

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

SECCIÓN DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA



Laboratorio de Máquinas

Laboratorio N°2

**Generador Síncrono**

**Kevin Benites – 20205244**

**Carlos Granados - 20192468**

**Salvador Yábar - 20200408**

2024-1

## **1. OBJETIVOS A LOGRAR:**

- Medir parámetros eléctricos del generador.
- Realizar ensayos de vacío y cortocircuito considerando condiciones nominales.
- Calcular el circuito equivalente del generador síncrono a partir de la medición de resistencia y los ensayos de vacío y cortocircuito.

- Realizar el ensayo regulación, de características exteriores y de carga del generador con diversos tipos y valores de carga eléctrica.
- Realizar las curvas características del generador con los datos obtenidos.
- Analizar y evaluar las curvas experimentales y curvas generadas matemáticamente con el circuito eléctrico equivalente.
- Encontrar soluciones a problemas referidos al generador síncrono analizando la información obtenida en los ensayos

## 2. MEDICIONES

Antes de realizar las mediciones, se tomaron los datos de placa del generador síncrono.

Este presenta los siguientes valores nominales:

$N = 1500 \text{ rpm}$

$I = 5.25 \text{ A}$

$V_L = 220 \text{ V}$



Figura 1. Datos de placa del generador síncrono

### 2.1 Medición de la resistencia óhmica de las bobinas de armadura

BOBINA	RESISTENCIA ( $\Omega$ )
S1 - S4	0.7
S2 - S5	0.8
S3 - S6	0.7

Tabla 1. Resistencia de bobinas de armadura

Para la medición de la resistencia se empleó el multímetro en medición de resistencia. La diferencia de resistencia entre estas no es significativa, además, su valor es reducido. Este es un resultado esperable, ya que la resistencia debería ser mínima para evitar pérdidas.

## 2.2 Ensayo de vacío

Se realizaron las conexiones del motor primo y el generador síncrono según la guía, sin carga eléctrica conectada. Se midió la tensión de fase y la corriente de excitación.

$I_f$ (A)	$V_{Fg}$ (V)
0	3.49
0.04	16.52
0.11	24.65
0.16	29.7
0.29	45.8
0.41	59.67
0.55	75.05
0.69	90.3
0.82	102.1
0.93	110.04
1.09	120.2
1.29	130
1.54	140.1

Tabla 2. Ensayo de vacío

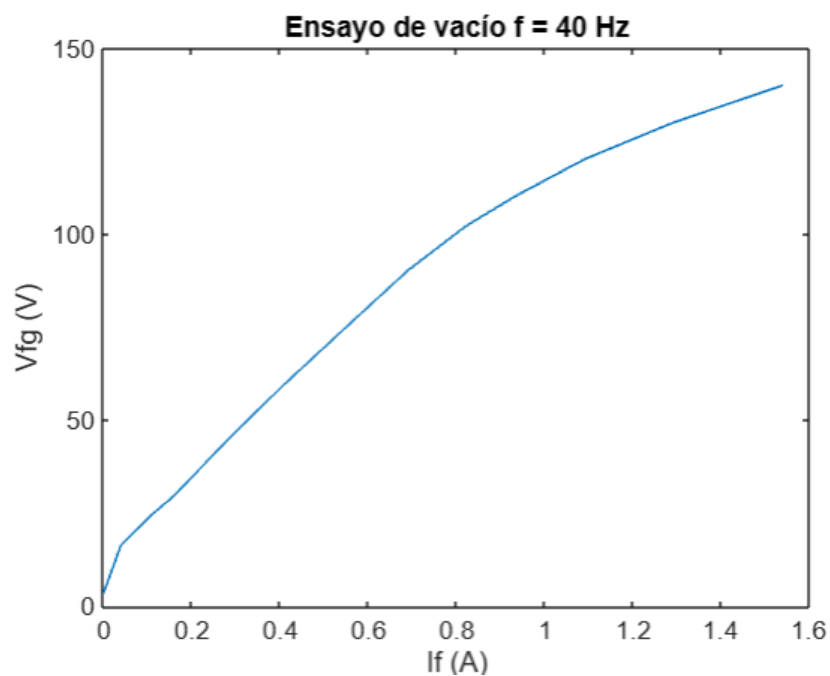


Gráfico 1. Curva característica del ensayo de vacío

### 2.3 Ensayo de cortocircuito

Para el ensayo de cortocircuito se cortocircuitó los terminales del generador, y se varió la corriente de excitación mientras se medía la corriente de armadura.

Se realizaron mediciones desde una corriente mínima hasta aproximarse a la corriente nominal de armadura. Se evitó llegar o sobrepasar la corriente nominal debido a la antigüedad de la máquina.

$I_f$ (A)	$I_g$ (A)
0.04	0.796
0.08	1.008
0.27	2.028
0.45	3.003
0.63	3.991
0.82	5.002

Tabla 3. Ensayo de cortocircuito

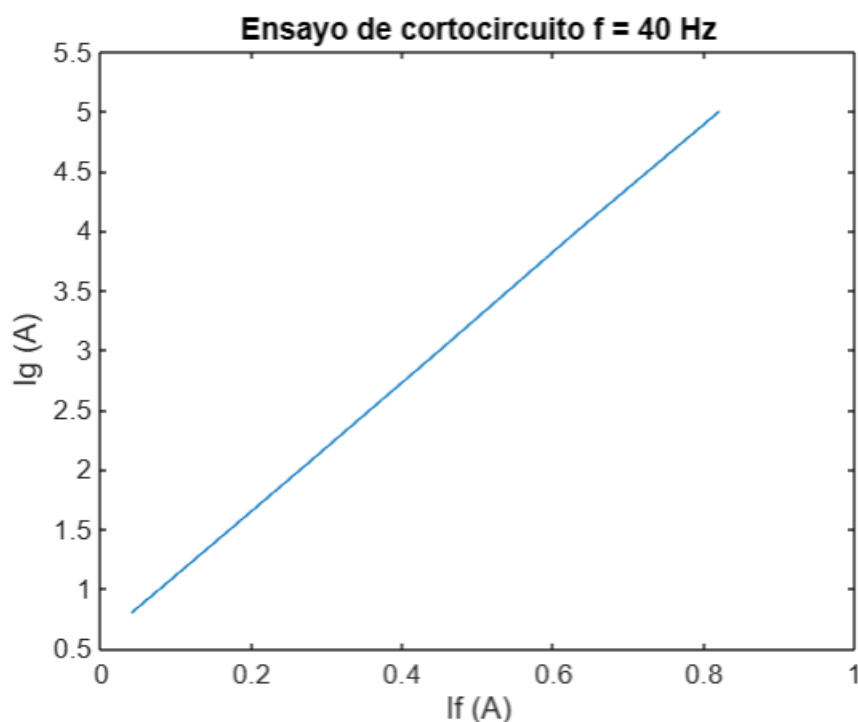


Gráfico 2. Curva característica del ensayo de cortocircuito

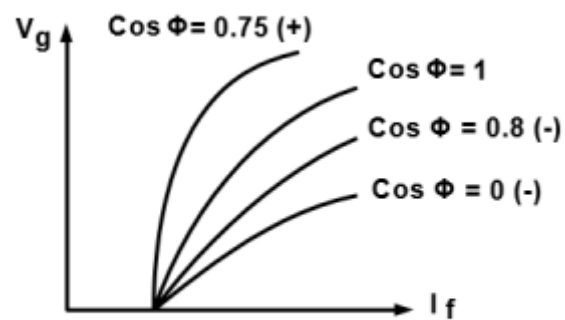
La gráfica muestra una relación lineal entre la corriente de armadura y la corriente de excitación. Esto coincide con la teoría, que indica una relación lineal entre ambas.

## 2.4 Ensayos con carga

### Curva de Carga

Para el ensayo de Curva de Carga, se fijó la corriente de armadura en 0.4 A, y se varió la carga, aumentando su valor para cada medición. Se observó que tanto la tensión como la corriente de excitación disminuyeron a medida que se aumentó la carga.

La curva obtenida es similar a la curva que se muestra en la guía de laboratorio para  $FP=1$ .



*Fig. 8 Características con carga*

$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	$I_f$ (A)
0.4	133	1.39
0.4	117.24	1.04
0.4	80.8	0.58
0.4	62.4	0.41
0.4	54.16	0.34

Tabla 4. Ensayo de Curva de Carga – Resistencia

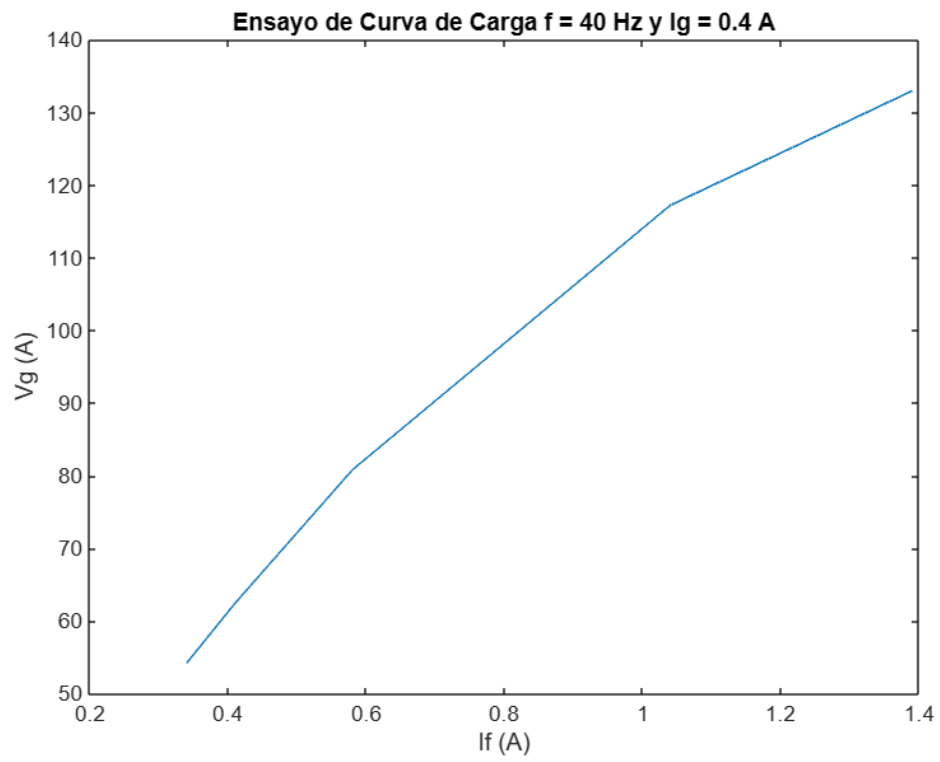


Gráfico 3. Curva característica del ensayo de carga

### **Características Exteriores**

Para el ensayo de características exteriores, se mantuvo constante la corriente de excitación. Al aumentar la carga resistiva, se observa que la tensión decrece mientras la corriente de armadura aumenta.

$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	$I_f$ (A)
0	134.5	1.4
0.714	132.86	1.4
0.918	130.6	1.4
1.237	124.24	1.4

Tabla 5. Ensayo de Características Exteriores – Resistencia

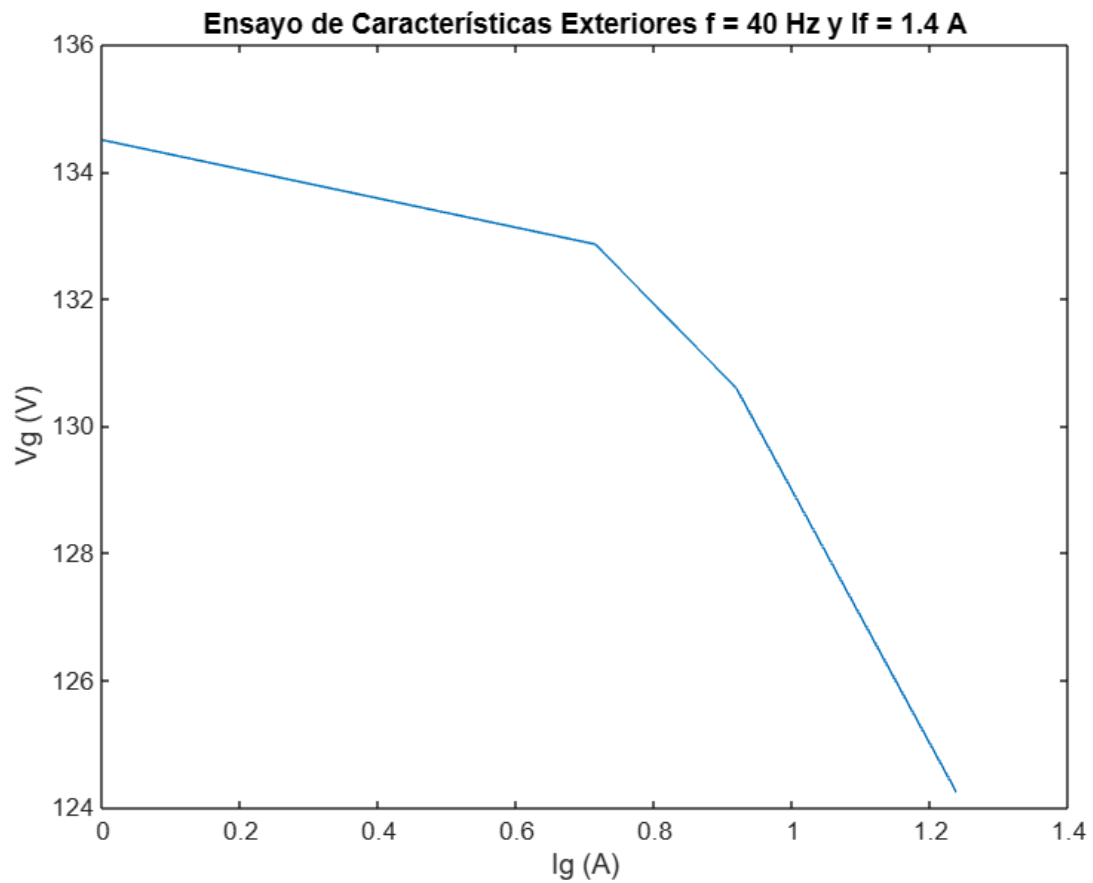
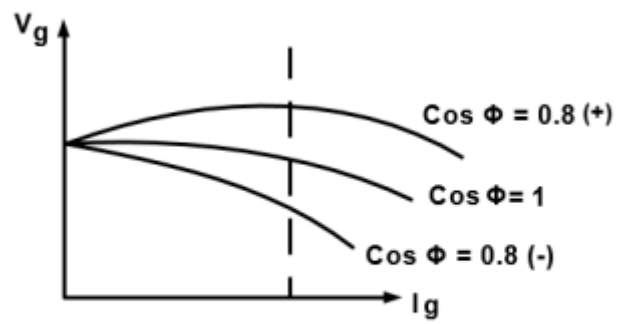


Gráfico 4. Curva del ensayo de características exteriores



La gráfica obtenida se asemeja al resultado esperado, la curva con factor de potencia igual a 1 en la figura 9 de la guía.



**Fig. 9 Características exteriores**

### **Ensayo de Regulación**

Para el ensayo de regulación, se mantuvo la tensión en un valor fijo de 130 V. Al aumentar la carga, la variación en la corriente de excitación fue reducida, mientras que la corriente de armadura aumentó hasta alrededor de 1 amperio.

$I_g$ (A)	$V_g$ (V)	$I_f$ (A)
1.24	130	0
1.29	130	0.46
1.35	130	0.962
1.44	130	1.044

Tabla 6. Ensayo de Regulación – Resistencia

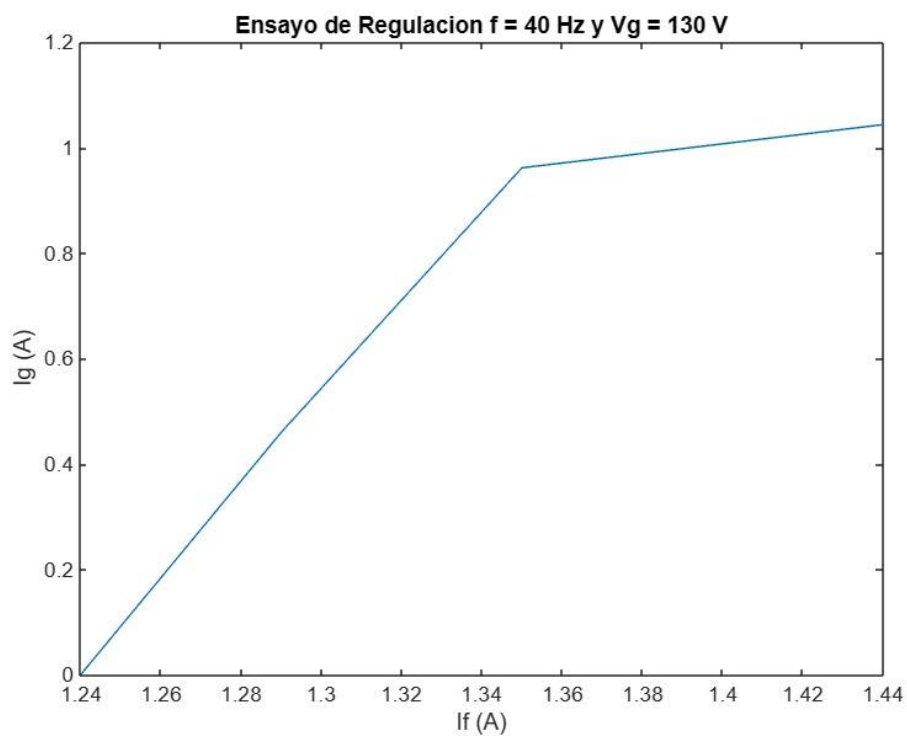
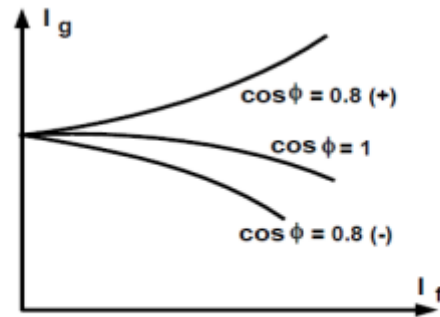


Gráfico 5. Curva característica del ensayo de regulación



**Fig. 10** *Curvas de regulación*

La curva de regulación obtenida es distinta a la curva presentada en la guía. Se observa que esta es la reflexión de la curva de la guía respecto al eje y.

## 2.5 Circuito equivalente

En la siguiente gráfica se muestran las curvas obtenidas de los ensayos de cortocircuito y vacío superpuestas.

Para obtener la impedancia síncrona, primero se obtiene el valor de la corriente de excitación evaluada en la corriente nominal de armadura.

Considerando  $I_{gk} = 5.05$  A, se obtiene  $I_{fk} = 0.85$  A. Para este valor de corriente de excitación, se obtiene  $E_{g0} = 104.373$  V, como se observa en el gráfico 7.

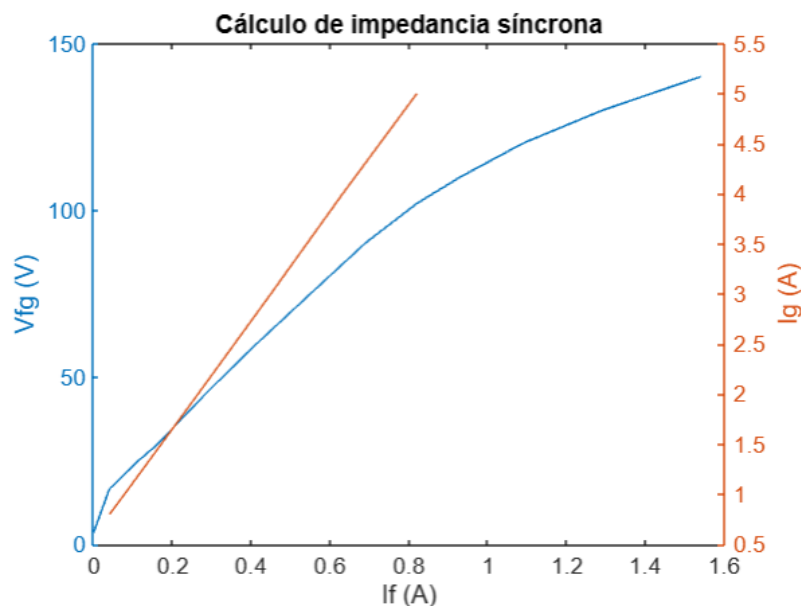


Gráfico 6. Curva característica del ensayo de regulación

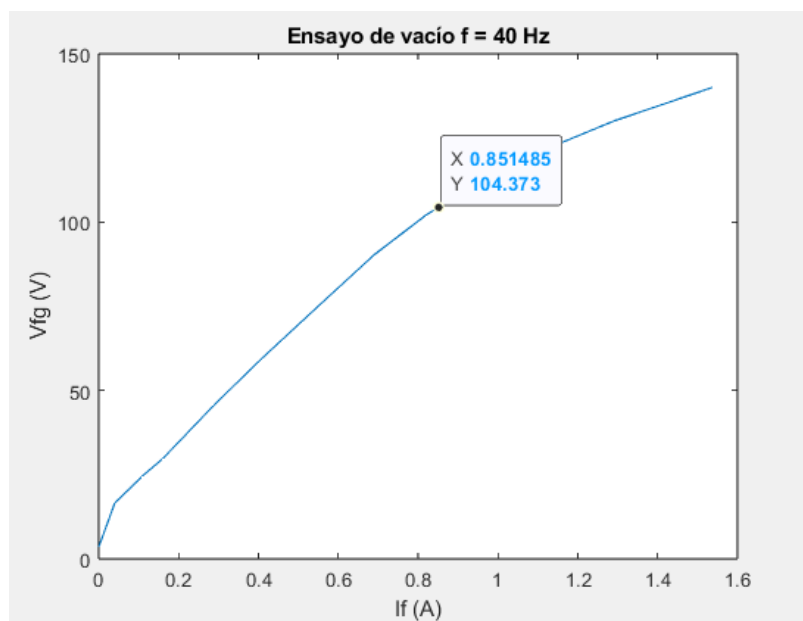


Gráfico 7. Ensayo de vacío evaluado en la  $I_{fk}$

De esto, se obtiene la impedancia síncrona:  $Z_s = 20.66 \, \Omega$ .

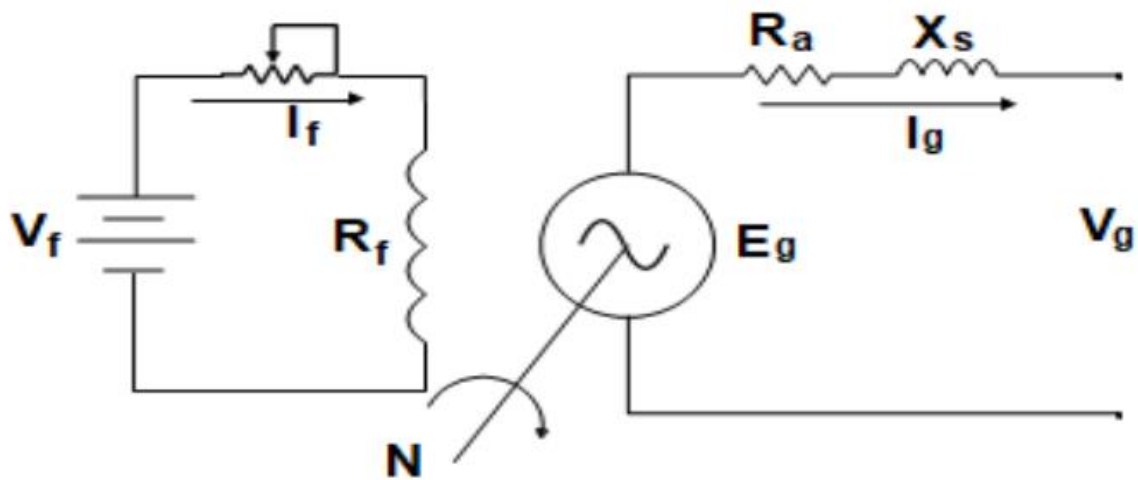
Para obtener la reactancia síncrona debemos despejar de la formula, empleando la resistencia de armadura y la impedancia síncrona obtenida a partir de los ensayos de vacío y cortocircuito.

$$Z_s = \frac{E_{g0}}{I_{gk}} = \sqrt{R_a^2 + X_s^2}$$

Obtenemos el valor de la resistencia de armadura a partir del promedio simple de las mediciones obtenidas:

$R_a = \text{promedio } (R_{a1}, R_{a2}, R_{a3}) = 0.73 \, \Omega$ .

$R_a = 0.73 \, \Omega$ , finalmente:  $X_s = 20.647 \, \Omega$ .



### **3. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES**

En conclusión, se logró medir los parámetros eléctricos del generador: la resistencia de armadura y de campo.

Los ensayos de vacío y cortocircuito no fueron realizados a condiciones nominales debido al estado y desgaste de la máquina síncrona, por lo que se tuvo que realizar las mediciones a una frecuencia, corriente y voltaje menores.

Para los ensayos se empleó una frecuencia de 40 Hz, ya que la frecuencia nominal de 50 Hz provocaba una corriente de excitación mayor a la recomendable (1,6 A), que podría dañar el generador síncrono debido a su antigüedad. Esto permitió mantener la corriente de excitación en un rango seguro mientras se realizaban los ensayos.

Para los ensayos con carga, no se consideraron cargas capacitivas debido a que las que se encuentran en el laboratorio no se pueden regular con facilidad, por lo que la gráfica tendría muy pocos puntos. Se esperaba que las gráficas con carga capacitiva presenten un aumento en la tensión.

Por otro lado, no se emplearon cargas inductivas, ya que las gráficas resultarían muy similares a las obtenidas con la carga resistiva. Esto se debe a que la carga resistiva ya cuenta con un componente inductivo.

Para realizar las curvas características se empleó el software MATLAB, el cual es un sistema que nos permite trabajar de manera sencilla con los datos recibidos en los ensayos; asimismo, nos permitió poder analizar las tendencias y formas de las gráficas, así como la comparación de dos curvas en una gráfica. El uso de este sistema nos permitió comprender el comportamiento del generador síncrono en los diversos ensayos.

Los ensayos realizados permitieron determinar las relaciones que existen entre la tensión de fase y la corriente de excitación, así como entre la corriente de armadura y la corriente de excitación. En el primer caso, al aumentar la corriente de excitación, la tensión de fase aumentaba, por lo que ambas variables eran proporcionales. En el segundo caso, también se observó el aumento de la corriente de armadura al aumentar la corriente de excitación, obteniendo una curva lineal.