cdot V}{t} \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad (7).$$

Donde  $\rho$  es la densidad del gas natural que aproximadamente es de  $0,78 \frac{Kg}{m^3}$ ,  $V$  es el volumen consumido medido en el contador que en este caso es en metros cúbicos y  $t$  es el tiempo de consumo en horas.

#### 4. Consumo específico de combustible.

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

$$Sfc = \frac{\dot{m}_c}{P_{em}} \left[ \frac{Kg}{KW \cdot h} \right] \quad (8).$$

## 5. Carga.

La carga son los requisitos en  $kV \cdot A$  que el grupo electrógeno debe suministrar a un sistema eléctrico. El grupo electrógeno debe tener la capacidad suficiente para suministrar las máximas condiciones de carga después de haber tomado en cuenta el factor de potencia. También debe tener una capacidad de reserva para permitir el arranque del motor y para una cierta expansión futura en la carga donde se indique. La práctica normal es que el grupo electrógeno tenga una capacidad de un 20 a un 25% mayor para las condiciones de carga máximas reales.

En este caso la carga impuesta, son una serie de bombillas incandescentes con diferentes valores de potencia de consumo en watts. A medida que se acciona cada switch en el tablero de control de carga se encenderá una bombilla de un valor determinado de consumo en watts, hasta llegar a la capacidad del grupo electrógeno de 7000W.

## 6. Eficiencia total del grupo electrógeno.

Para hallar la eficiencia total se utiliza la siguiente ecuación:

$$\eta_T = \frac{\text{potencia generada}(KW)}{\text{consumo}(Kg/seg) * \text{poder calorífico}(KJ/Kg)} \quad (9).$$

Según Ecopetrol;

El gas natural se encuentra, al igual que el petróleo, en yacimientos en el subsuelo en uno de los siguientes estados:

Asociado, cuando esta mezclado con el crudo al ser extraído del yacimiento.

Libre o no asociado, cuando se encuentra en un yacimiento, en el cual sólo contiene gas. Por lo tanto, su composición, su gravedad específica, su peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El rango de variación del poder calorífico está entre 44500 a 45500 KJ/Kg.

Para determinar el costo en pesos por cada hora de operación, el precio promedio del gas natural esta en \$860/ m<sup>3</sup>.

El costo por hora de operación (\$/h) es igual al consumo de combustible por hora de operación (gal /h) multiplicado por el precio en pesos por cada galón (\$/gal).

### procedimiento

1. Medir la temperatura ambiente y humedad relativa del sitio por medio del centro meteorológico del laboratorio de sistemas térmicos.
2. Verificar la posición de las líneas de corriente y conectar correctamente la clavija al tablero de control, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Líneas de corriente y clavija del tablero de control.



3. Revise la conexión de los cables de energía:
  - Conecte correctamente la batería como se muestra en la figura 4, utilice una llave para apretar los bornes en la batería.

Figura 4. Conectar la batería.



- Conecte adecuadamente la clavija de seguridad del panel de salida de energía del generador, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Verificar la conexión de la Clavija de seguridad del generador.



4. Verifique el nivel de aceite del motor como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Verificación del Nivel de aceite.



El nivel de aceite debe estar entre los límites ADD y FULL, si esta por debajo de ADD se debe agregar la cantidad necesaria y si excede el límite de FULL debe sacarse la cantidad requerida.

5. Si va a trabajar con gas, cierre la llave de paso de gasolina, luego abra las dos válvulas manuales de paso y active la electroválvula conectándola al regulador de voltaje a 7V, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Conexión del regulador de gas.



6. Proceda a encender el motor, girando la llave en sentido horario, como se muestra en la figura 8.

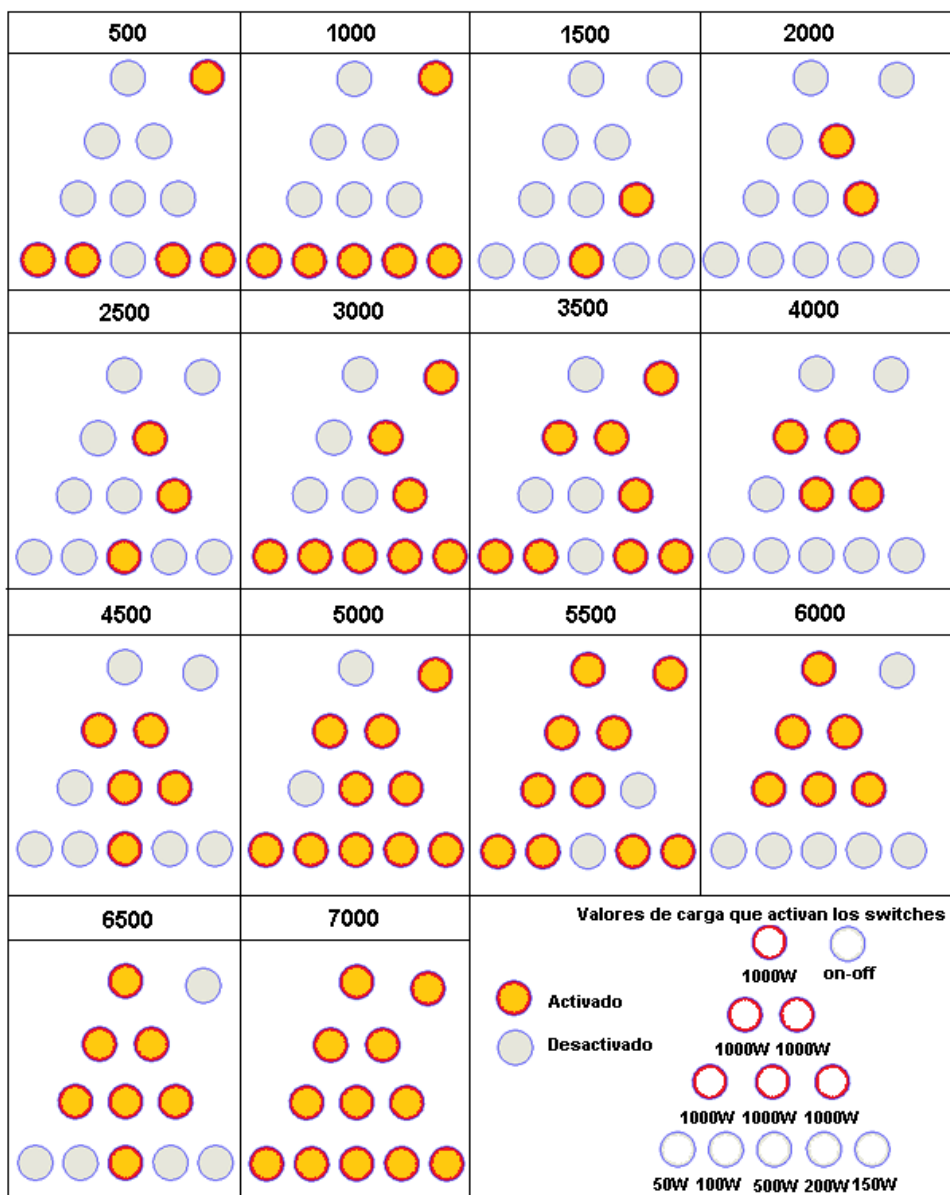
Figura 8. Switch del encendido del motor.



Deje trabajar en vacío el grupo electrógeno por 5 minutos para que el motor entre en régimen de operación estable.

7. Aplique la carga balanceadamente activando los switches del tablero de control de carga, como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Orden de encendido de las bombillas.

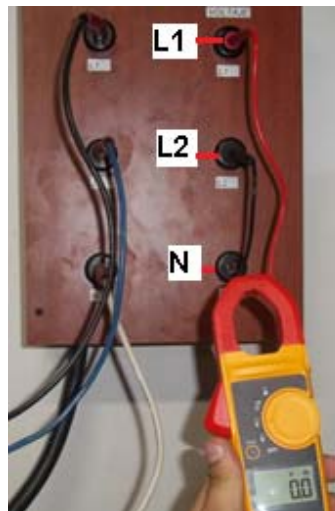


8. Mida y registre en la tabla 1 de la sección de tablas y gráficas, los valores de corriente que pasa a través de las líneas L1-L2 y de voltaje entre las líneas L1-N, L2-N y L1-L2 para cada valor de carga, como se muestran en la figura 10 y 11.

Figura 10. Medir corriente de las líneas L1 (cable negro) y L2 (cable azul).



Figura 11. Medir voltaje entre líneas.



9. Luego calcule y registre en la tabla 2 de la sección de tablas y gráficas, los valores de potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor como se indicó en el marco teórico.

10. Mida el consumo horario de combustible para cada valor de carga impuesta:

Si es gas natural tenga presente la medida inicial, el contador mide en metros cúbicos. Como se muestra en la figura 13.

Figura 12. Medidor de flujo volumétrico.



Luego calcule y registre en la tabla 1 de la sección de tablas y gráficas, el consumo específico de combustible, la eficiencia total del grupo electrógeno y el costo por hora de operación.

**Tabla de datos y gráficas**

En la tabla 1 se registran los valores medidos de corrientes y voltajes descritos en el numeral 4 del procedimiento.

Tabla 1. Voltajes y corrientes en función de la carga.

| Carga (W) | Corriente en L1(A) | Corriente en L2(A) | Corriente total (A) | Voltaje; L1-N (V) | Voltaje; L2-N (V) | Voltaje Total; L1-L2 (V) |
|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| 0         |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 510       |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 1000      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 1500      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 2000      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 2500      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 3000      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 3500      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |
| 4000      |                    |                    |                     |                   |                   |                          |

Tabla 1. (Continuación) Voltajes y corrientes en función de la carga.

|      |  |  |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|--|
| 4500 |  |  |  |  |  |  |
| 5000 |  |  |  |  |  |  |
| 5500 |  |  |  |  |  |  |
| 6000 |  |  |  |  |  |  |
| 6500 |  |  |  |  |  |  |
| 7000 |  |  |  |  |  |  |

Luego de registrar los valores, anexe las graficas con su respectivo análisis del voltaje total y corriente total generadas, en función de la carga.

Después de medir la corriente y voltaje entre líneas, se calculan los valores de la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga. Registre sus valores en la tabla 2.

Tabla 2. Potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Potencia eléctrica generada; <math>N_e</math> (W)</b> | <b>Potencia efectiva del motor; <math>P_{em}</math> (W)</b> | <b>Potencia efectiva del motor; "estándar" <math>P_{esm}</math> (W).</b> |
|------------------|--|---|--|
| 0                |  |   |  |
| 510              |  |   |  |
| 1000             |  |   |  |
| 1500             |  |   |  |
| 2000             |  |   |  |
| 2500             |  |   |  |
| 3000             |  |   |  |
| 3500             |  |   |  |
| 4000             |  |   |  |
| 4500             |  |   |  |
| 5000             |  |   |  |
| 5500             |  |   |  |
| 6000             |  |   |  |
| 6500             |  |   |  |
| 7000             |  |   |  |

Luego de registrar los valores, anexe la gráfica con su respectivo análisis de la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva del motor y la potencia efectiva estándar del motor en función de la carga impuesta.

En la tabla 3 se registran los valores medidos del consumo en (L/h), los calculados del consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $S_{fc}$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , cada una de las variables en función de la carga impuesta en KW.

Tabla 3. Consumo en (L/h), consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $S_{fc}$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , en función de la carga impuesta en KW.

| Carga (W) | Consumo (L/h) | Consumo horario (Kg/h) | consumo específico (Kg/KW*h) | Eficiencia total. | Costo por hora de operación (\$/hora). |
|-----------|---------------|------------------------|------------------------------|-------------------|--|
| 0         |               |                        |                              |                   |  |
| 510       |               |                        |                              |                   |  |
| 1000      |               |                        |                              |                   |  |
| 1500      |               |                        |                              |                   |  |
| 2000      |               |                        |                              |                   |  |
| 2500      |               |                        |                              |                   |  |
| 3000      |               |                        |                              |                   |  |
| 3500      |               |                        |                              |                   |  |
| 4000      |               |                        |                              |                   |  |
| 4500      |               |                        |                              |                   |  |
| 5000      |               |                        |                              |                   |  |
| 5500      |               |                        |                              |                   |  |
| 6000      |               |                        |                              |                   |  |
| 6500      |               |                        |                              |                   |  |
| 7000      |               |                        |                              |                   |  |

Luego de registrar los valores, anexe la gráfica con su respectivo análisis del consumo horario de combustible  $\dot{m}_c$ , el consumo específico de combustible  $S_{fc}$ , la eficiencia total del grupo electrógeno  $\eta_T$  y el costo por hora de operación  $C_o$ , en función de la carga impuesta en KW.

### conclusiones

Concluya lo aprendido en la práctica

### Bibliografía

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.
- CARDENAS, Humberto. Utilización del biogás como combustible para motores de combustión interna. Bucaramanga: Ed. UIS, 1994. 54 p.
- MORA, Jesús fraile. Máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

Si utiliza otras fuentes bibliográficas regístrelas:



**BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO**



|  |                  |                           |
|--|------------------|---------------------------|
| <b>Práctica N° 4</b> Análisis comparativo entre el gas natural y la gasolina, en la operación del grupo electrógeno del LMTA.  |                  | <b>Tiempo:</b><br>2 horas |
| <b>Director:</b> Jorge Luis Chacón   | <b>Auxiliar:</b> | <b>Fecha:</b>             |
| <b>Nombre:</b>   | <b>Código:</b>   | <b>Calificación:</b>      |
| <b>Objetivo de la práctica</b>   |                  |                           |
| Comparar los valores obtenidos de Voltaje, de corriente, del consumo horario y específico de combustible, la eficiencia total del grupo, la potencia eléctrica generada, la potencia efectiva medida y estándar del motor, y el costo por hora de operación del grupo electrógeno utilizando como combustible el gas natural y la gasolina, sometidos a las mismas condiciones de carga.   |                  |                           |
| <b>Materiales y equipos</b>  |                  |                           |
| Datos obtenidos de las prácticas anteriores.   |                  |                           |
| <b>procedimiento</b>   |                  |                           |
| <p>1. Graficar y realizar el análisis comparativo entre la gasolina y el gas natural a cada una de las siguientes Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltajes y corrientes generadas.</li> <li>• consumo horario y específico de combustible.</li> <li>• Eficiencia total del grupo, la potencia eléctrica generada, y la potencia efectiva medida y estándar del motor.</li> <li>• Costo por hora de operación.</li> </ul> |                  |                           |
| <b>Tabla de datos y gráficas.</b>  |                  |                           |
|  |                  |                           |

Tabla 1. Variación de la corriente en función de la carga.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Corriente (A) "gas Natural"</b> | <b>Corriente (A) "gasolina"</b> |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 0                |                                    |                                 |
| 510              |                                    |                                 |
| 1000             |                                    |                                 |
| 1500             |                                    |                                 |
| 2000             |                                    |                                 |
| 2500             |                                    |                                 |
| 3000             |                                    |                                 |
| 3500             |                                    |                                 |
| 4000             |                                    |                                 |
| 4500             |                                    |                                 |
| 5000             |                                    |                                 |
| 5500             |                                    |                                 |
| 6000             |                                    |                                 |
| 6500             |                                    |                                 |
| 7000             |                                    |                                 |

Tabla 2. Variación del voltaje en función de la carga.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Voltaje; L1-L2 (Gas natural)</b> | <b>Voltaje; L1-L2 (Gasolina)</b> |
|------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 0                |                                     |                                  |
| 510              |                                     |                                  |
| 1000             |                                     |                                  |
| 1500             |                                     |                                  |
| 2000             |                                     |                                  |
| 2500             |                                     |                                  |
| 3000             |                                     |                                  |
| 3500             |                                     |                                  |
| 4000             |                                     |                                  |
| 4500             |                                     |                                  |
| 5000             |                                     |                                  |
| 5500             |                                     |                                  |
| 6000             |                                     |                                  |
| 6500             |                                     |                                  |
| 7000             |                                     |                                  |

Tabla 3. Potencia eléctrica generada en función de la carga.

| <b>Carga(W)</b> | <b>potencia Generada (W) “Gas natural”</b> | <b>potencia Generada (W) “gasolina”</b> |
|-----------------|--|---|
| 0               |  |   |
| 510             |  |   |
| 1000            |  |   |
| 1500            |  |   |
| 2000            |  |   |
| 2500            |  |   |
| 3000            |  |   |
| 3500            |  |   |
| 4000            |  |   |
| 4500            |  |   |
| 5000            |  |   |
| 5500            |  |   |
| 6000            |  |   |
| 6500            |  |   |
| 7000            |  |   |

Tabla 8. Potencia efectiva del motor en función de la carga.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Potencia del motor (gas natural); HP</b> | <b>Potencia del motor (gasolina); HP</b> |
|------------------|---|--|
| 0                |   |  |
| 510              |   |  |
| 1000             |   |  |
| 1500             |   |  |
| 2000             |   |  |
| 2500             |   |  |
| 3000             |   |  |
| 3500             |   |  |
| 4000             |   |  |
| 4500             |   |  |
| 5000             |   |  |
| 5500             |   |  |
| 6000             |   |  |
| 6500             |   |  |
| 7000             |   |  |

Tabla 9. Potencia estándar del motor en función de la carga.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Potencia estándar del motor (gas natural) HP</b> | <b>Potencia estándar del motor (gasolina) HP</b> |
|------------------|---|--|
| 510              |   |  |
| 1000             |   |  |
| 1500             |   |  |
| 2000             |   |  |
| 2500             |   |  |
| 3000             |   |  |
| 3500             |   |  |
| 4000             |   |  |
| 4500             |   |  |
| 5000             |   |  |
| 5500             |   |  |
| 6000             |   |  |
| 6500             |   |  |
| 7000             |   |  |

Tabla 4. Consumo horario de combustible en función de carga.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Consumo horario "gas natural" (Kg/h)</b> | <b>Consumo Horario "gasolina" (Kg/h)</b> |
|------------------|---|--|
| 0                |   |  |
| 510              |   |  |
| 1000             |   |  |
| 1500             |   |  |
| 2000             |   |  |
| 2500             |   |  |
| 3000             |   |  |
| 3500             |   |  |
| 4000             |   |  |
| 4500             |   |  |
| 5000             |   |  |
| 5500             |   |  |
| 6000             |   |  |
| 6500             |   |  |
| 7000             |   |  |

Tabla 5. Consumo específico de combustible en función de la carga.

| <b>Carga (W)</b> | <b>Consumo específico (Kg/KW*h) “gas natural”</b> | <b>Consumo específico (Kg/KW*h) “gasolina”</b> |
|------------------|---|--|
| 500              |   |  |
| 1000             |   |  |
| 1500             |   |  |
| 2000             |   |  |
| 2500             |   |  |
| 3000             |   |  |
| 3500             |   |  |
| 4000             |   |  |
| 4500             |   |  |
| 5000             |   |  |
| 5500             |   |  |
| 6000             |   |  |
| 6500             |   |  |
| 7000             |   |  |

Tabla 6. Eficiencia total del grupo en función de la carga.

| <b>Carga(W)</b> | <b>Eficiencia Total; “gas natural”</b> | <b>Eficiencia Total; “gasolina”</b> |
|-----------------|--|-------------------------------------|
| 500             |  |                                     |
| 1000            |  |                                     |
| 1500            |  |                                     |
| 2000            |  |                                     |
| 2500            |  |                                     |
| 3000            |  |                                     |
| 3500            |  |                                     |
| 4000            |  |                                     |
| 4500            |  |                                     |
| 5000            |  |                                     |
| 5500            |  |                                     |
| 6000            |  |                                     |
| 6500            |  |                                     |
| 7000            |  |                                     |

Tabla 7. Costo por hora de operación en función de la carga.

| Carga(W) | \$/hora;<br>Gasolina | \$/hora; Gas<br>Natural |
|----------|----------------------|-------------------------|
| 0        |                      |                         |
| 500      |                      |                         |
| 1000     |                      |                         |
| 1500     |                      |                         |
| 2000     |                      |                         |
| 2500     |                      |                         |
| 3000     |                      |                         |
| 3500     |                      |                         |
| 4000     |                      |                         |
| 4500     |                      |                         |
| 5000     |                      |                         |
| 5500     |                      |                         |
| 6000     |                      |                         |
| 6500     |                      |                         |
| 7000     |                      |                         |

Luego de registrar los valores, anexe las gráficas con su respectivo análisis.

### Conclusiones

Concluya lo aprendido en la práctica.

### Bibliografía

- CATERPILLAR. Grupos electrógenos; Guía de aplicación e instalación. EE.UU: Caterpillar Inc. 1996. p. 84-91.
- OBERT, Edward F. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Co. Ed. Continental., México, 1976. p. 20-42.
- CARDENAS, Humberto. Utilización del biogás como combustible para motores de combustión interna. Bucaramanga: Ed. UIS, 1994. 54 p.
- MORA, Jesús fraile. máquinas Eléctricas. Madrid: McGraw-Hill, 2008. P. 425-508.

**Anexo C. Ilustración y lista de partes del motor Briggs & Stratton**

**Illustrated Parts List**

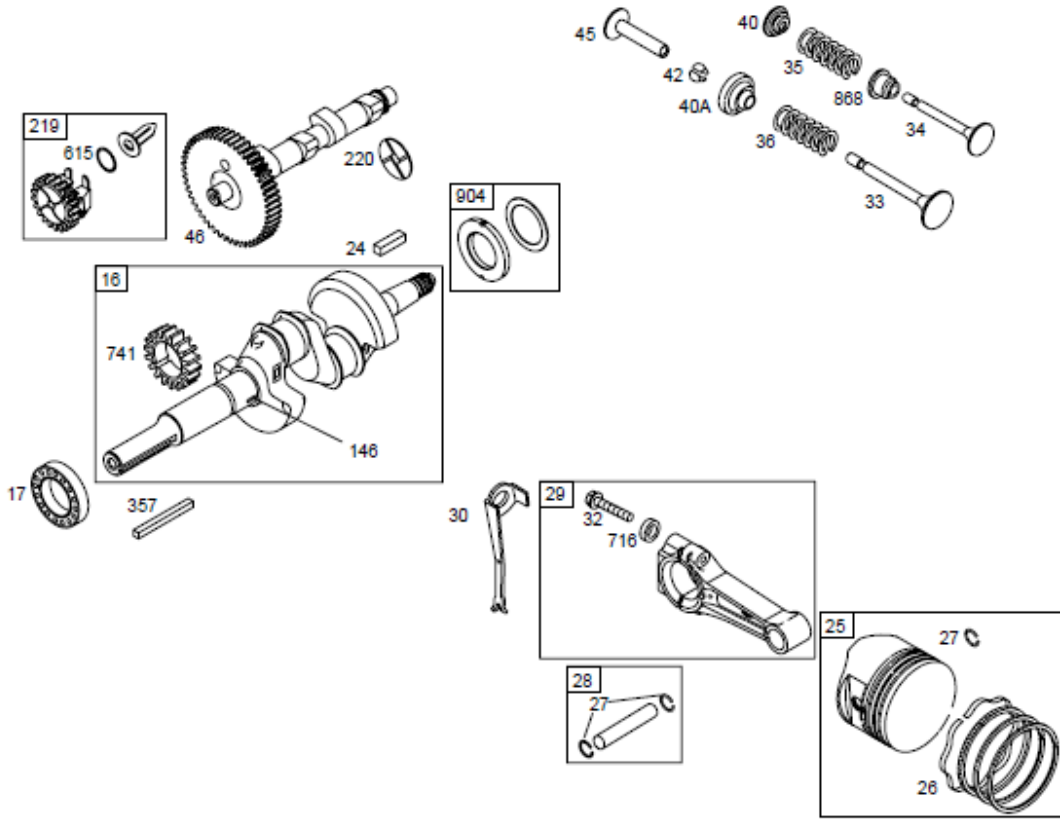
**Model Series**

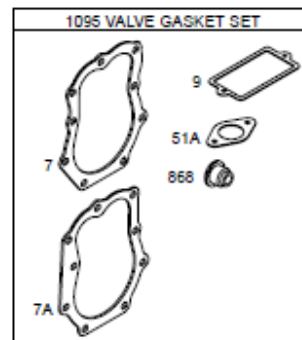
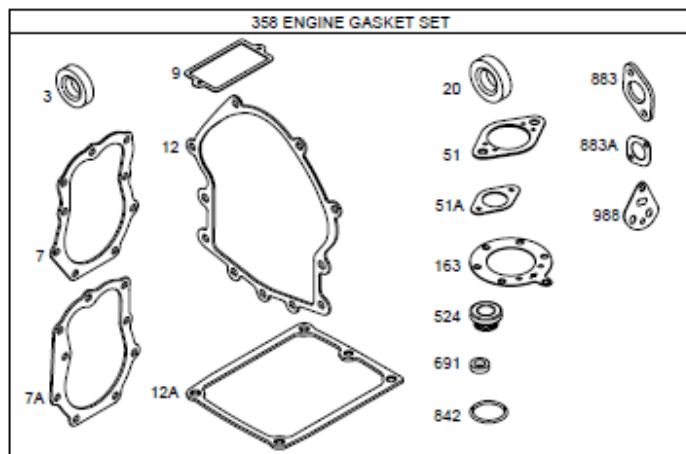
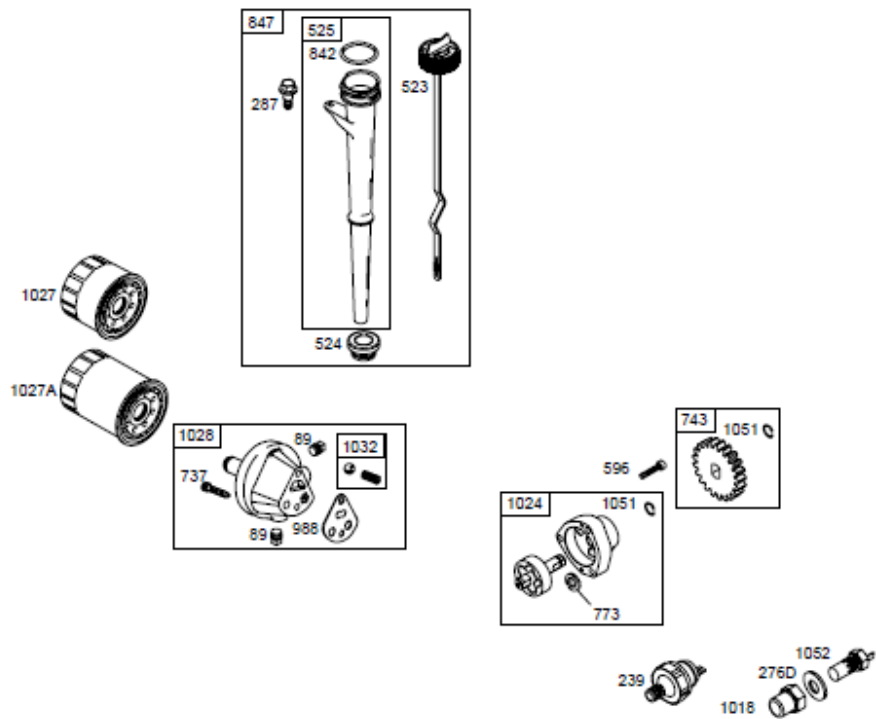
**422400**

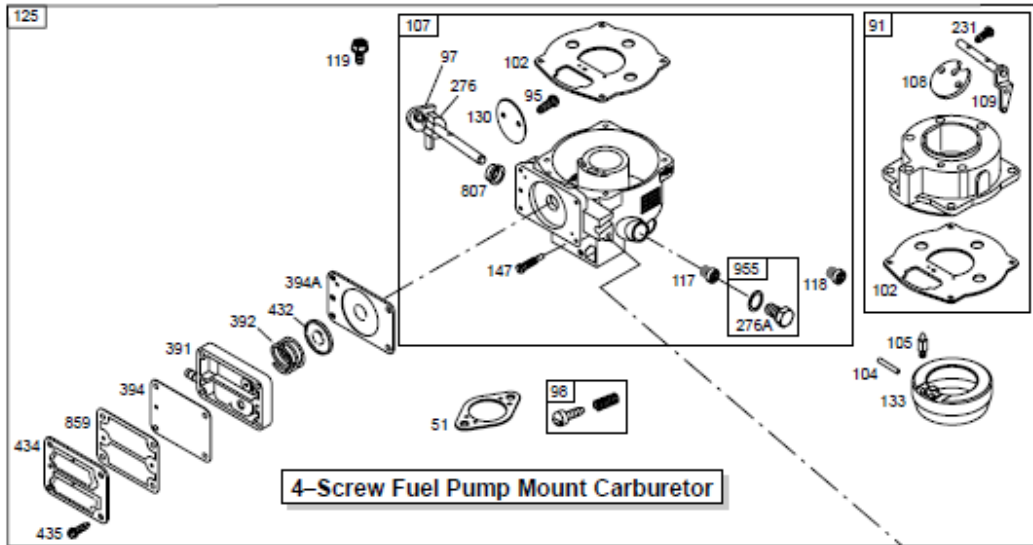
TYPE NUMBERS  
0728 through 4888.



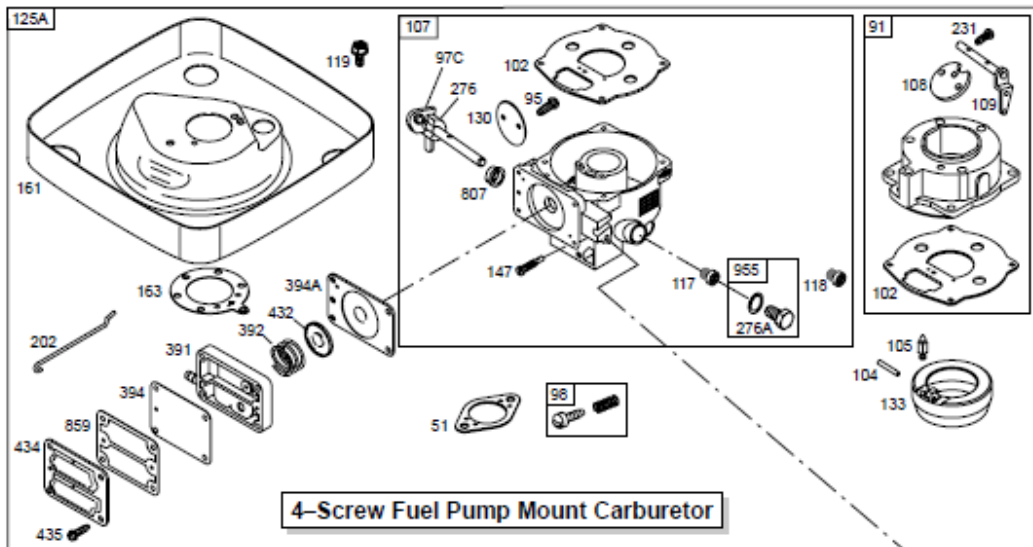


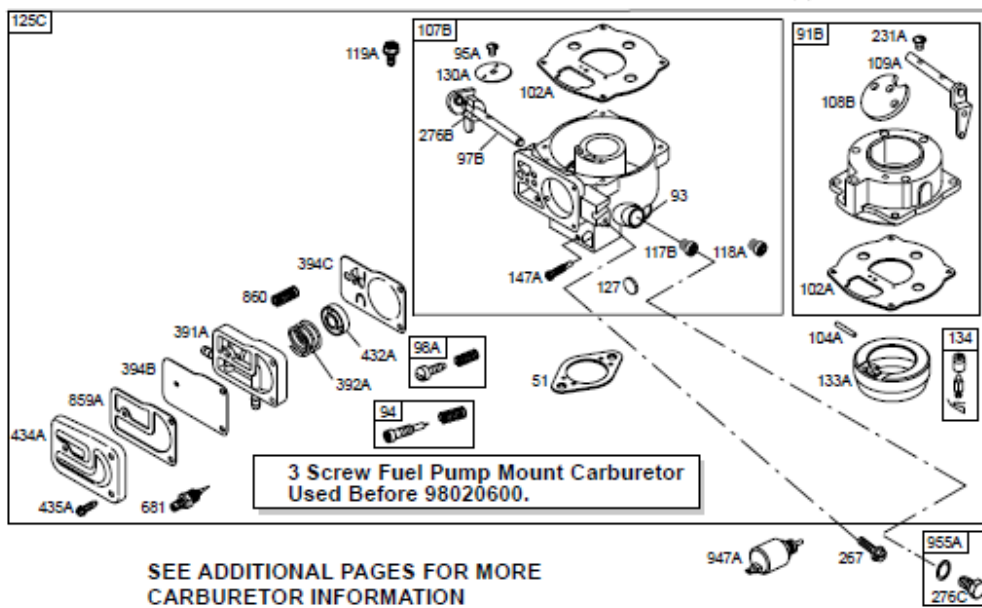
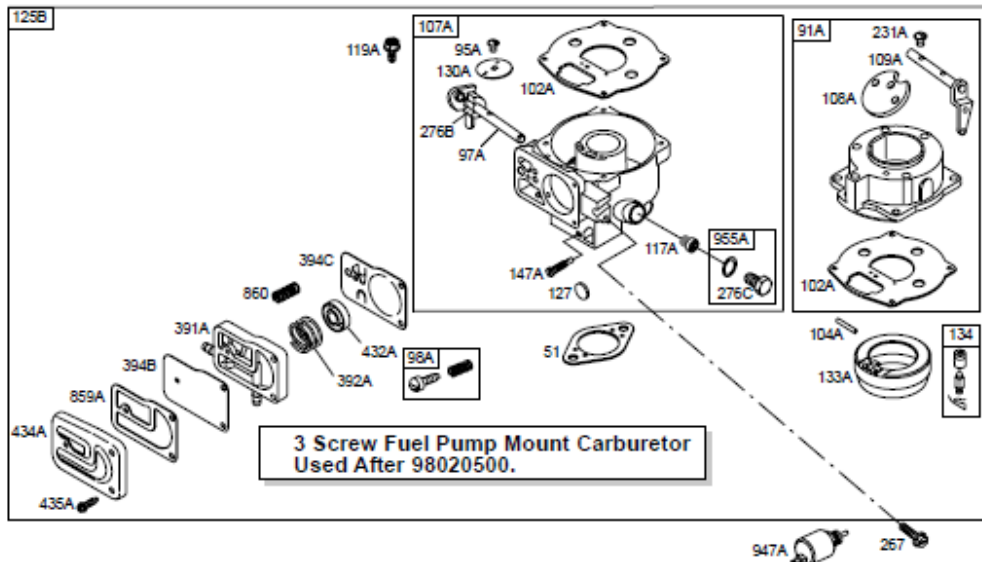




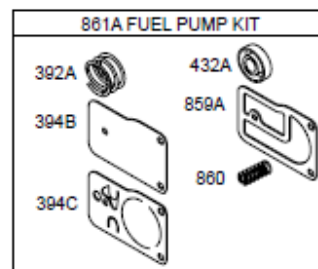
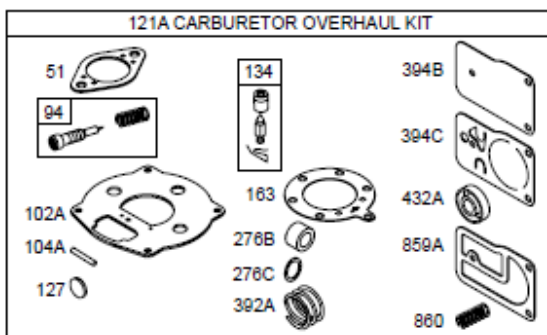
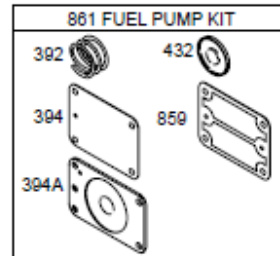
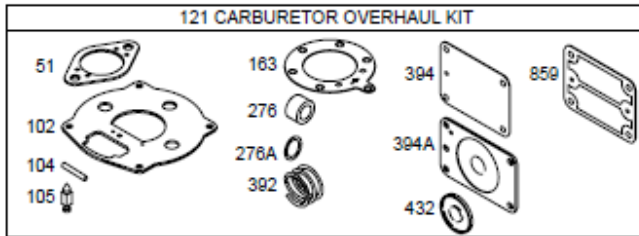


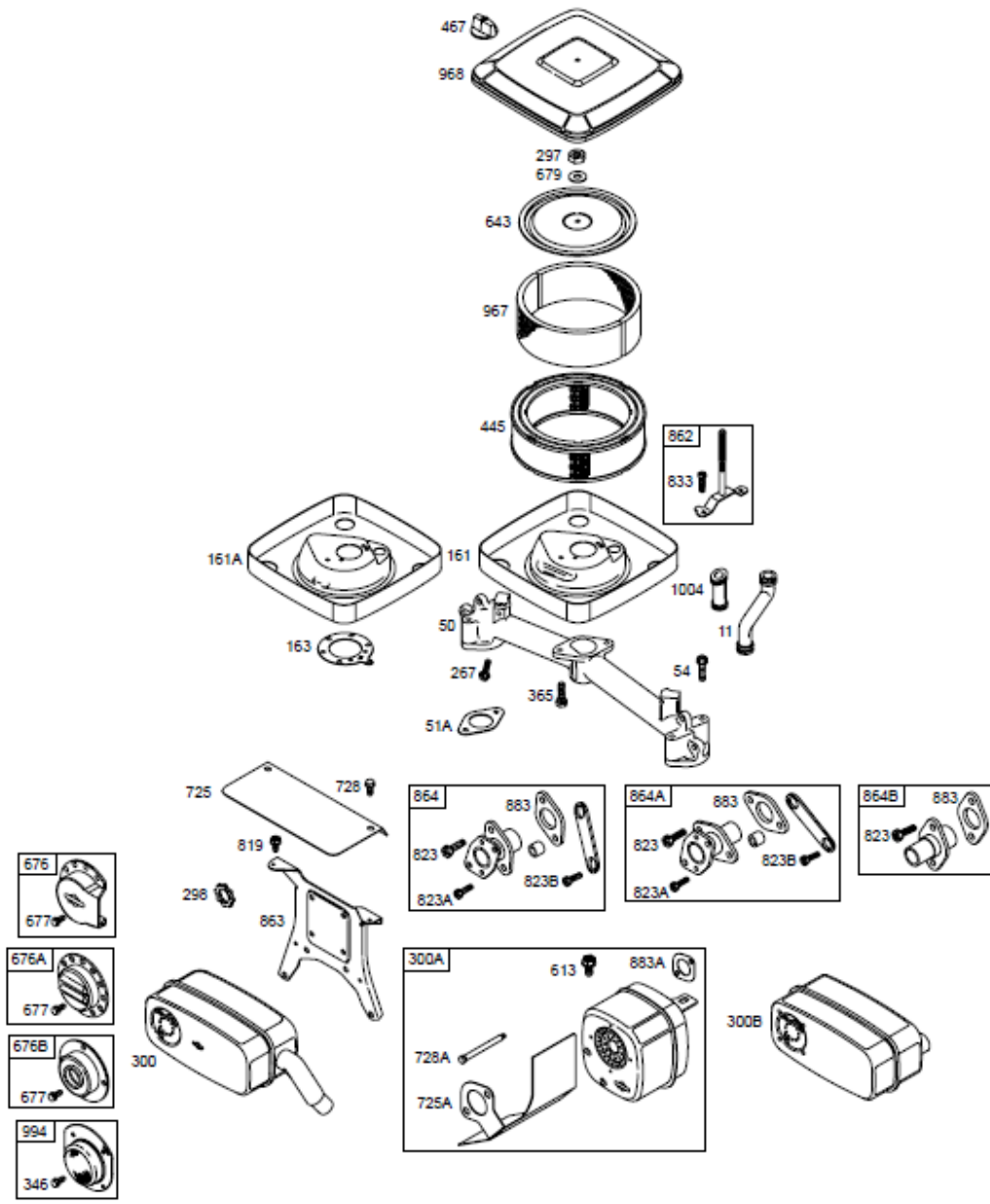
SEE ADDITIONAL PAGES FOR MORE  
CARBURETOR INFORMATION

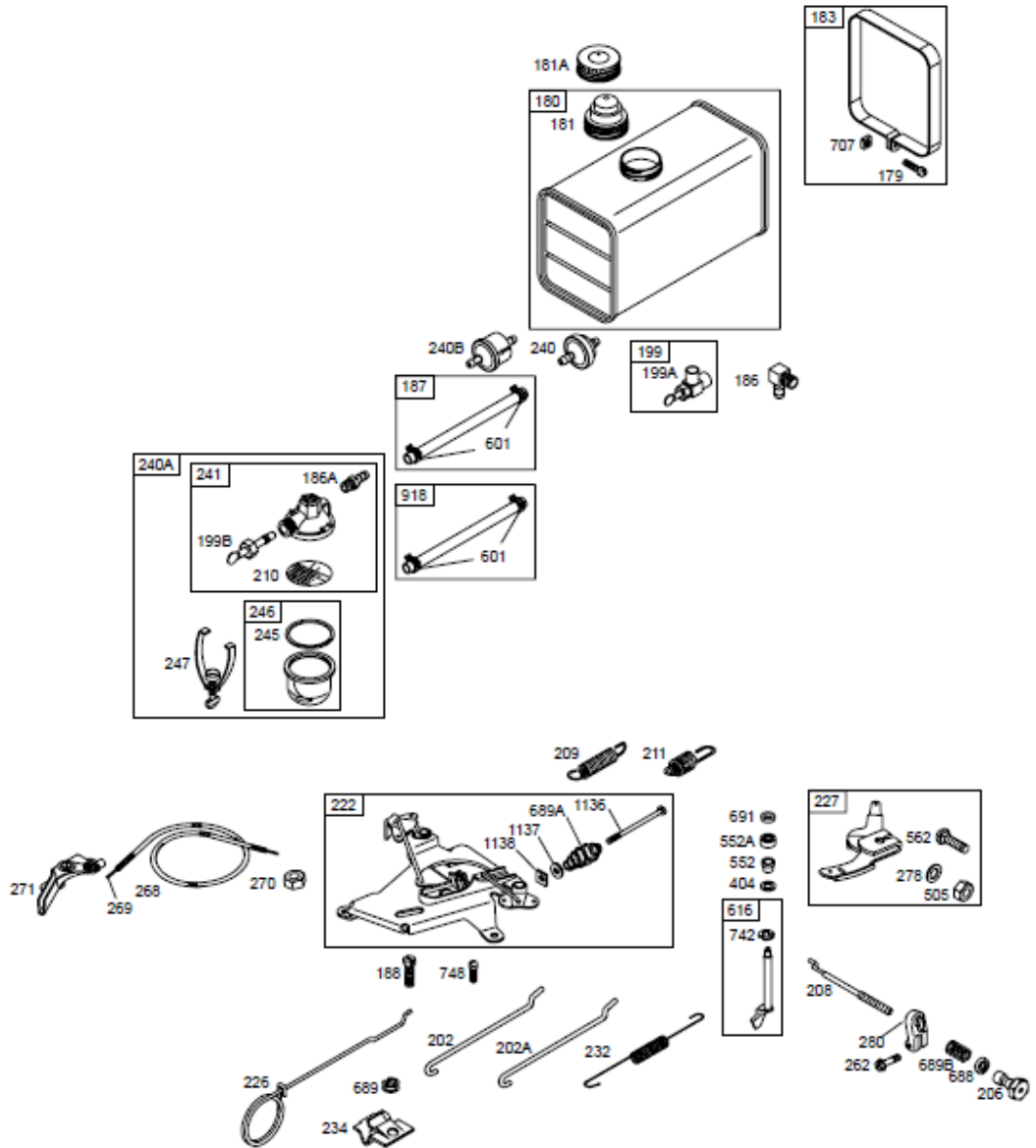


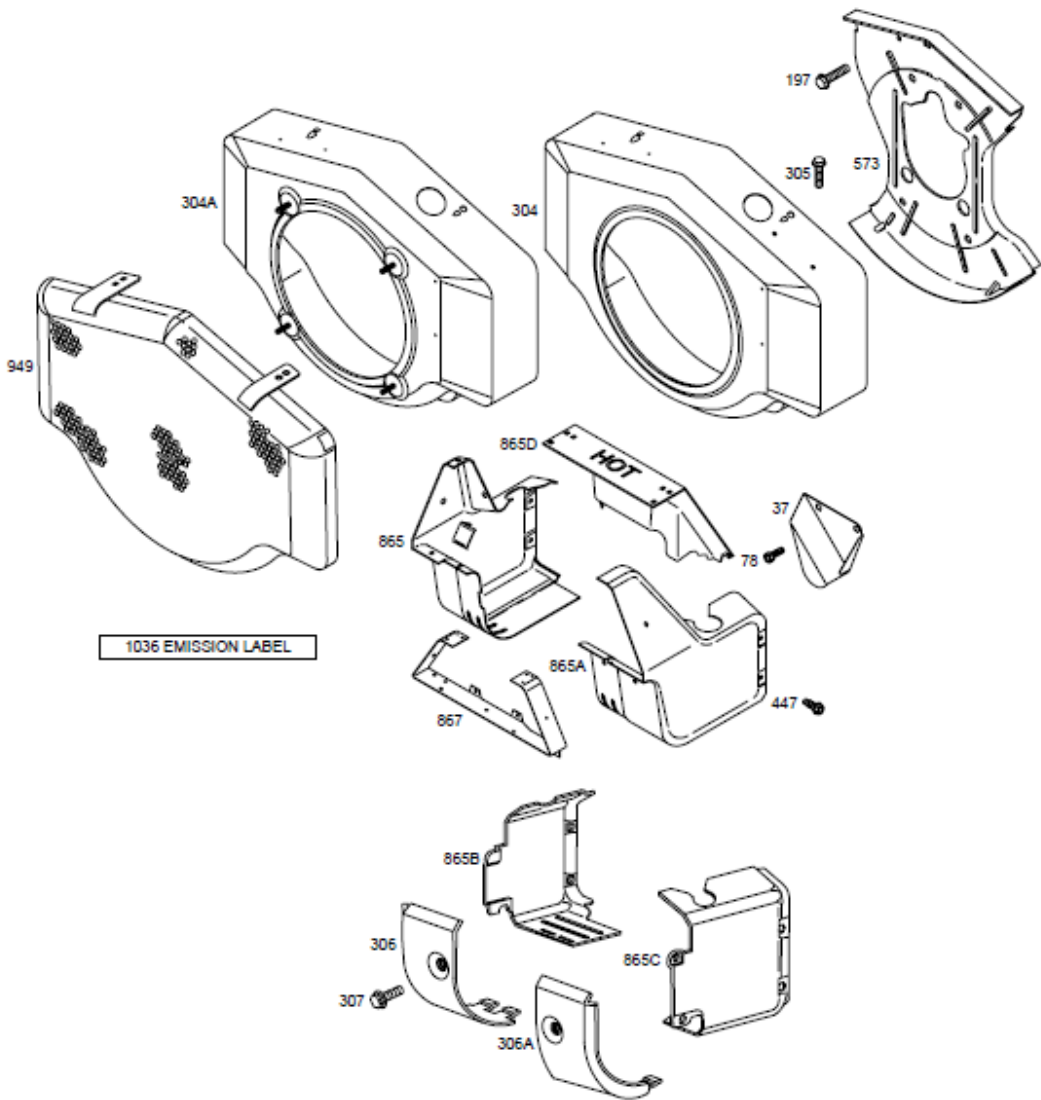


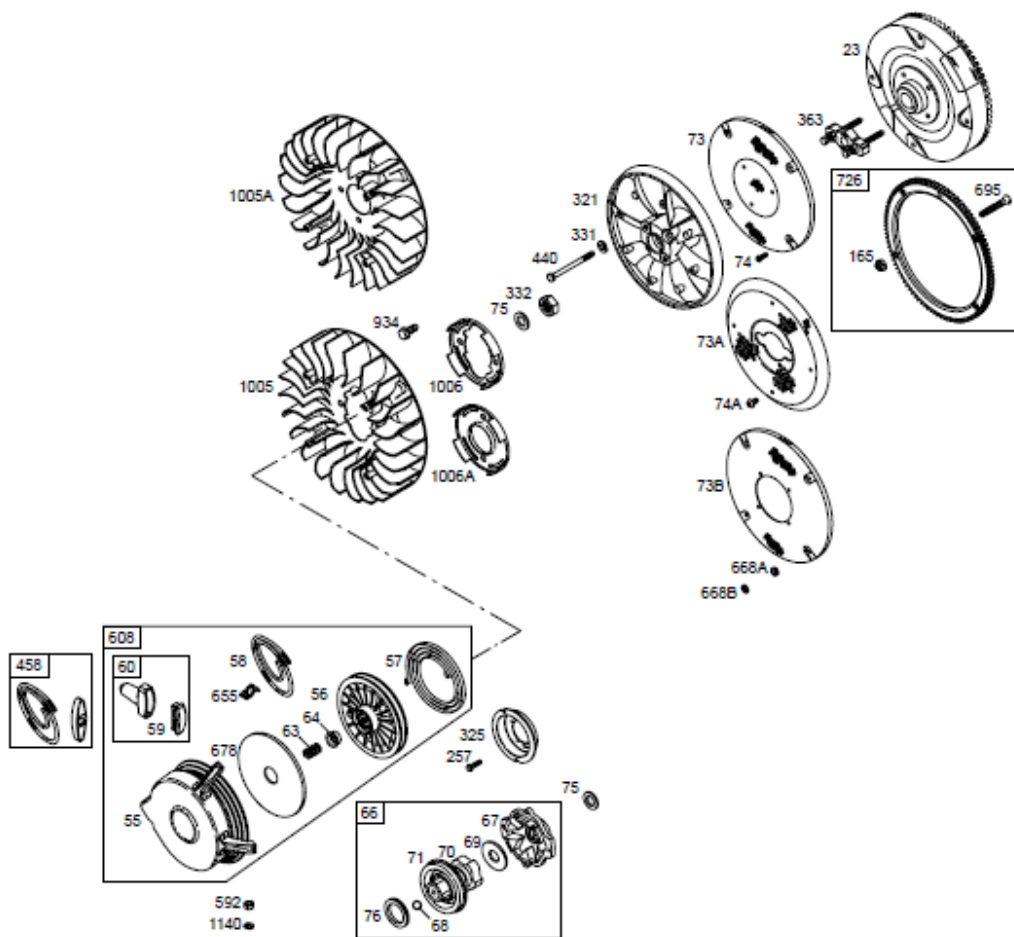
SEE ADDITIONAL PAGES FOR MORE  
CARBURETOR INFORMATION




















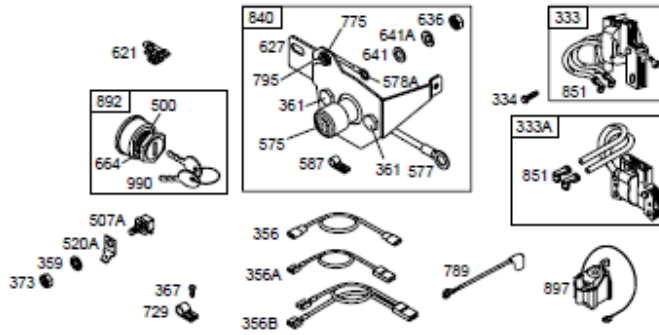


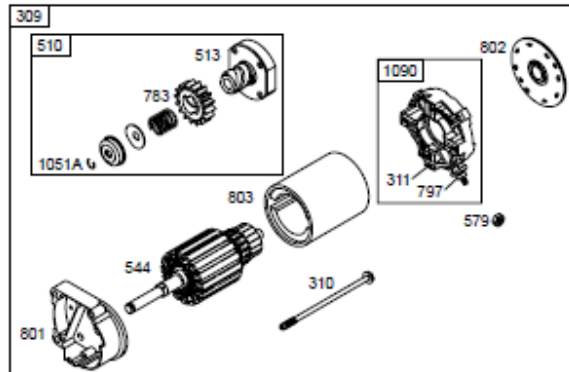




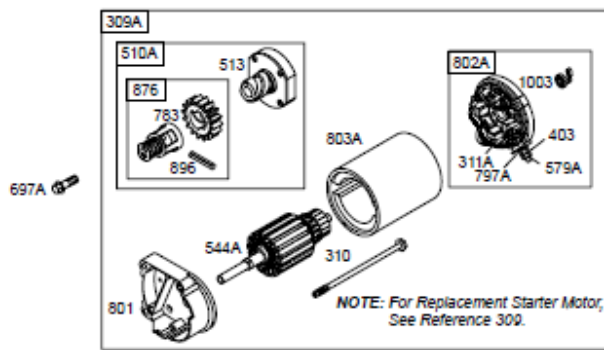


| AC ONLY  | DC ONLY   | DUAL<br>CIRCUIT   | TRI<br>CIRCUIT  | 9 AMP   | 10 AMP  | 16 AMP  |
|--|---|---|---|---|---|---|
| 474<br>   | 474A<br> | 474B<br> | 474C<br> | 474C<br>          | 474D<br>       | 474D<br> |
| 578<br>   | 578<br>  | 878<br>  | 878A<br> | 578<br>           | 578<br>        | 578<br>  |
| <p><b>NOTE:</b> All Stators Use No. 1119 Mounting Screw. </p> <p><b>NOTE:</b> The proper flywheel part number and/or the alternator magnet size will determine the alternator type or output. See repair instruction manual for additional information.</p> |   |   |   | 526A<br>501A<br> | 526<br>501<br> |   |





697



| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   |
|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|---|
| 1        | 497075   | Cylinder Assembly  | 3        | *391086  | Seal-Oil<br>(Magneto Side)   | 12       | *691877  | Gasket-Crankcase<br>(.015" Thick)<br>(Standard)         |
| 2        | 399265   | Kit-Bushing/Seal<br>(Magneto Side)<br>(Used After Code Date<br>89073000).  | 5        | 493457   | Head-Cylinder<br>(Cylinder 1)  |          |          | ————— Note —————  |
|          |          | ————— Note —————   | 5A       | 493458   | Head-Cylinder<br>(Cylinder 2)  |          |          | *272127 Gasket-<br>Crankcase<br>(.005" Thick)           |
|          |          | 495359 Kit-<br>Bushing/Seal<br>(Magneto Side)<br>(Used Before Code<br>Date 89073100).  | 6        | 691261   | Washer<br>(Cylinder Head)  |          |          | *272128 Gasket-<br>Crankcase<br>(.009" Thick)           |
|          |          | 491523 Kit-<br>Bushing/Seal<br>(Magneto Side)<br>(Used Before Code<br>Date 89073100).  | 7        | ⊗*271867 | Gasket-Cylinder Head<br>(Cylinder 1)                                 | 12A      | *692287  | Gasket-Crankcase  |
|          |          | Used on Type No(s).<br>1109, 1125, 1145,<br>1146, 1149, 1150,<br>1151, 1199, 1200,<br>1202, 1205, 1207,<br>1208, 1209, 1210,<br>1211, 1212, 1213,<br>1214, 1215, 1222,<br>1223, 1224, 1226,<br>1227, 1228, 1230,<br>1231, 1232, 1233,<br>1234, 1235, 1237,<br>1238, 1239, 1242,<br>1246, 1248, 1256,<br>1257, 1261, 1266,<br>1268, 1278, 1279,<br>1281, 1286, 1288,<br>4001, 4002, 4003,<br>4006, 4009, 4030,<br>4045, 4046, 4049,<br>4050, 4051, 4070,<br>4098, 4111. | 7A       | ⊗*271868 | Gasket-Cylinder Head<br>(Cylinder 2)                                 | 13       | 691651   | Screw<br>(Cylinder Head)                                |
|          |          |  | 8        | 495755   | Breather Assembly  | 14       | 33772    | Stud<br>(Cylinder Head)<br>(1-5/16")                    |
|          |          |  | 8A       | 495756   | Breather Assembly<br>(Used Before Code<br>Date 91081900).            | 14A      | 34096    | Stud<br>(Cylinder Head)<br>Used on Type No(s).<br>1290. |
|          |          |  | 9        | ⊗*27803  | Gasket-Breather  | 14B      | 691690   | Stud<br>(Cylinder Head)<br>(2-7/16")                    |
|          |          |  | 10       | 690366   | Screw<br>(Breather Assembly)<br>(Used After Code Date<br>93091200).  | 15       | 690343   | Plug-Oil Drain<br>(Hex Socket)                          |
|          |          |  | 10A      | 690334   | Screw<br>(Breather Assembly)<br>(Used Before Code<br>Date 93091300). | 15A      | 690346   | Plug-Oil Drain<br>(Square Head)                         |
|          |          |  | 11       | 691907   | Tube-Breather  | 15B      | 691682   | Plug-Oil Drain<br>(Hex Socket)                          |

\* Included in Engine Gasket Set-Ref. No. 358.

● Included in Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included in Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.

⊗ Included in Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION |   |
|----------|----------|--|----------|----------|---|----------|----------|-------------|---|
| 16       | 690639   | Crankshaft<br>— Note —<br>394108 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1235, 4070.<br>394382 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1215.<br>690638 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1125, 1151, 1248,<br>1882, 4051, 4111,<br>4830.<br>690641 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1208, 1214, 1228,<br>1234, 4001, 4002,<br>4003, 4030, 4811.<br>690768 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1155, 1156, 1159,<br>1160, 1201, 1203,<br>1216, 1217, 1218,<br>1220, 1225, 1240,<br>1249, 1250, 1251,<br>1253, 1254, 1255,<br>1259, 1260, 1264,<br>1267, 1270, 1277,<br>1280, 1283, 1284,<br>1289, 4015, 4016,<br>4017, 4018, 4023,<br>4027, 4038, 4055,<br>4056, 4059, 4060,<br>4110, 4815, 4838.<br>690771 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1162, 1229, 1245,<br>1252, 1280, 1880,<br>1892, 1893, 4007,<br>4019, 4025, 4028,<br>4037, 4062, 4828.<br>690772 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1110, 1219, 1221,<br>1269, 4010, 4013,<br>4029. |          |          | 492262 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1236, 1243, 1244,<br>1247, 4020, 4024,<br>4034, 4072.<br>492501 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1161, 4008.<br>690851 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1109, 1226, 1237,<br>1239, 1288, 4006,<br>4009, 4888.<br>690671 Crankshaft<br>Used on Type No(s).<br>1290.                          |          |          |             | 491711 Cover-<br>Crankcase<br>(Plain Bearing)<br>Used on Type No(s).<br>1110, 1155, 1159,<br>1160, 1162, 1201,<br>1203, 1216, 1220,<br>1225, 1229, 1236,<br>1240, 1243, 1244,<br>1247, 1250, 1251,<br>1252, 1254, 1255,<br>1267, 1269, 1270,<br>1277, 1284, 1289,<br>1801, 1893, 4010,<br>4017, 4018, 4019,<br>4020, 4024, 4025,<br>4028, 4034, 4059,<br>4060, 4062, 4072,<br>4159, 4828.<br>491810 Cover-<br>Crankcase<br>(Plain Bearing)<br>Used on Type No(s).<br>1155, 1156, 1217,<br>1218, 1225, 1245,<br>1249, 1253, 1259,<br>1260, 1264, 1280,<br>1283, 1880, 1883,<br>1892, 4007, 4015,<br>4016, 4023, 4027,<br>4037, 4055, 4056,<br>4155, 4156, 4159,<br>4160, 4828, 4829,<br>4855.<br>492265 Cover-<br>Crankcase<br>Used on Type No(s).<br>1290.<br>493223 Cover-<br>Crankcase<br>Used on Type No(s).<br>1219, 1221, 4008,<br>4013, 4029.<br>493957 Cover-<br>Crankcase<br>(Thrust Needle<br>Bearing)<br>Used on Type No(s).<br>1161, 4038, 4838. |
|          |          |  | 17       | 691358   | Bearing-Ball<br>(PTO Slide)   |          |          |             |   |
|          |          |  | 18       | 394309   | Cover-Crankcase<br>(Ball Bearing)<br>— Note —<br>394535 Cover-<br>Crankcase<br>(Ball Bearing)<br>Used on Type No(s).<br>1125, 1145, 1146,<br>1205, 1207, 1209,<br>1210, 1212, 1214,<br>1215, 1223, 1226,<br>1227, 1231, 1232,<br>1239, 1256, 1257,<br>1261, 1266, 1268,<br>1278, 1281, 1286,<br>1288, 4006, 4045,<br>4046, 4051, 4070,<br>4888. |          |          |             |   |

★ Included in Engine Gasket Set-Ref. No. 358.  
● Included in Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included in Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.  
⊙ Included in Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO.     | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   |
|----------|----------|--|--------------|----------|--|----------|----------|---|
| 19       | 492410   | Kit-Bushing/Seal<br>(PTO Side)<br><b>Note</b> _____<br>491718 Kit-Bushing/Seal<br>(PTO Side)   | 25           | 696397   | Piston Assembly<br>(Standard)<br>(Used After Code Date 01040100).<br><b>Note</b> _____<br>498584 Piston Assembly<br>(Standard)<br>(Used Before Code Date 01040200).  | 26       | 696403   | Ring Set<br>(Standard)<br>(Used After Code Date 01040100).<br><b>Note</b> _____<br>394959 Ring Set<br>(Standard)<br>(Used Before Code Date 01040200). |
| 20       | *291675  | Seal-Oil<br>(PTO Side)   |              |          |  |          |          | 696404 Ring Set<br>(.010" Oversize)<br>(Used After Code Date 01040100).<br>394960 Ring Set<br>(.010" Oversize)<br>(Used Before Code Date 01040200).   |
| 22       | 691088   | Screw<br>(Crankcase Cover/Sump)  |              |          | 696398 Piston Assembly<br>(.010" Oversize)<br>(Used After Code Date 01040100).<br>498585 Piston Assembly<br>(.010" Oversize)<br>(Used Before Code Date 01040200).  |          |          | 696405 Ring Set<br>(.020" Oversize)<br>(Used After Code Date 01040100).<br>394961 Ring Set<br>(.020" Oversize)<br>(Used Before Code Date 01040200).   |
| 23       | 691976   | Flywheel<br>(10 Amp Regulated)<br><b>Note</b> _____<br>690655 Flywheel<br>(16 Amp Regulated)<br>Used on Type No(s).<br>1125, 1149, 1150,<br>1151, 1159, 1160,<br>1161, 1162, 1207,<br>1210, 1218, 1221,<br>1222, 1224, 1225,<br>1228, 1229, 1231,<br>1233, 1234, 1238,<br>1240, 1247, 1250,<br>1251, 1252, 1259,<br>1261, 1264, 1267,<br>1269, 1270, 1277,<br>1279, 1283, 1284,<br>1289, 1892, 1893,<br>4001, 4002, 4003,<br>4008, 4017, 4018,<br>4019, 4023, 4025,<br>4027, 4028, 4030,<br>4036, 4049, 4050,<br>4051, 4059, 4060,<br>4062, 4110, 4828,<br>4838. |              |          | 696399 Piston Assembly<br>(.020" Oversize)<br>(Used After Code Date 01040100).<br>498586 Piston Assembly<br>(.020" Oversize)<br>(Used Before Code Date 01040200).<br><br>696400 Piston Assembly<br>(.030" Oversize)<br>(Used After Code Date 01040100).<br>498587 Piston Assembly<br>(.030" Oversize)<br>(Used Before Code Date 01040200). |          |          | 696406 Ring Set<br>(.030" Oversize)<br>(Used After Code Date 01040100).<br>394962 Ring Set<br>(.030" Oversize)<br>(Used Before Code Date 01040200).   |
|          | 24       | 222698   | Key-Flywheel |          |  |          |          |   |

\* Included In Engine Gasket Set-Ref. No. 358.  
 ● Included In Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included In Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.  
 ☐ Included In Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  |
|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|--|
| 27       | 691299   | Lock-Piston Pin  | 42       | 494553   | Keeper-Valve   | 66       | 393127   | Clutch-Starter   |
| 28       | 498319   | Pin-Piston<br>(Standard)<br>(Used After Code Date<br>95101500).<br><b>Note</b><br>299691 Pin-Piston<br>(Standard)<br>(Used Before Code<br>Date 95101600).<br>498320 Pin-Piston<br>(.005" Oversize)<br>(Used After Code Date<br>95101500).<br>391286 Pin-Piston<br>(.005" Oversize)<br>(Used Before Code<br>Date 95101600). | 45       | 691800   | Tappet-Valve   | 67       | 690542   | Housing-Clutch   |
|          |          |  | 46       | 691156   | Camshaft<br><b>Note</b><br>214484 Camshaft<br>Used on Type No(s).<br>1800, 1879, 1882,<br>1895, 1898, 1899,<br>4145, 4146, 4149,<br>4150, 4811, 4830,<br>4846, 4850, 4851,<br>4888.<br>692857 Camshaft<br>Used on Type No(s).<br>1801, 1880, 1883,<br>1892, 1893, 4155,<br>4156, 4159, 4160,<br>4815, 4817, 4828,<br>4829, 4838, 4855. | 68       | 691604   | Ball-Clutch  |
|          |          |  |          |          |  | 69       | 690271   | Washer<br>(Starter Clutch)   |
| 29       | 394306   | Rod-Connecting<br>(Standard)<br><b>Note</b><br>397158 Rod-<br>Connecting<br>(.020" Undersize)  | 50       | 690378   | Manifold-Intake  | 70       | 691945   | Ratchet-Clutch   |
|          |          |  | 51       | 692278   | Gasket-Intake  | 71       | 691359   | Cover-Ratchet  |
| 30       | 691733   | Dipper-<br>Connecting Rod  | 51A      | 692219   | Gasket-Intake  | 73       | 692527   | Screen-Rotating  |
| 32       | 691133   | Screw<br>(Connecting Rod)  | 54       | 691670   | Screw<br>(Intake Manifold)   | 73A      | 690476   | Screen-Rotating<br><b>Note</b><br>690478 Screen-<br>Rotating<br>Used on Type No(s).<br>1209, 1210, 1212,<br>1225, 1256, 1257,<br>1261, 1266, 1277,<br>1278, 1281, 1289,<br>4023. |
| 33       | 691794   | Valve-Exhaust  | 55       | 491808   | Housing-Rewind<br>Starter  | 73B      | 690445   | Screen-Rotating  |
| 34       | 691804   | Valve-Intake   | 56       | 392630   | Pulley-Starter<br>(Includes 63" Rope)  | 74       | 691677   | Screw<br>(Rotating Screen)   |
| 35       | 691605   | Spring-Valve<br>(Intake)   | 57       | 490179   | Spring-Rewind Starter  | 74A      | 691655   | Screw<br>(Rotating Screen)   |
| 36       | 691597   | Spring-Valve<br>(Exhaust)  | 58       | 692188   | Rope-Starter<br>(Cut to Required<br>Length)  | 75       | 691056   | Washer<br>(Flywheel)   |
| 37       | 224778   | Guard-Flywheel   | 59       | 490653   | Insert-Grip  | 76       | 68238    | Seal-Ratchet   |
| 40       | 690656   | Retainer-Valve<br>(Intake)   | 60       | 490652   | Grip-Starter Rope  | 78       | 691058   | Screw<br>(Flywheel Guard)  |
| 40A      | 691939   | Retainer-Valve<br>(Exhaust)  | 63       | 690547   | Spring-Ratchet   | 89       | 690283   | Plug-Oil   |
|          |          |  | 64       | 690511   | Adapter-Ratchet<br>Spring  | 91       | 693483   | Body-Upper<br>Carburetor   |
|          |          |  |          |          |  | 91A      | 499281   | Body-Upper<br>Carburetor   |
|          |          |  |          |          |  | 91B      | 495035   | Body-Upper<br>Carburetor   |
|          |          |  |          |          |  | 93       | 690513   | Bushing-Throttle<br>Shaft<br>(Used Before Code<br>Date 96020600).  |
|          |          |  |          |          |  | 94       | 491538   | Kit-Idle Mixture   |

★ Included In Engine Gasket Set-Ref. No. 358.  
● Included In Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included In Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.  
⊗ Included In Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  |
|----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|--|
| 95       | 690718   | Screw<br>(Throttle Valve)   | 97C      | 693486   | Shaft-Throttle<br>(Used on<br>Reference 125A)   | 109      | 693498   | Shaft-Choke  |
| 95A      | 691437   | Screw<br>(Throttle Valve)   | 98       | 807923   | Kit-Idle Speed  | 109A     | 691957   | Shaft-Choke  |
| 97       | 693485   | Shaft-Throttle<br>(Used On 4 Screw<br>Fuel Pump Mount<br>Carburetors)<br>— Note —<br>693486 Shaft-Throttle<br>(Used On 4 Screw<br>Fuel Pump Mount<br>Carburetors)<br>Used on Type No(s).<br>1880, 1892, 1893,<br>4828.  | 98A      | 693942   | Kit-Idle Speed  | 117      | 693507   | Jet-Main<br>(Standard)   |
|          |          |   | 102      | ●693509  | Gasket-Carburetor<br>Body   | 117A     | 691253   | Jet-Main<br>(Standard)   |
|          |          |   | 102A     | ●273186  | Gasket-Carburetor<br>Body   | 117B     | 691773   | Jet-Main<br>(Standard)<br>— Note —<br>690518 Jet-Main<br>(Standard)<br>Used on Type No(s).<br>1217, 1220, 1230,<br>1283. |
|          |          |   | 104      | ●693506  | Pin-Float Hinge   | 118      | 693459   | Jet-Main<br>(High Altitude)  |
|          |          |   | 104A     | ●691755  | Pin-Float Hinge   | 118A     | 231333   | Jet-Main<br>(High Altitude)  |
|          |          |   | 105      | ●692078  | Valve-Float Needle  | 119      | 690720   | Screw<br>(Upper To Lower<br>Carburetor Body)   |
|          |          |   | 107      | 693482   | Body-Lower<br>Carburetor  | 119A     | 691090   | Screw<br>(Upper To Lower<br>Carburetor Body)   |
| 97A      | 691485   | Shaft-Throttle<br>(Used On 3 Screw<br>Fuel Pump Mount<br>Carburetors)<br>(Used After Code Date<br>98020500).<br>— Note —<br>693166 Shaft-Throttle<br>(Used On 3 Screw<br>Fuel Pump Mount<br>Carburetors)<br>Used on Type No(s).<br>1880, 1892, 1893,<br>4828.   | 107A     | 499655   | Body-Lower<br>Carburetor  |          |          |  |
|          |          |   | 107B     | 491543   | Body-Lower<br>Carburetor<br>— Note —<br>491662 Body-Lower<br>Carburetor<br>Used on Type No(s).<br>1162, 1208, 1214,<br>1215, 1228, 1229,<br>1234, 1235, 1236,<br>1243, 1244, 1245,<br>1247, 1252, 4003,<br>4007, 4019, 4020,<br>4024, 4025, 4028,<br>4034, 4062, 4072.<br>492794 Body-Lower<br>Carburetor<br>Used on Type No(s).<br>1256, 1257. |          |          |  |
|          |          |   |          |          |   |          |          |  |
| 97B      | 690629   | Shaft-Throttle<br>(Used On 3 Screw<br>Fuel Pump Mount<br>Carburetors)<br>(Used Before Code<br>Date 98020600).<br>— Note —<br>690634 Shaft-Throttle<br>(Used On 3 Screw<br>Fuel Pump Mount<br>Carburetors)<br>Used on Type No(s).<br>1162, 1208, 1209,<br>1214, 1215, 1219,<br>1228, 1229, 1234,<br>1235, 1236, 1243,<br>1244, 1245, 1247,<br>1252, 1280, 1290,<br>4003, 4007, 4009,<br>4019, 4020, 4024,<br>4025, 4028, 4030,<br>4034, 4037, 4062,<br>4072. | 108      | 693505   | Valve-Choke   |          |          |  |
|          |          |   | 108A     | 691233   | Valve-Choke   |          |          |  |
|          |          |   | 108B     | 223534   | Valve-Choke   |          |          |  |

★ Included In Engine Gasket Set-Ref. No. 358.  
● Included In Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included In Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.  
⊗ Included In Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  |
|----------|----------|--|----------|----------|---|----------|----------|--|
| 121      | 693503   | Kit-Carburetor Overhaul (Used On 4 Screw Fuel Pump Mount Carburetors)  | 127      | ●691739  | Plug-Weich  | 183      | 691937   | Strap-Fuel Tank (Used on Type No(s). 0751, 1238.                       |
| 121A     | 694056   | Kit-Carburetor Overhaul (Used On 3 Screw Fuel Pump Mount Carburetors)  | 130      | 693504   | Valve-Throttle  | 186      | 691609   | Connector-Hose   |
| 125      | 693480   | Carburetor (4 Screw Fuel Pump Mount)   | 130A     | 691727   | Valve-Throttle  | 186A     | 691764   | Connector-Hose   |
|          |          | <b>Note</b>  | 133      | 693512   | Float-Carburetor  | 187      | 691050   | Line-Fuel  |
|          |          | 693481 Carburetor (4 Screw Fuel Pump Mount) (Used on Type No(s). 1880, 1892, 1893, 4828.   | 133A     | 692265   | Float-Carburetor  | 188      | 691003   | Screw (Control Bracket)  |
| 125A     | 694026   | Carburetor (4 Screw Fuel Pump Mount)   | 134      | ●394682  | Kit-Needle/Seat   | 197      | 690364   | Screw (Back Plate)   |
| 125B     |          | Carburetor (3 Screw Fuel Pump Mount) (Service With Reference 125A) (Used After Code Date 98020500).                                  | 146      | 691639   | Key-Timing  | 199      | 692302   | Valve-Fuel Shut Off (Metal)  |
| 125C     |          | Carburetor (3 Screw Fuel Pump Mount) (Service With Reference 125A) (Used Before Code Date 98020600).                                 | 147      | 693508   | Jet-Pilot   | 199A     | 691940   | Valve-Fuel Shut Off (Metal)  |
|          |          | <b>Note</b>  | 147A     | 691431   | Jet-Pilot   | 199B     | 295913   | Valve-Fuel Shut Off (Metal)  |
|          |          | 495042 Carburetor (Used Before Code Date 98020600). (Used on Type No(s). 1209, 1210, 1256, 1257, 1261, 1266, 1278, 1281, 4098, 4111. | 161      | 694064   | Base-Air Cleaner (Metal) (Used on 4 Screw Fuel Pump Mount Carburetors)                                  | 202      | 693543   | Link-Mechanical Governor (Used On 4 Screw Fuel Pump Mount Carburetors) |
|          |          |  | 161A     | 222752   | Base-Air Cleaner (Metal) (Used on 3 Screw Fuel Pump Mount Carburetors) (Used Before Code Date 91081900) | 202A     | 690554   | Link-Mechanical Governor (Used On 3 Screw Fuel Pump Mount Carburetors) |
|          |          |  | 163      | ●690273  | Gasket-Air Cleaner  | 206      | 691244   | Nut (Governor Adjusting)   |
|          |          |  | 165      | 693148   | Nut (Ring Gear)   | 208      | 690566   | Rod-Governor Control   |
|          |          |  | 179      | 690280   | Screw (Fuel Tank Strap)   |          |          |  |
|          |          |  | 180      | 292415   | Tank-Fuel (Metal)(6 Quart)  |          |          |  |
|          |          |  |          |          | <b>Note</b>   |          |          |  |
|          |          |  |          |          | 291488 Tank-Fuel (Metal)(6 Quart)   |          |          |  |
|          |          |  | 181      | 392305   | Cap-Fuel Tank (Metal) (Used on Type No(s). 0728, 1238.  |          |          |  |
|          |          |  | 181A     | 297866   | Cap-Fuel Tank (Metal)   |          |          |  |

★ Included in Engine Gasket Set-Ref. No. 358.

● Included in Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included in Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.

⊗ Included in Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION                                  |
|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|--|
| 209      | 690558   | Spring-Governor (Brown)<br><b>Note</b><br>690557 Spring-Governor (Red)<br>Used on Type No(s). 1205, 1219, 1221, 1224, 1226, 1239, 1251, 1279, 1281, 1288, 1882, 4006, 4013, 4029, 4051, 4056, 4111, 4811, 4830, 4888.<br>691273 Spring-Governor (Orange)<br>Used on Type No(s). 1109, 1110, 1125, 1145, 1146, 1149, 1150, 1151, 1155, 1156, 1159, 1160, 1161, 1199, 1207, 1212, 1222, 1223, 1225, 1232, 1233, 1248, 1249, 1250, 1253, 1259, 1266, 1267, 1269, 1270, 1277, 1278, 1279, 1281, 1284, 1286, 1289, 1895, 4008, 4009, 4010, 4015, 4016, 4017, 4018, 4023, 4027, 4038, 4045, 4046, 4049, 4050, 4051, 4055, 4056, 4059, 4060, 4815, 4838, 4855.<br>690559 Spring-Governor (Black)<br>Used on Type No(s). 4098. |          |          | 690560 Spring-Governor (Green)<br>Used on Type No(s). 1234, 1235, 1236, 1243, 1244, 1247, 1252, 4003, 4019, 4020, 4024, 4030, 4034, 4072.<br>690561 Spring-Governor (Yellow)<br>Used on Type No(s). 1162, 1208, 1214, 1215, 1228, 1229, 1245, 1280, 1290, 1880, 1892, 1893, 4007, 4025, 4028, 4037, 4062, 4828.<br>262440 Spring-Governor (Purple)<br>Used on Type No(s). 4001.<br>690565 Spring-Governor (White)<br>Used on Type No(s). 1218, 1231, 1261, 4002, 4110. | 220      | 690412   | Washer (Governor Gear)                       |
|          |          |  | 210      | 691962   | Strainer-Fuel  | 222      | 691366   | Bracket-Control                              |
|          |          |  | 211      | 691807   | Spring-Governed Idle   | 226      | 690544   | Rod-Hand Choke                               |
|          |          |  | 219      | 394348   | Gear-Governor<br><b>Note</b><br>491663 Gear-Governor<br>Used on Type No(s). 1162, 1208, 1209, 1214, 1215, 1219, 1228, 1229, 1234, 1235, 1236, 1243, 1244, 1245, 1247, 1252, 1280, 1290, 1880, 1892, 1893, 4003, 4007, 4009, 4019, 4020, 4024, 4025, 4028, 4030, 4034, 4037, 4062, 4072, 4828.  | 227      | 690763   | Lever-Governor Control                       |
|          |          |  |          |          |  | 231      | 690718   | Screw (Choke Valve)                          |
|          |          |  |          |          |  | 231A     | 691437   | Screw (Choke Valve)                          |
|          |          |  |          |          |  | 232      | 690556   | Spring-Governor Link                         |
|          |          |  |          |          |  | 234      | 691723   | Clip-Control Rod                             |
|          |          |  |          |          |  | 239      | 491657   | Switch-Oil Pressure                          |
|          |          |  |          |          |  | 240      | 394358   | Filter-Fuel (Gravity Feed)                   |
|          |          |  |          |          |  | 240A     | 690612   | Filter-Fuel (Glass Bowl)                     |
|          |          |  |          |          |  | 240B     | 691035   | Filter-Fuel (40 Microns)                     |
|          |          |  |          |          |  | 241      | 690612   | Cover-Fuel Filter                            |
|          |          |  |          |          |  | 245      | 692190   | Gasket-Fuel Bowl                             |
|          |          |  |          |          |  | 246      | 298683   | Bowl-Fuel Filter                             |
|          |          |  |          |          |  | 247      | 691700   | Yoke-Bowl                                    |
|          |          |  |          |          |  | 257      | 690292   | Screw (Starter Clutch)                       |
|          |          |  |          |          |  | 262      | 690316   | Screw (Rod Bracket)                          |
|          |          |  |          |          |  | 267      | 690316   | Screw (Casing Clamp)                         |
|          |          |  |          |          |  | 268      | 691025   | Casing-Control Wire (Cut to Required Length) |
|          |          |  |          |          |  | 269      | 691026   | Wire-Control (Cut to Required Length)        |
|          |          |  |          |          |  | 270      | 691027   | Nut (Control Wire Casing)                    |
|          |          |  |          |          |  | 271      | 691028   | Lever-Control                                |

\* Included in Engine Gasket Set-Ref. No. 358.  
● Included in Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included in Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.  
⊙ Included in Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.



| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  |
|----------|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|--|
| 356      | 691423   | Wire-Stop<br>(1 Wire, 10-3/4" Long)<br>(2 Snap Connect<br>Insulated Female<br>Blade Terminals)   | 394      | 693489   | Diaphragm-Carburetor   | 479      | 691003   | Screw<br>(Oil Pump Screen)   |
| 356A     | 690654   | Wire-Stop<br>(1 Wire,<br>6-29/32" Long)<br>(Snap Connect<br>Insulated Female<br>Blade Terminal, And<br>Push-On Insulated<br>Male Blade Terminal)           | 394A     | 693488   | Diaphragm-Carburetor   | 500      | 691086   | Washer<br>(Key Switch)   |
| 356B     | 491391   | Wire-Stop<br>(2 Wires, 5-33/64" And<br>15-23/32" Long)<br>(Snap Connect<br>Insulated Female<br>Blade Terminal, And<br>2 Push-On Female<br>Blade Terminals) | 394B     | 691871   | Diaphragm-Carburetor   | 501      | 691185   | Regulator<br>(10 To 16 Amp<br>Regulated)   |
| 357      | 691483   | Key-Drive Pulley   | 394C     | 272638   | Diaphragm-Carburetor   | 501A     | 691188   | Regulator<br>(5 To 9 Amp<br>Regulated)   |
| 358      | 495868   | Gasket Set-Engine  | 395      | 222700   | Cover-Valve Chamber  | 505      | 691029   | Nut<br>(Governor Control<br>Lever)   |
| 359      | 691077   | Washer<br>(Ground Terminal)  | 395A     | 690481   | Cover-Valve Chamber  | 507      | 280180   | Insulator  |
| 361      | 691681   | Screw<br>(Starting Switch)   | 403      | 690288   | Washer<br>(End Cap)  | 507A     | 691972   | Insulator  |
| 362      | 392273   | Shield-Spark Plug<br>Used on Type No(s).<br>0751, 1238.  | 404      | 690442   | Washer<br>(Governor Crank)   | 510      | 497606   | Drive-Starter  |
| 363      | 19203    | Puller-Flywheel  | 432      | 693492   | Cap-Spring   | 510A     | 495878   | Drive-Starter  |
| 365      | 691681   | Screw<br>(Carburetor)  | 432A     | 690766   | Cap-Spring   | 513      | 692024   | Clutch-Drive   |
| 367      | 691003   | Screw<br>(Wire Clip)   | 434      | 693493   | Cover-Diaphragm  | 520      | 231174   | Terminal-Ground  |
| 373      | 691612   | Nut<br>(Ground Terminal)   | 434A     | 690434   | Cover-Diaphragm  | 520A     | 691084   | Terminal-Ground  |
| 383      | 89638    | Wrench-Spark Plug  | 435      | 693494   | Screw<br>(Diaphragm Cover)   | 523      | 691385   | Dipstick   |
| 391      | 693487   | Body-Fuel Pump   | 435A     | 691085   | Screw<br>(Diaphragm Cover)   | 524      | 281370   | Seal-Dipstick Tube   |
| 391A     | 691896   | Body-Fuel Pump   | 440      | 690335   | Screw<br>(Booster Fan)   | 525      | 691389   | Tube-Dipstick  |
| 392      | 693491   | Spring-Pump<br>Diaphragm   | 445      | 394018   | Filter-Air Cleaner<br>Cartridge  | 526      | 692198   | Screw<br>(10 To 16 Amp<br>Regulated)   |
| 392A     | 691801   | Spring-Pump<br>Diaphragm   | 447      | 690297   | Screw<br>(Air Guide Cover)   | 526A     | 690326   | Screw<br>(5 To 9 Amp<br>Regulated)   |
|          |          |  | 458      | 69932    | Kit-Handle/Rope<br>(Cut to Required<br>Length)<br>Used on Type No(s).<br>1879, 1882, 4811,<br>4815, 4817, 4838,<br>4851. | 544      | 692034   | Armature-Starter<br>(3-5/8" Housing<br>Length)                                       |
|          |          |  | 467      | 691668   | Knob-Air Cleaner   | 544A     | 390837   | Armature-Starter<br>(3-5/8" Housing<br>Length)                                       |
|          |          |  | 474      | 391595   | Alternator<br>(AC Only)  |          |          | <b>Note</b><br>490309 Armature-<br>Starter<br>(4-1/2" and 4-3/8"<br>Housing Lengths) |
|          |          |  | 474A     | 691953   | Alternator<br>(DC Only)  |          |          |  |
|          |          |  | 474B     | 691063   | Alternator<br>(Dual Circuit)   |          |          |  |
|          |          |  | 474C     | 691065   | Alternator<br>(Tri Circuit)  |          |          |  |
|          |          |  | 474D     | 691064   | Alternator<br>(10 To 16 Amp<br>Regulated)  |          |          |  |

\* Included in Engine Gasket Set-Ref. No. 358.

● Included in Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included in Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.

⊙ Included in Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   |
|----------|----------|---|----------|----------|--|----------|----------|---|
| 551      | 690415   | Cover-Valve   | 596      | 690333   | Screw<br>(Oil Pump)  | 676      | 393761   | Deflector-Muffler<br>(Side Out)                               |
| 552      | 690553   | Bushing-Governor<br>Crank   | 601      | 95162    | Clamp-Hose   | 676A     | 397630   | Deflector-Muffler<br>(Louvered)                               |
| 552A     | 690552   | Bushing-Governor<br>Crank   | 608      | 690765   | Starter-Rewind   | 676B     | 396903   | Deflector-Muffler<br>(Direct Out)                             |
| 562      | 690311   | Bolt<br>(Governor Control<br>Lever)   | 613      | 690810   | Screw<br>(Muffler)   | 677      | 690661   | Screw<br>(Muffler Deflector)                                  |
| 567      | 690359   | Screw<br>(Engine Base)  | 616      | 491530   | Crank-Governor   | 678      | 490817   | Spacer-Rewind   |
| 568      | 490918   | Base Engine<br>(Splash Lube)  | 621      | 297472   | Stopswitch   | 679      | 691875   | Washer<br>(Air Filter Retainer)                               |
|          |          | <b>Note</b>   | 627      | 690421   | Bracket-Stopswitch   | 681      | 691984   | Kit-Needle/Seat<br>Used on Type No(s).<br>4029.               |
|          |          | 491717 Base Engine<br>(Pressure Lube)   |          |          | 690422 Bracket-<br>Stopswitch  | 688      | 690446   | Cap-Friction  |
| 573      | 696041   | Plate-Back<br>(Used After Code Date<br>00121400).   |          |          | Used on Type No(s).<br>1228, 1229, 1247,<br>1898, 4025, 4028,<br>4828. | 689      | 691590   | Spring-Friction   |
|          |          | <b>Note</b>   | 635      | 66538    | Boot-Spark Plug  | 689A     | 690555   | Spring-Friction   |
|          |          | 690767 Plate-Back<br>(Used Before Code<br>Date 00121500)  | 636      | 691029   | Nut<br>(Starting Switch) (Used<br>On The Terminals)                    | 689B     | 691272   | Spring-Friction   |
| 575      | 692303   | Switch-Starting   |          |          |  | 691      | 690657   | Seal-Governor Shaft   |
| 577      | 690640   | Cable-Starter   | 641      | 690282   | Washer<br>(Starting Switch) (Used<br>On The Terminals)                 | 695      | 693149   | Screw<br>(Ring Gear)  |
| 578      | 692306   | Wire Assembly<br>(1 Wire, 48-1/2" Long)<br>(Snap Connect Female<br>Pin Socket, And Bare<br>Wire End)  | 641A     | 691075   | Washer<br>(Starting Switch) (Used<br>On The Terminals)                 | 697      | 690372   | Screw<br>(Drive Cap)  |
| 578A     | 690642   | Wire Assembly<br>(1 Wire,<br>4-15/16" Long)<br>(Push-On Insulated<br>Female Blade<br>Terminal, And<br>Push-On Insulated<br>Support Female Blade<br>Flag Terminal) | 643      | 691175   | Retainer-Air Filter  | 697A     | 691625   | Screw<br>(Drive Cap)  |
|          |          |   | 655      | 691734   | Anchor-Rewind Spring   | 707      | 690279   | Nut<br>(Fuel Tank Strap)                                      |
|          |          |   | 664      | 691087   | Nut<br>(Key Switch)  | 716      | 220863   | Washer<br>(Connecting Rod)                                    |
|          |          |   | 668      | 690510   | Spacer<br>(Head)<br>Used on Type No(s).<br>1268.                       | 725      | 690477   | Shield-Heat   |
| 579      | 690958   | Nut<br>(Starter Cable)  | 668A     | 690515   | Spacer<br>(Rotating Screen)  | 725A     | 690420   | Shield-Heat   |
| 579A     | 691626   | Nut<br>(Starter Cable)  | 668B     | 690419   | Spacer<br>(Rotating Screen)  | 726      | 391362   | Gear-Ring   |
| 587      | 690389   | Clamp-Cable   |          |          |  | 728      | 690297   | Screw<br>(Heat Shield)<br>(Used After Code Date<br>97012300). |
| 592      | 690276   | Nut<br>(Rewind Starter)   |          |          |  |          |          | <b>Note</b>   |
|          |          |   |          |          |  | 728A     | 691416   | Screw<br>(Heat Shield)  |

\* Included In Engine Gasket Set-Ref. No. 358.

● Included In Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included In Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.

⊗ Included In Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  |
|----------|----------|---|----------|----------|--|----------|----------|--|
| 729      | 690327   | Clip-Wire   | 803      | 693757   | Housing-Starter<br>(3-5/8" Housing Length)   | 851      | 493880   | Terminal-Spark Plug  |
| 737      | 690332   | Screw<br>(Oil Filter Adapter)   |          |          |  | 859      | ●●693490 | Gasket-Carburetor Pump   |
| 741      | 691277   | Gear Timing   | 803A     | 398159   | Housing-Starter<br>(3-5/8" Housing Length)   | 859A     | ●●691873 | Gasket-Carburetor Pump   |
| 742      | 690328   | Retainer-E Ring<br>(Governor Crank)   |          |          | ———— Note ————   | 860      | ●●691799 | Spring-Diaphragm   |
| 743      | 491801   | Gear-Drive  |          |          | 398892 Housing-Starter<br>(4-1/2" Housing Length)  | 861      | 693502   | Kit-Fuel Pump<br>(Used On 4 Screw Fuel Pump Mount Carburetors) |
| 748      | 690278   | Screw<br>(Control Rod Clip)   |          |          | 454205 Housing-Starter<br>(4-3/8" Housing Length)  | 861A     | 393397   | Kit-Fuel Pump<br>(Used On 3 Screw Fuel Pump Mount Carburetors) |
| 773      | 692332   | Retainer  | 807      | 693511   | Spacer-Throttle  | 862      | 495077   | Strap/Stud-Air Cleaner Mounting                                |
| 775      | 690315   | Nut<br>(Toggle Switch)  | 819      | 690810   | Screw<br>(Muffler Bracket)   | 863      | 690413   | Bracket-Muffler  |
| 783      | 693059   | Gear-Pinion   | 823      | 691681   | Screw<br>(Muffler Adapter)   | 864      | 691975   | Adapter-Muffler<br>(Cylinder 1)                                |
| 789      | 690774   | Harness-Wiring<br>(1 Wire, 16" Long)<br>(Ring Terminal, And Insulated Flag Female Blade Terminal) | 823A     | 691648   | Screw<br>(Muffler Adapter)   | 864A     | 691365   | Adapter-Muffler<br>(Cylinder 2)                                |
| 795      | 496590   | Switch-Toggle   | 823B     | 690316   | Screw<br>(Muffler Adapter)   | 864B     | 691970   | Adapter-Muffler<br>(Cylinder 1)                                |
|          |          | ———— Note ————  | 833      | 691100   | Screw<br>(Air Cleaner Mounting Strap/Stud)   | 865      | 690827   | Cover-Air Guide<br>(Cylinder 1)                                |
|          |          | 396988 Switch-Toggle<br>Used on Type No(s).<br>1242.  | 840      | 394583   | Kit-Panel<br>(Toggle)  | 65A      | 690828   | Cover-Air Guide<br>(Cylinder 2)                                |
| 797      | 693167   | Nut<br>(Brush Retainer)   |          |          | ———— Note ————   | 865B     | 691196   | Cover-Air Guide  |
| 797A     | 690958   | Nut<br>(Brush Retainer)   |          |          | 396573 Kit-Panel<br>Used on Type No(s).<br>1228, 1229, 1247,<br>1288, 1898, 4025,<br>4028, 4828. | 865C     | 691197   | Cover-Air Guide  |
| 801      | 691967   | Cap-Drive   | 842      | ★271170  | Seal-O Ring<br>(Dipstick Tube)   | 865D     | 690632   | Cover-Air Guide  |
| 802      | 691286   | Cap-End   | 847      | 690651   | Dipstick/Tube<br>Assembly  | 867      | 691195   | Frame-Air Guide  |
| 802A     | 395537   | Cap-End<br>(3-5/8" Housing Length)  |          |          | 397700 Kit-Panel<br>Used on Type No(s).<br>1242.   | 868      | ⊙692324  | Seal-Valve   |
|          |          | ———— Note ————  |          |          |  | 869      | 691802   | Seat-Valve<br>(Intake)   |
|          |          | 498233 Cap-End<br>(4-1/2" Housing Length)   |          |          |  | 870      | 691844   | Seat-Valve<br>(Exhaust)  |
|          |          | 494988 Cap-End<br>(4-3/8" Housing Length)   |          |          |  | 871      | 261961   | Bushing-Valve Guide<br>(Exhaust)                               |
|          |          |   |          |          |  |          |          | ———— Note ————   |
|          |          |   |          |          |  |          |          | 231218 Bushing-Valve Guide<br>(Intake)                         |
|          |          |   |          |          |  | 876      | 495877   | Kit-Pinion Spring  |

★ Included In Engine Gasket Set-Ref. No. 358.

● Included In Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included In Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.

⊙ Included In Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

| REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION   | REF. NO. | PART NO. | DESCRIPTION  |
|----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|--|
| 877      | 393456   | Wire/Connector-Alternator (Dual Circuit)  | 918      | 393815   | Hose-Vacuum (Cut to Required Length)                        | 1027     | 492932   | Filter-Oil   |
| 877A     | 399916   | Wire/Connector-Alternator (2 Wires, 7-53/64" Long) (2 Bare Wire Ends, And Insulated Snap Connect Male Pin Terminal)               | 934      | 691058   | Screw (Fan Retainer)  | 1027A    | 491056   | Filter-Oil (Used Before Code Date 95060500).   |
| 877B     | 393537   | Wire/Connector-Alternator (Tri Circuit)   | 947      | 693495   | Solenoid-Fuel (Used On 4 Screw Fuel Pump Mount Carburetors) | 1028     | 491721   | Adapter-Oil Filter   |
| 877C     | 393814   | Wire/Connector-Alternator (10 Amp Regulated)  | 947A     | 397266   | Solenoid-Fuel (Used On 3 Screw Fuel Pump Mount Carburetors) | 1032     | 491710   | Ball-Oil Pump  |
| 878      | 691237   | Harness-Alternator (2 Wires, 48-1/2", And 48-1/2" Long) (Snap Connect Female Pin Terminal, And 2 Bare Wire Ends)                  | 949      | 690840   | Guard-Debris Screen   | 1036     | 696778   | Label-Emission (Used After Code Date 01080800).                                      |
| 878A     | 691955   | Harness-Alternator (3 Wires, 5", 48", And 48" Long) (Snap Connect Pin Socket, 2 Bare Wire Ends, And 2 Insulated Rectifier Diodes) |          |          | Note  |          |          | Note   |
| 883      | *692282  | Gasket-Exhaust  | 955      | 693513   | Plug-Carburetor   |          |          | 695701 Label-Emission (Used After Code Date 00063000 and Before Code Date 01080900). |
| 883A     | *692236  | Gasket-Exhaust  | 955A     | 397882   | Plug-Carburetor   |          |          | 695103 Label-Emission (Used After Code Date 99093000 and Before Code Date 00070100). |
| 892      | 692318   | Switch-Key  | 967      | 272490   | Filter-Pre Cleaner  |          |          | 694408 Label-Emission (Used Before Code Date 99100100).                              |
|          |          | Note  | 968      | 691747   | Cover-Air Cleaner   | 1051     | 690337   | Ring-Retaining   |
|          |          | 392833 Switch-Key Used on Type No(s). 1228, 1229, 1247, 1288, 1898, 4025, 4028, 4828.   | 988      | *691313  | Gasket-Oil Adapter  | 1051A    | 691265   | Ring-Retaining   |
| 896      | 691641   | Pin-Drive Retainer  | 990      | 691959   | Key Set   | 1052     | 490916   | Sensor-Oil   |
| 897      | 394970   | Kit-MAGNETRON® Ignition   | 994      | 392390   | Arrestor-Spark  | 1058     | 274795   | Owner's Manual   |
| 904      | 492665   | Bearing-Needle  | 1003     | 490316   | Spring-Brush (4-1/2" Housing Length)                        | 1090     | 691293   | Retainer-Brush   |
|          |          |   | 1004     | 691897   | Duct-Air  | 1095     | 498047   | Gasket Set-Valve   |
|          |          |   | 1005     | 498157   | Fan-Flywheel (Used After Code Date 93011700).               | 1119     | 691183   | Screw (Alternator)   |
|          |          |   | 1005A    | 280815   | Fan-Flywheel (Used Before Code Date 93011800).              | 1136     | 690329   | Screw (Control Bracket) (High Speed Control)   |
|          |          |   | 1006     | 690452   | Retainer-Fan  | 1137     | 690390   | Washer (Control Bracket) (High Speed Control)  |
|          |          |   | 1006A    | 691247   | Retainer-Fan  | 1138     | 690330   | Nut (Control Bracket) (High Speed Control)   |
|          |          |   | 1017     | 690761   | Screen-Oil Pump   |          |          | Washer (Rewind Starter)  |
|          |          |   | 1018     | 690519   | Sensor-Oil Cap  | 1140     | 690286   |  |
|          |          |   | 1019     | 491262   | Kit-Label   |          |          |  |
|          |          |   | 1024     | 491708   | Pump-Oil  |          |          |  |

\* Included in Engine Gasket Set-Ref. No. 358.

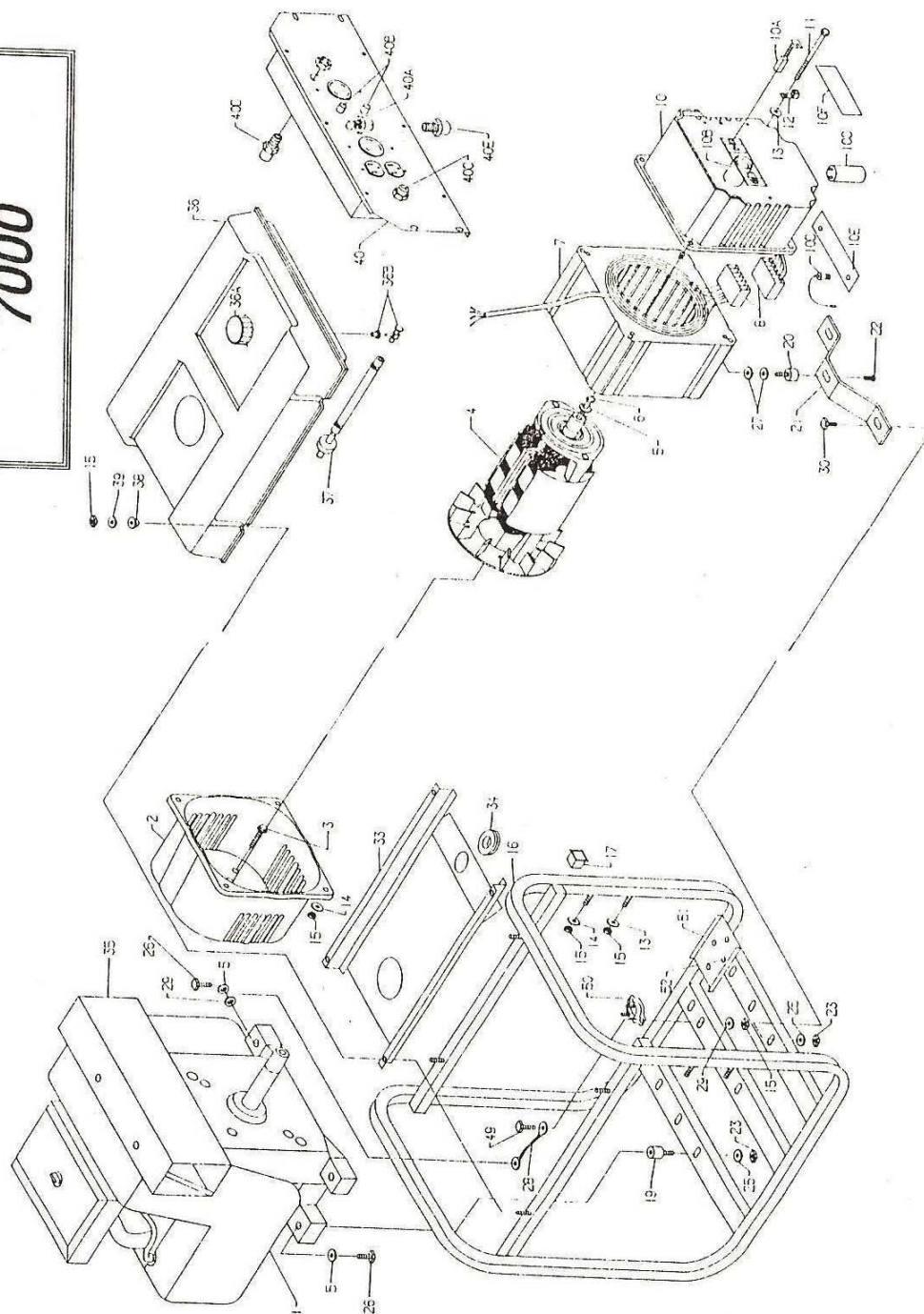
● Included in Carburetor Overhaul Kit-Ref. No. 121.

■ Included in Carburetor Gasket Set-Ref. No. 977.

⊗ Included in Valve Gasket Set-Ref. No. 1095.

Anexo D. Generador Powermate 7000W.

Commercial  
7000



COMMERCIAL PARTS LIST

| REF# | PART#     | DESCRIPTION                | WATTS |      |      |      |
|------|-----------|----------------------------|-------|------|------|------|
|      |           |                            | 4000  | 4000 | 5000 | 7000 |
|      |           |                            | IC    | IC   | IC   | IC   |
| 1    | Note A    | Engine, 8 HP B&S           | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 1    | Note A    | Engine, 11 HP B&S          | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 1    | Note A    | Engine, 18 HP B&S          | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 2    | PR03-4751 | Adapter, Engine 3-5 KW     | 4     | 4    | 4    | 4    |
| 3    | PR00-0919 | Bolt, Wz 3/8-16            | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 4    | PR04-9620 | Rotor, 5 KW B/S RF5        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 4    | PR04-9623 | Rotor, 7 KW 18 HP RF5      | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 5    | Note B    | Washer, Lock 5/16          | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 6    | PR03-5055 | Bolt, Hex 5/16-24 x 6-5/8  | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 6    | PR04-6540 | Bolt, Hex 5/16-24 x 8-7/8  | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 7    | PR05-0139 | Stator, 4-5 KW I.C.        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 7    | PR04-9797 | Stator, 4 KW               | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 7    | PR05-0307 | Stator, 4-5 KW I.C.        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 7    | PR04-9798 | Stator, 5 KW               | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 7    | PR04-9383 | Stator, 7 KW               | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 8    | PR04-8640 | Connector Hsg. Set         | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 9    | PR03-4801 | Connector Hsg. Set         | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 10   | PR04-8872 | Endbell, Wired Complete 45 | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 10A  | PR03-4868 | Brush, E-4R                | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 10B  | PR03-5188 | Bearing, Needle FTT-1212   | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 10C  | PR03A4819 | Capacitor                  | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 10D  | PR00-6005 | Diode Assembly             | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 10E  | PR03-8976 | Heat Sink, Diode           | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 10F  | PR03-8968 | Cover, Brush               | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 11   | PR04-0816 | Bolt, Hex Hd 1/4-20 x 6    | 4     | 4    | 4    | 4    |
| 11   | PR03-5170 | Bolt, Hex Hd 1/4-20 x 8    | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 12   | PR00-8854 | Lug, Ground                | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 13   | Note B    | Washer, Flat 1/4           | 7     | 7    | 7    | 7    |
| 14   | Note B    | Washer, Star External 1/4  | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 15   | PR04-0832 | Nut, Nyloc 1/4-20          | 12    | 12   | 12   | 12   |
| 16   | PR04-9136 | Carrier, Assy WA, Commrcl  | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 16   | PR04-9367 | Carrier, Assy 45-7 KW      | 4     | 4    | 4    | 4    |
| 17   | PR04-8837 | Cap, Plastic               | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 19   | PR04-8831 | Isolator, Engine           | 4     | 4    | 4    | 4    |
| 19   | PR04-8894 | Isolator, Engine           | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 20   | PR04-8894 | Isolator, Stator           | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 20   | PR04-8832 | Isolator, Stator           | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 21   | PR04-9693 | Bracket, Stator            | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 21   | PR04-8866 | Bracket, Stator            | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 22   | PR04-9279 | Bolt, WZ 5/16-18 x 1/2     | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 23   | PR04-8736 | Nut, Nyloc 5/16-18         | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 24   | PR08-0101 | Nut, Nyloc 5/16-24         | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 25   | Note B    | Washer, Flat 5/16          | 8     | 8    | 8    | 8    |
| 26   | Note B    | Bolt, 5/16-18 x 1-1/4      | 7     | 7    | 7    | 7    |

COMMERCIAL PARTS LIST (Continued)

| REF# | PART#     | DESCRIPTION                            | WATTS |      |      |      |
|------|-----------|--|-------|------|------|------|
|      |           |  | 4000  | 4000 | 5000 | 7000 |
|      |           |  | IC    | IC   | IC   | IC   |
| 27   | Note B    | Washer, Flat 1/2"                      | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 28   | PR04-9224 | Assy, Ground Wire Braided              | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 30   | Note B    | Bolt, Hex 5/16-18 x 3/4                | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 30   | PR03-7887 | Bolt, WZ 5/16-18 x 1                   | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 31   | Note B    | Bolt, Hex 5/16-18 x 2 1/4              | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 32   | PR04-7796 | Spacer, 3/4                            | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 33   | PR04A9453 | Shield, Heat                           | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 34   | PR05-0002 | Grommet                                | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 35   | PR04-9126 | Assy, Deflector                        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 35   | PR04-9127 | Assy, Deflector                        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 35   | PR04-9369 | Assy, Deflector                        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 36   | PR04-9472 | Tank Assembly Complete                 | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 36A  | PR05-0322 | Cap, Fuel                              | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 36B  | PR04-9114 | Fuel Valve with Bushing                | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 37   | PR04-7790 | Filter, Fuel                           | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 38   | PR04-8243 | Bushing, Step                          | 4     | 4    | 4    | 4    |
| 39   | Note B    | Washer, Flat 5/16 Wide Series          | 4     | 4    | 4    | 4    |
| 40   | PR04-9245 | Panel, Wired Complete 45-4 I.C.        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40   | PR04-9171 | Panel, Wired Complete 45-4             | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40   | PR05-0303 | Panel, Wired Complete 45-4 I.C.        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40   | PR04-9174 | Panel, Wired Complete 45-5             | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40   | PR04-9375 | Panel, Wired Complete 45-7             | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40A  | PR04-9071 | CB 20 Amp                              | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 40A  | PR04-9072 | CB 25 Amp                              | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40B  | PR04-9382 | CB 30 Amp                              | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40B  | PR04-8337 | CB 35 Amp                              | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40C  | PR04-9248 | Switch, Dual Rocker                    | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40C  | PR04-7776 | Switch, Rocker Lighted                 | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40C  | PR03-6137 | Switch, Rotary 3H 463A Indak           | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40D  | PR04-8900 | Strain Relief, Heyco 3213              | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40E  | PR04-9291 | Strain Relief, Heyco 3222 ATC          | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40F  | PR05-0152 | Module, Idle Control                   | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 40G  | PR05-0146 | Cord, Assy 18-3                        | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 41   | PR04-9876 | Assy, Muffler 8 x 8, 8 HP              | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 41   | PR04-9877 | Assy, Muffler 8 x 8, 11 HP             | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 41A  | PR04-9093 | Muffler, 8x8, 8HP B&S                  | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 41A  | PR04-9094 | Muffler, 8x8, 11HP B&S                 | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 45   | PR04-9697 | Assy, Elec. Start (Elec. Start Models) | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 45A  | PR03-0148 | Switch DR-450A (Elec. Start Models)    | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 49   | Note B    | Bolt, Hex 1/4-20 x 3/4                 | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 50   | PR03-6079 | Solenoid Starter                       | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 51   | PR03-6533 | Pan, Battery                           | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 52   | Note B    | Bolt, Hex 5/16-18 x 5/8                | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 53   | Note B    | Screw, 8-32 x 3/8                      | 1     | 1    | 1    | 1    |
| 55   | Note B    | Screw, 6-32 x 1-4                      | 1     | 1    | 1    | 1    |

**Anexo E. Configuración de las clavijas de seguridad.**

**PRODUCTOS Y SISTEMAS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

**Tomacorrientes y enchufes tipo NEMA**

**Tomacorrientes y enchufes Turnlok**

**P. 91**  
Tomacorrientes y clavijas de media vuelta Turnlok



Productos y sistemas

# Turnlok Tomacorrientes y enchufes tipo NEMA

Tomacorrientes y clavijas con seguro de giro, de media vuelta, de incrustar y aérea para 15, 20, y 30 amperios. Fácil instalación, con terminales bien identificados.



## Turnlok enchufes y tomacorrientes configuración NEMA, no NEMA y placas

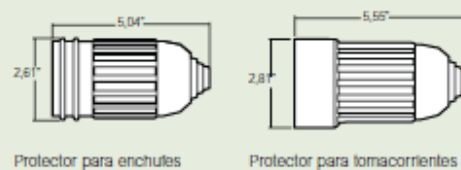
## Fundas protectoras accesorios



| Emb. | Ref.      | Enchufes y tomacorrientes                  |
|------|-----------|--|
| 1    | L615 - P  | 15A 250V - 2P+T, L6 - 15                   |
| 1    | L615 - C  | Enchufe aéreo                              |
| 1    | 4560      | Tomacorriente aéreo                        |
|      |           | Tomacorriente para empotrar con placa      |
| 1    | L620 - P  | 20A 250V -, 2P+T, L6 - 20                  |
| 1    | L620 - C  | Enchufe aéreo                              |
| 1    | L620 - R  | Tomacorriente aéreo                        |
|      |           | Tomacorriente para empotrar con placa      |
| 1    | L630 - P  | 30A 250V -, 2P+T, L6 - 30                  |
| 1    | L630 - C  | Enchufe aéreo                              |
| 1    | L630 - R  | Tomacorriente aéreo                        |
|      |           | Tomacorriente para empotrar con placa      |
|      |           | <b>20A 125/250V -, 3P+T, L14 - 20</b>      |
| 1    | L1420 - P | Enchufe aéreo                              |
| 1    | L1420 - C | Tomacorriente aéreo                        |
| 1    | L1420 - R | Tomacorriente para empotrar con placa      |
|      |           | <b>30A 125/250V -, 3P+T, L14 - 30</b>      |
| 1    | L1430 - P | Enchufe aéreo                              |
| 1    | L1430 - C | Tomacorriente aéreo                        |
| 1    | L1430 - R | Tomacorriente para empotrar con placa      |
|      |           | <b>20A 250V - 30, 3P+T, L15 - 20</b>       |
| 1    | L1520 - P | Enchufe aéreo                              |
| 1    | L1520 - C | Tomacorriente aéreo                        |
| 1    | L1520 - R | Tomacorriente para empotrar con placa      |
|      |           | <b>30A 250V - 30, 3P+T, L15 - 30</b>       |
| 1    | L1530 - P | Enchufe aéreo                              |
| 1    | L1530 - C | Tomacorriente aéreo                        |
| 1    | L1530 - R | Tomacorriente para empotrar con placa      |
|      |           | <b>Placas</b>                              |
| 1    | SL7       | Placa metálica en acero inoxidable         |
|      |           | 1 puerto para tomacorriente Turnlok 15A    |
| 1    | SS720     | Placa metálica en acero inoxidable         |
|      |           | 1 puerto para tomacorriente Turnlok 20/30A |
| 1    | WPB - 1   | Tapa ciega en aluminio                     |

| Emb. | Ref.          | Fundas protectoras  |
|------|---------------|---|
| 1    | L615 - P      | Fabricación en neopreno con excelente resistencia a los rayos U.V. y agentes químicos cuando están ensamblados. Seguro de clip que garantiza la conexión cuando están ensamblados. Entrada de cables para un mayor número de calibres |
| 1    | L15 - RBC     | <b>Para mantener el IP</b><br>Funda protectora. Mantiene IP 67 estanco para hembra Turnlok  |
| 1    | L15 - RBP     | Funda protectora. Mantiene IP estanco para macho Turnlok  |
| 1    | CLR2030 - RBC | <b>Para ambientes corrosivos</b><br>Accesorio de protección resistente a corrosión para hembra volante Turnlok 20/30A color amarillo  |
| 1    | CLR2030 - RBP | Accesorio de protección resistente a corrosión para macho volante Turnlok 20/30A color amarillo   |

### ■ Dimensiones (mm)












Protector para enchufes

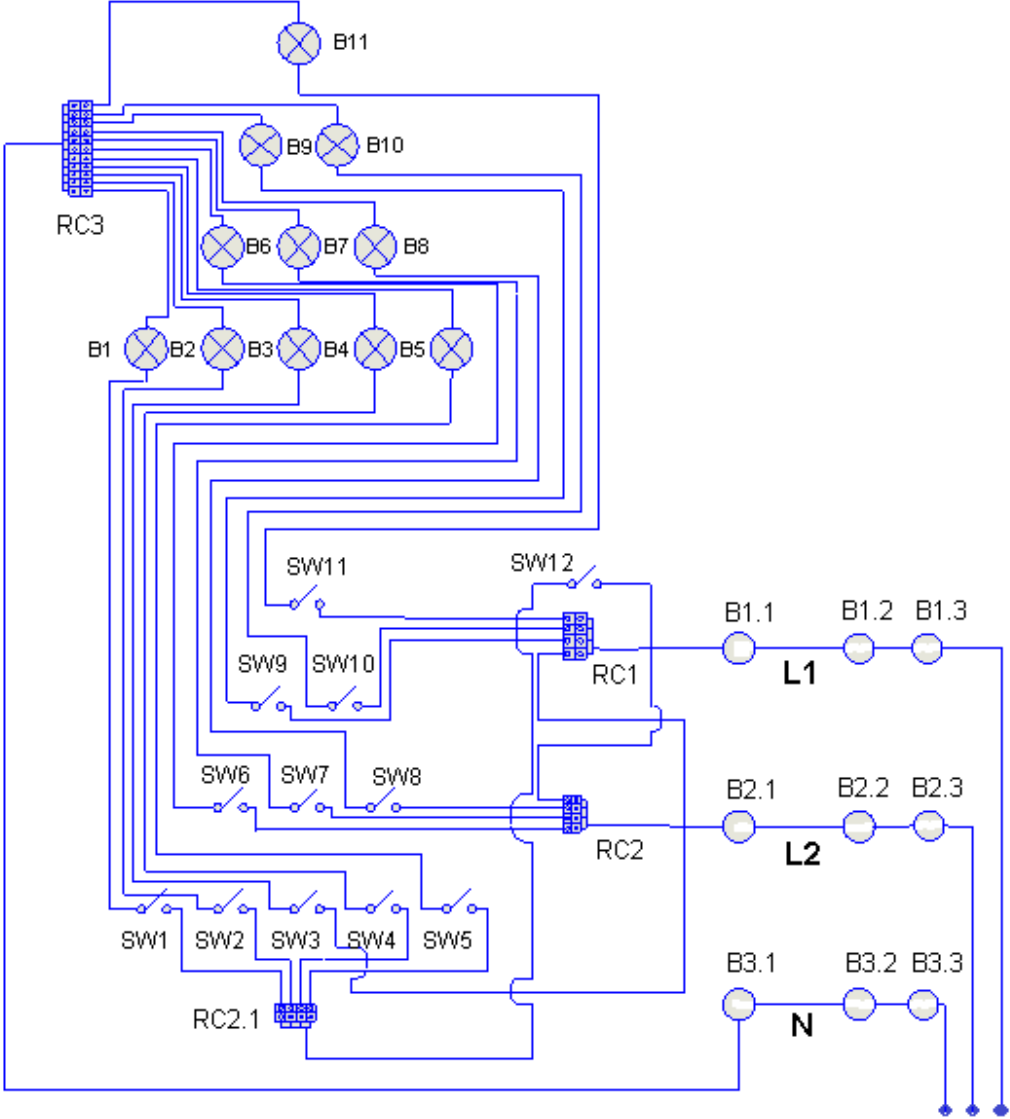
Protector para tomacorrientes

## Configuraciones NEMA

| NEMA       |            |           |                    |  |  |  |
|------------|------------|-----------|--------------------|--|--|--|
|            | TENSIÓN    | CORRIENTE | CONFIGURACIÓN NEMA | CLAVIJA A  | TOMA B   | RECEPTÁCULO C  |
| 3P + T, 4H | 125 / 250V | 20 A      | L14-20             | <br>Ref. L1420-P  | <br>Ref. L1420-C  | <br>Ref. L1420-R  |
|            |            | 30 A      | L14-30             | <br>Ref. L1430-P  | <br>Ref. L1430-C  | <br>Ref. L1430-R  |
|            | 250 V- 3Ø  | 20 A      | L15-20             | <br>Ref. L1520-P  | <br>Ref. L1520-C  | <br>Ref. L1520-R  |
|            |            | 30 A      | L15-30             | <br>Ref. L1530-P | <br>Ref. L1530-C | <br>Ref. L1530-R |

| NEMA       |         |           |                    |  |  |  |
|------------|---------|-----------|--------------------|--|--|--|
|            | TENSIÓN | CORRIENTE | CONFIGURACIÓN NEMA | CLAVIJA A  | TOMA B   | RECEPTÁCULO C  |
| 2P + T, 3H | 250V-   | 15 A      | L6 - 15            | <br>Ref. L615-P | <br>Ref. L615-C | <br>Ref. 4560   |
|            |         | 20 A      | L6 - 20            | <br>Ref. L620-P | <br>Ref. L620-C | <br>Ref. L620-R |
|            |         | 30 A      | L6 - 30            | <br>Ref. L630-P | <br>Ref. L630-C | <br>Ref. L630-R |

**Anexo F. Circuito eléctrico general.**



### Definición de la nomenclatura.

|   |   |
|---|---|
| B1.3, B2.3, B3.3                                    | Bornes del tablero de medición utilizados para medir el voltaje entre líneas.   |
| B1.1 a B1.2.<br>B2.1 a B2.2.<br>B3.1 a B3.2.        | Bornes que unen el tablero de medición y control, por medio de un cable intermedio por el cual se mide la corriente en las líneas.                              |
| SW1, SW2, SW4,<br>SW5, SW6, SW7,<br>SW8             | Switches que permiten circular la corriente de L2. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 60W, 100W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W. |
| SW3, SW9,<br>SW10, SW11                             | Switches que permiten la corriente de L1. La carga en watts que activan de acuerdo al orden señalado es de 500W, 1000W, 1000W, 1000W.                           |
| SW12  | Permite que la corriente de L2 alimente los switches; SW1, SW2, SW4, SW5.   |
| RC1   | Regleta común, para distribuir la corriente de L1.  |
| RC2 y RC2.1   | Regletas comunes, para distribuir la corriente de L2.   |
| RC3   | Regleta común para la línea N.  |
| B1, B2, B3, B4,<br>B5, B6, B7, B8,<br>B9, B10, B11. | Bombillas de consumo con valores en su orden de; 60W, 100W, 500W, 200W, 150W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W, 1000W  |