

## Informe 04: Laboratorio de Máquinas

### “Ensayos en una central diésel, ensayo grupo electrógeno”

Nombre: Constanza Puentes Vergara

Asignatura: Laboratorio de máquinas ICM557-3

Escuela Ingeniería Mecánica PUCV

Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muñoz

Ayudante: Ignacio Ramos

Fecha de entrega: 09 de Octubre del 2020

## Índice

Informe 04: Laboratorio de Máquinas .....	1
“Ensayos en una central diésel, ensayo grupo electrógeno” .....	1
Introducción .....	3
Parámetros .....	4
Ecuaciones .....	4
Análisis previos .....	4
Reconocimiento de la instalación .....	4
Procedimiento de trabajo, datos previos .....	5
Procedimiento de adquisición de datos sugerido .....	5
Tabla de valores medidos .....	6
Desarrollo.....	6
Grafique, comente y explique.....	6
Conclusiones.....	10
Bibliografía.....	11

## Introducción

Los grupos de electrógenos, son conocidos por responder a necesidades energéticas de una forma creíble y eficiente, ya sea utilizado como fuente principal o auxiliar de ellas. Estos maravillosos equipos, tienen como función convertir la capacidad calorífica en energía mecánica y luego en energía eléctrica; Comúnmente consisten en un motor y un alternador que van acoplados a otros elementos.

En el presente informe, analizaremos datos medidos de un grupo de electrógenos que utiliza un motor diésel, comparando sus datos con la compañía eléctrica Chilquinta.

Como objetivos para este documento, será analizar el comportamiento de un motor de combustión interna en aplicación a un grupo electrógeno, también, determinar el costo de kWh generado y, por último, determinar el punto de funcionamiento óptimo y sus RPM.

## Parámetros

Los parámetros a calcular serán los siguientes:

- $P_{el}$  = Potencia eléctrica en los bornes del alternador
- $bel$  = Consumo específico en los bornes del alternador.
- $Q_{cb}$  = Caudal volumétrico de combustible.
- $C_{kWh}$  = Costo del  $kWh$  generado.

## Ecuaciones

Las ecuaciones a utilizar en el siguiente informe serán las siguientes:

$$\text{Corriente media: } I_m = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \text{ [A]} \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\text{Tensión media: } V_m = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \text{ [V]} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$\text{Potencia eléctrica: } P_{el} = \cos \varphi * V_m * I_m \text{ [W]} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$\text{Para un motor trifásico: } \varphi = 120^\circ \Rightarrow \cos \varphi = 0.8141$$

$$\text{Consumo específico en bornes alternador: } bel = \rho_c * \frac{Q_{cb}}{P_{el}} \left[ \frac{kg}{kWh} \right] \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$\text{Costo del kWh generado: } C_{kwh} = \frac{Q_{cb} * c}{P_{el}} \left[ \frac{\$}{kWh} \right] \quad \text{Ecuación (5)}$$

## Análisis previos

### Reconocimiento de la instalación

Realice un reconocimiento de la instalación, identifique el motor Bedford (GM inglesa) y el alternador AEG.

Identifique las resistencias disipadoras de calor, los bornes para medir la corriente y los dispositivos para medir el voltaje y la frecuencia.

Anote los valores placa de los equipos y regístrelos para integrarlos como anexo a su informe.

## Procedimiento de trabajo, datos previos

Previo a realizar el experimento es útil contar con la siguiente información:

- Determinar el volumen de la bureta a ensayar (en este caso:  $375\text{cm}^3$  ).
- Densidad del combustible Diésel  $[\rho_c]$ . =  $850 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
- Costo del combustible  $[c]$ . =  $\$494,5 \left[ \frac{\$}{\text{L}} \right]$ . [1]

## Procedimiento de adquisición de datos sugerido

- Poner en marcha el motor y llevarlo a la velocidad de 52 [Hz].
- Poner la resistencia hidráulica a fondo.
- Conectar la carga.
- Verificar la frecuencia y reajustar alrededor de los 52 [Hz] si está bajo los 48 [Hz] (Continuar con este criterio durante todo el ensayo).
- Tomar la primera serie de valores de acuerdo con la tabla (Los valores de lectura instantánea, tomarlo una vez que se haya consumido la mitad del combustible de la probeta en uso).
- Terminada la medición de tiempo de consumo, rellenar probeta e inmediatamente iniciar la segunda lectura con el incremento de carga que se lograra en forma automática por la disminución de la resistencia por aumento de la temperatura del agua. Consumida la mitad de la probeta leer valores instantáneos.
- Seguir con el procedimiento análogo al descrito hasta que se llegue a plena carga o la ebullición del agua en la resistencia hidráulica muy violenta.

## Tabla de valores medidos.

Registre los datos de acuerdo al siguiente esquema, tabule y grafique (sea coherente con las unidades).

- Número de medición.
- Volumen de combustible [Vc].
- Tiempo de medición del consumo de combustible.
- Corrientes.
- Voltaje

N°	Variables eléctricas							Combustible	
	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	V2 [V]	V2 [V]	V3 [V]	f [Hz]	V[cm3]	t [s]
1	26	26	27	404	404	404	51,5	375	150
2	28	29	29	402	402	402	51	375	146
3	39	39	37	400	400	400	50,5	375	132
4	42,5	42,6	40,9	400	400	400	50	375	125
5	46,4	46,5	44,6	399,9	399,9	399,9	50	375	120

Tabla 1: Datos registrados en la medición

## Desarrollo

### Grafique, comente y explique

1. Tabule todos los datos calculados (Realizado en el punto anterior)
2. ¿Existe alguna fórmula que relacione las RPM con la frecuencia, si es así a cuantas RPM funcionó el motor?

$$\text{Si existe, } 1[\text{Hz}] = \frac{60 \text{ rev}}{1 \text{ min}} = \frac{1 \text{ rev}}{1 \text{ seg}} \Rightarrow X [\text{hz}] * \frac{2}{p (\text{polos})} * \frac{60 \text{ rev}}{1 \text{ min}} = X' [\text{RPM}]$$

Para este caso,  $p = 4[-]$

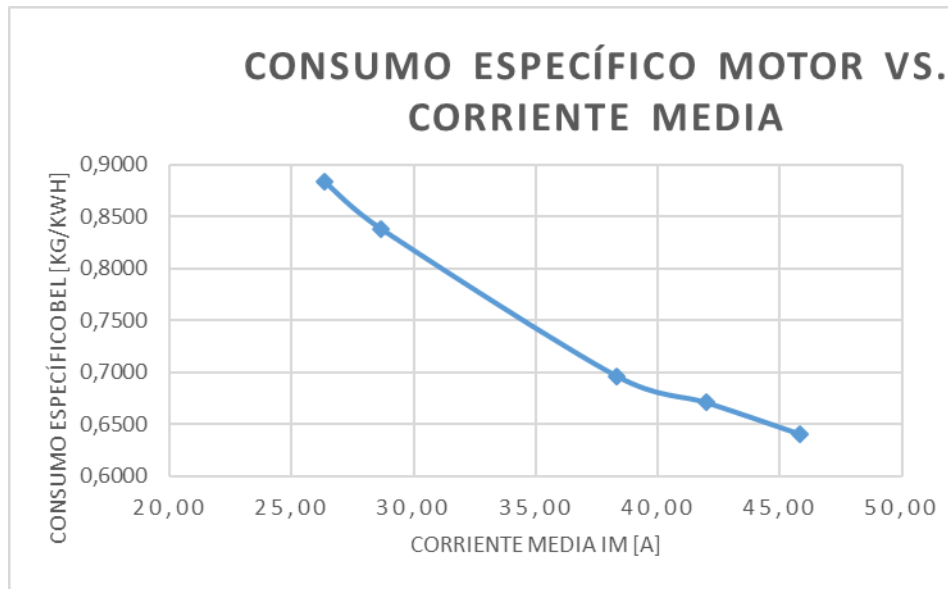
Por lo tanto, el motor funcionó entre: 50 y 51,5 [Hz]  $\Rightarrow$  **1.500 y 1.545 [RPM]**

3. Identifique las constantes que se presentan en la guía, que valor físico representan.
  - Volumen de la bureta a ensayar: Cantidad de espacio que ocupa la bureta, en este caso su valor es de  $375 \text{ cm}^3$
  - Densidad del combustible Diésel  $[\rho_c]$ : Relación entre la masa y el volumen del combustible diésel, para este caso  $\rho_c = 850 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ .
  - Costo del combustible  $[c]$ : Valor por cada litro de combustible, en pesos chilenos = \$494,5  $[\$/\text{L}]$ .
  - Ángulo  $\varphi$  , para el cálculo de potencia eléctrica y posteriormente consumo específico en bornes alternador y costo del kWh generado, tenemos que para un motor trifásico:  $\varphi = 120^\circ \Rightarrow \cos \varphi = 0.8141$
  
4. Calcular las potencias eléctricas, las potencias efectivas, los consumos específicos en los bornes del alternador los consumos específicos del motor y los costos del  $kWh$  generado.

N°	Im	Vm	Pel	Bel	Costo	Caudal
	[A]	[V]	[W]	[kg/kWh]	[kWh]	[cm3/s]
1	26,33	404,00	8661,80	0,8832	513,8078	0,0000025
2	28,67	402,00	9382,62	0,8377	487,3298	2,5685E-06
3	38,33	400,00	12484,11	0,6963	405,1059	2,8409E-06
4	42,00	400,00	13678,24	0,6711	390,4450	0,000003
5	45,83	399,90	14922,92	0,6408	372,7907	3,125E-06

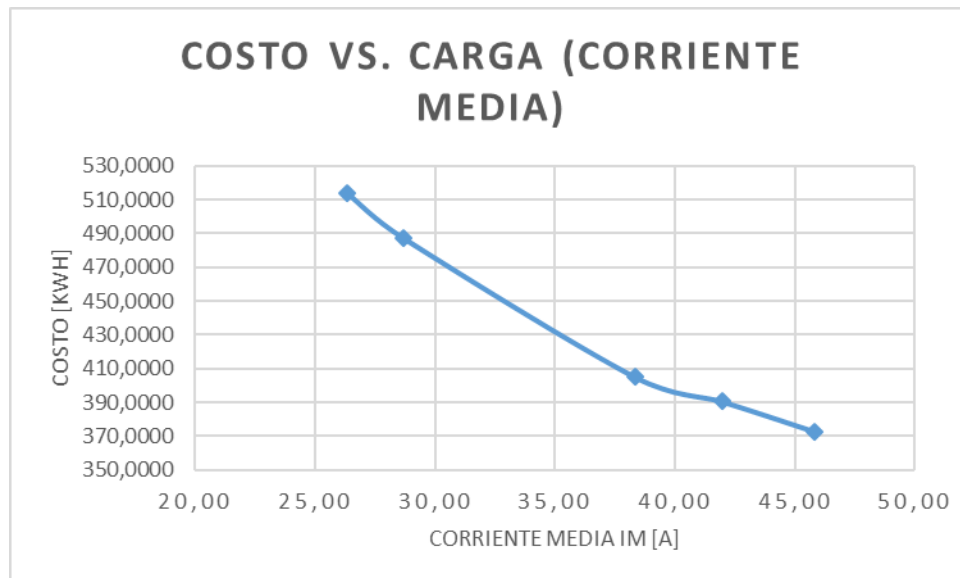
*Tabla 2: Cálculos de valores de las constantes físicas*

5. Trazar las curvas de consumo específico del motor y del grupo en función de la carga (corriente).



*Gráfico 1: Consumo específico vs. Corriente media*

6. Trazar la curva de costo del *kWh* generado en función de la carga (corriente).



*Gráfico 2: Costo vs. Corriente media*



7. Determinar el punto de funcionamiento óptimo.

**R:** Lo más óptimo para el funcionamiento, haciendo un análisis en las dos gráficas mostradas anteriormente, sería en el último punto medido (Punto 5), puesto que se tiene un menor costo por carga y un menor consumo específico de energía.

8. Comparar y comentar el costo del  $kWh$  generado en el punto óptimo con el respecto a la mejor tarifa industrial de CHILQUINTA.

**R:** Punto 5 (punto óptimo) = **372,8** Pesos chilenos por kWh, y la mejor tarifa industrial es Chilquinta es = **57,295** Pesos chilenos por kWh (*Cargo por energía para tarifas AT2 y AT3 [2]*).

Podemos decir que, nuestro punto óptimo es aproximadamente un 650% más alto en valor, en comparación con la mejor tarifa ofrecida por Chilquinta. Es decir, a pesar de que nuestro motor diésel tenga una buena eficiencia comparativa con otros motores estudiados anteriormente, sigue siendo su gasto energético alto, comparándolo con los costos de la compañía eléctrica Chilquinta.

9. Discutir a cuánto podría bajar el costo del  $kWh$  generado si se ocupara un grupo electrógeno de la misma potencia, pero última generación.

Tomando un grupo electrógeno como: modelo DE56, marca Caterpillar [3], obtenemos un costo de kWh para este, con la [Ecuación \(5\)](#), lo cual nos da un valor de: 184,38 por kWh, comparándolo con nuestro mejor valor obtenido anteriormente, tenemos que disminuye a poco más de la mitad de su “mejor valor”, Lo cual es bueno.

10. Analizar y discutir valores y curvas obtenidas.

Comparando el gráfico 1 y 2, podemos notar a simple vista que ambos se asemejan bastante en la forma de la curva, esto debido a que son datos

dependientes uno del otro, con variantes similares, como, por ejemplo: El caudal y densidad.

Ahora bien, vemos que a medida que la corriente media aumenta, el valor del consumo específico y de su costo van disminuyendo, es decir, se empiezan a optimizar los valores, pues esto es lo que buscamos, por lo que podemos decir que nos conviene tener valores de corriente media altos.

## Conclusiones

Si bien, los grupos de electrógenos son importantes para parte de los espacios públicos como hospitales, aeropuertos, y otros, pues son necesarios suministro eléctrico continuo y fiable, es necesario ver, además de los requerimientos técnicos, todas las consideraciones económicas necesarias, porque claramente pudimos notar, que existen costos más elevados que los que brinda al menos la compañía eléctrica Chilquinta para nuestro país.

## Bibliografía

[1] Costo del combustible diésel, 05-oct-2020

[https://es.globalpetrolprices.com/Chile/diesel\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/Chile/diesel_prices/)

[2] Tarifas de Chilquinta:

<https://www.chilquinta.cl/storage/pdf/1c940ae8e5c9de66d0bf6cc3093ef639.pdf>

[3] Grupos de electrógenos de última generación

[https://www.finning.com/es\\_CL/campaigns/energiaymotores/generadores-diesel-se.html?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=EnergiaGeneradoresCLSearchExact-Energia!finsa&utm\\_device=c&utm\\_keyword=grupo%20electrogenero%20diesel&utm\\_content=lead!ongoing!power!new-equip&sid=39578901525&gclid=Cj0KCQjw4X8BRCPARIsABmcnOo\\_pzUWp1O3EypOXQTAUTYNWQdOlwcswdUpn2es1RqeEg-22rDZx4aAoYLEALw\\_wcB](https://www.finning.com/es_CL/campaigns/energiaymotores/generadores-diesel-se.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=EnergiaGeneradoresCLSearchExact-Energia!finsa&utm_device=c&utm_keyword=grupo%20electrogenero%20diesel&utm_content=lead!ongoing!power!new-equip&sid=39578901525&gclid=Cj0KCQjw4X8BRCPARIsABmcnOo_pzUWp1O3EypOXQTAUTYNWQdOlwcswdUpn2es1RqeEg-22rDZx4aAoYLEALw_wcB)