



## Sesión N°4

# “Ensayos en una central Diésel, Grupos electrógenos”

*Laboratorio de Máquinas ICM 557*

*Segundo semestre 2020*

*Profesores:*

*Cristóbal Galleguillos Ketterer*

*Tomás Herrera Muños*

*Por:*

*Cristóbal Aguilar Franchino*

## Contenido

1. Introducción .....	1
2. Objetivos.....	1
3. Metodología .....	1
3.1 Datos previos .....	1
3.2 Esquema general de la instalación .....	2
3.3 Parámetros medidos y a calcular .....	3
Resultados .....	5
Conclusión.....	9

## 1. Introducción

Mediante el siguiente documento se buscará analizar el comportamiento de un motor de combustión interna en aplicación a un grupo electrógeno.

## 2. Objetivos

Obtener régimen de funcionamiento óptimo y comprender en qué consisten parámetros fundamentales de un grupo electrógeno como la potencia eléctrica, potencia efectiva, consumo específico de los bornes del alternador, consumo específico del motor y el costo de  $kWh$  generado.

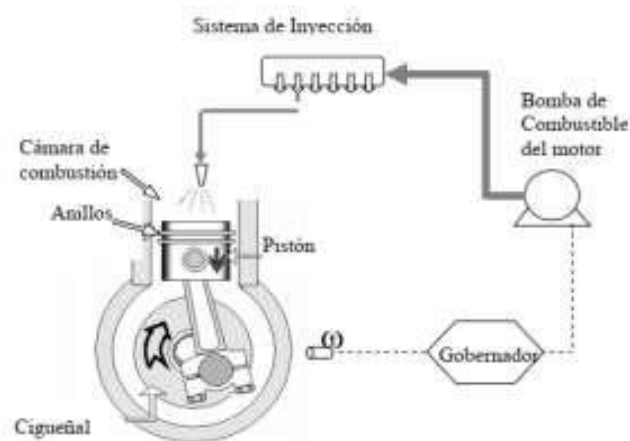
## 3. Metodología

### 3.1 Datos previos

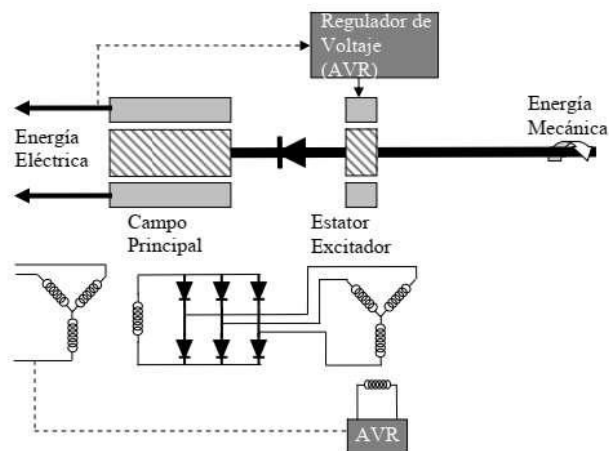
- Volumen de la bureta a ensayar:  $375cm^3$
- Densidad del combustible Diesel ( $\rho_c$ ):  $850\text{ kg}/m^3$
- Costo del combustible: 476 \$/l
- Angulo de fase ( $\varphi$ ):  $120^\circ$
- Factor de potencia ( $fp$ ): 0.61
- Pares de polos ( $pp$ ): 2

### 3.2 Esquema general de la instalación

La energía requerida para el funcionamiento del generador será producida a partir de un motor de combustión interna Diesel Bedford y el encargado de convertir esta potencia en energía eléctrica será un alternador AEG, el esquema de ambos sistemas se muestra a continuación.



*Ilustración 3-1, Detalle de la instalación*



*Ilustración 3-2, Esquema de un generador*

### 3.3 Parámetros medidos y a calcular

Una vez el sistema se encuentra en funcionamiento y mediante la utilización de los instrumentos del laboratorio se realizan mediciones de propiedades como corriente eléctrica, voltaje, frecuencia y tiempo. A partir de estas propiedades es que se realizan los cálculos de:

- Estimación de  $Rpm$  a partir de la frecuencia, para una máquina de tipo sincrónica la velocidad angular está definida como:

$$\omega = \frac{2\pi * f}{pp} \left[ \frac{rad}{s} \right] \quad (1)$$

Pero nosotros necesitamos este valor en  $Rpm$  donde:

$$1[Rpm] = \frac{2\pi}{60} \left[ \frac{rad}{s} \right] \quad (2)$$

Por tanto, nuestro valor entregado en  $Rpm$  vendrá dado por:

$$\omega = \frac{60 * f}{pp} [Rpm] \quad (3)$$

- Corriente media, esta consiste en el valor medio a una corriente alterna a la media aritmética de todos los valores instantáneos de corriente, medidos en cierto intervalo de tiempo

$$I_m = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} [A] \quad (4)$$

- Tensión media, al igual que anteriormente consiste en una media aritmética de los valores instantáneos, pero esta vez referido a la tensión.

$$V_m = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} [V] \quad (5)$$

- Potencia eléctrica, es la proporción por unidad de tiempo con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico, en otras palabras, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado.

$$P_{el} = \cos(\varphi) * V_m * I_m [W] \quad (6)$$

- Potencia efectiva, corresponde a la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo, es la potencia realmente consumible debido al efecto de pérdidas.

$$P_{ef} = fp * P_{el} [W] \quad (7)$$

- Caudal volumétrico de combustible ( $\dot{Q}_{cb}$ ), tal como indica el nombre es el volumen de combustible que fluye en cierto periodo de tiempo medido.

- Consumo específico en bornes alternador, consiste en una relación que asocia el consumo de combustible del motor y la potencia eléctrica total generada por el sistema.

$$b_{el} = \rho_c * \frac{\dot{Q}_{cb}}{P_{el}} \left[ \frac{kg}{kWh} \right] \quad (8)$$

- Costo del kWh generado:

$$C_{kWh} = \frac{\dot{Q}_{cb} * c}{P_{el}} \left[ \frac{\$}{kWh} \right]$$

## Resultados

Los datos extraídos de laboratorio de nuestro sistema son:

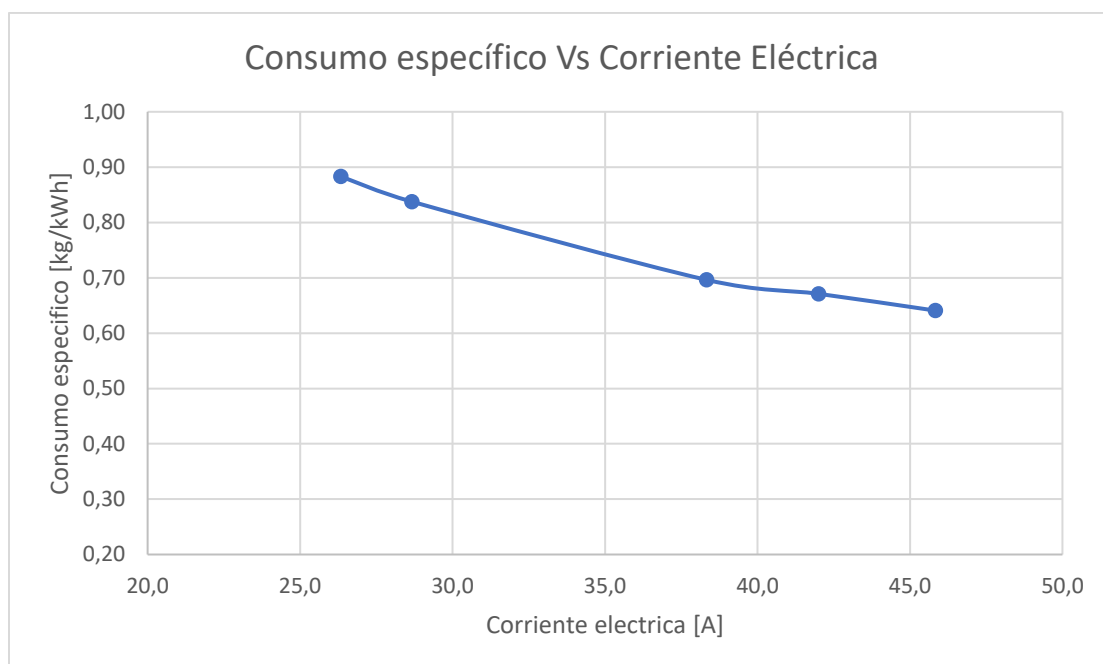
	Variables eléctricas							Combustible	
#	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	V1 [V]	V2 [V]	V3 [V]	f [Hz]	Vol [cm3]	t [s]
1	26	26	27	404	404	404	51,5	375	150
2	28	29	29	402	402	402	51	375	146
3	39	39	37	400	400	400	50,5	375	132
4	42,5	42,6	40,9	400	400	400	50	375	125
5	46,4	46,5	44,6	399,9	399,9	399,9	50	375	120

*Tabla 1: Datos registrados mediante medición en el laboratorio*

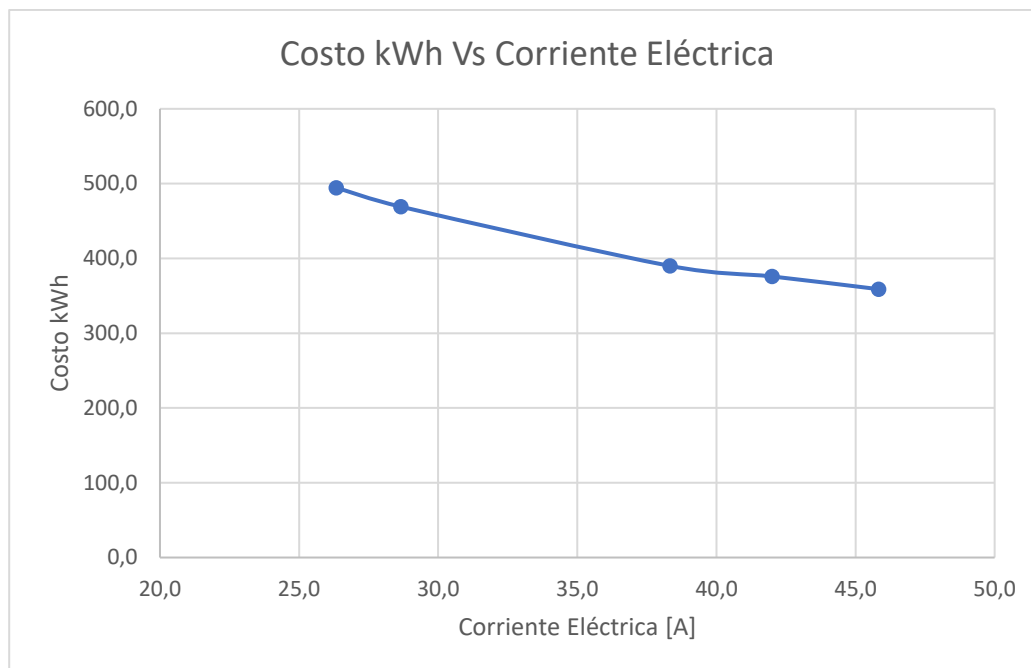
A partir de las ecuaciones anteriormente descritas podemos determinar los siguientes valores:

RPM	Im [A]	Vm [V]	Pel [W]	Pef [W]	Q[m <sup>3</sup> /h]	Bel [kg/kWh]	Costo [\$/kWh]
1545	26,3	404	8661,8	5283,7	0,00900	0,883	494,6
1530	28,7	402	9382,6	5723,4	0,00925	0,838	469,1
1515	38,3	400	12484,1	7615,3	0,01023	0,696	390,0
1500	42,0	400	13678,2	8343,7	0,01080	0,671	375,8
1500	45,8	399,9	14922,9	9103,0	0,01125	0,641	358,8

*Tabla 2: Cálculo de parámetros físicos*







A partir de los datos obtenidos podemos observar que nuestro punto óptimo de funcionamiento se encontrara a 1500 *Rpm* acompañado de los mayores valores de corriente media (45.8 [A]), estas características no permiten obtener los costos de *kWh* más bajos.

Haciendo una comparativa respecto a los mejores precios ofrecidos por CHILQUINTA, con un valor de 83.564 \$/*kWh* podemos notar que nuestro costo de elevadamente más alto, presentando en las mejores condiciones un valor de 358.8 \$/*kWh*.

Una de las razones por el valor estimado por *kWh* de este grupo electrógeno presenta valores tan elevados puede deberse a múltiples factores, ente ellos la ineficiencia que puede presentar debido a desgaste, antigüedad, etc.

Nuevamente realizando una leve comparación con un grupo electrógeno moderno como el “CATERPILLAR DE55E0”, el cual presenta las siguientes características:

Output Ratings		
Generator Set Model - 3 Phase	Prime*	Standby*
400/230 V, 50 Hz	50.0 kVA 40.0 kW	55.0 kVA 44.0 kW
480/277 V, 60 Hz	56.3 kVA 45.0 kW	62.5 kVA 50.0 kW

\* Refer to ratings definitions on page 4.  
Ratings at 0.8 power factor.

Technical Data		
Engine Make & Model:	Cat® C3.3	
Generator Model:	R1935L4	
Control Panel:	EMCP 4.1	
Base Frame Type:	Heavy Duty Fabricated Steel	
Circuit Breaker Type:	3 Pole MCB / 3 Pole MCCB	
Frequency:	50 Hz	60 Hz
Engine Speed: RPM	1500	1800
Fuel Tank Capacity: litres (US gal)	219 (57.9)	
Fuel Consumption, Prime: l/hr (US gal/hr)	11.6 (3.1)	13.7 (3.6)
Fuel Consumption, Standby : l/hr (US gal/hr)	12.8 (3.4)	15.2 (4.0)

Haciendo uso de ecuación previamente utilizada para el cálculo del costo  $kWh$  podemos estimar que tendrá un valor de 122.702 \$/ $kWh$ , el cual es un valor mucho más razonable en relación con el precio ofrecido por CHILQUINTA dejando así demostrada la precaria eficiencia de nuestro grupo electrógeno.

## Conclusión

A partir de los análisis realizados en laboratorio y la aplicación de los datos entregados al someter a pruebas nuestro grupo electrógeno, logramos hacer cálculo de los parámetros de funcionamiento, pudiendo así establecer de forma precisa el valor de la energía generada en las pruebas. A partir de estos datos se evidencio el precario rendimiento obtenido por nuestro grupo electrógeno, al entregar costos de energía muy por encima en relación con equipos de última tecnología.