

# PROYECTO FINAL DE GRADO



**MANUAL DE PRÁCTICAS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE POTENCIA CON EL SOFTWARE ETAP ENFOCADO AL ANÁLISIS DE FLUJO DE CARGA, CONTENIDO DE LA MATERIA DE SISTEMAS DE POTENCIA DE LA FCYT**

**AUTORA: ESTEFANY MARIEL GARCETE CARDOZO**

# Planteamiento del problema



## **Necesidad Tecnológica**

En estos tiempos necesariamente debemos recurrir a herramientas tecnológicas, especialmente plataformas de simulación de fenómenos magnéticos, eléctricos o de ingeniería en general.



## **Limitación Académica**

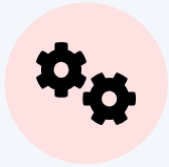
Según entrevista al profesor de las materias Sistemas de Potencia 1 y 2 en estas materias se realiza la resolución analítica de problemas de sistemas teóricamente ideales y no se dispone de prácticas de análisis y diseño de sistemas de potencia reales.



## **Propuesta de solución**

Por este motivo, en este proyecto de fin de grado se redacta un manual de prácticas en software especializado de análisis y diseño de sistemas de potencia adecuado al contenido programático de las materias de Sistemas de Potencia de la FCyT con el uso del software ETAP.

# Justificación



## Herramientas de simulación

El uso de herramientas tecnológicas, especialmente plataformas de simulación, es fundamental en la actualidad. Por ello, este proyecto de fin de grado desarrolla un manual de prácticas con el software ETAP.



## Beneficio para Estudiantes y docentes

Esto permitirá a estudiantes y docentes realizar análisis y diseño de sistemas de potencia reales, facilitando investigaciones aplicables y proporcionando una herramienta útil para el desarrollo de proyectos finales.

# Objetivos

## Objetivo general

- Elaborar manual de prácticas de análisis y diseño de sistemas de potencia con el software ETAP enfocado al análisis de flujo de carga, contenido programático de la materia de sistemas de potencia de la FCyT.

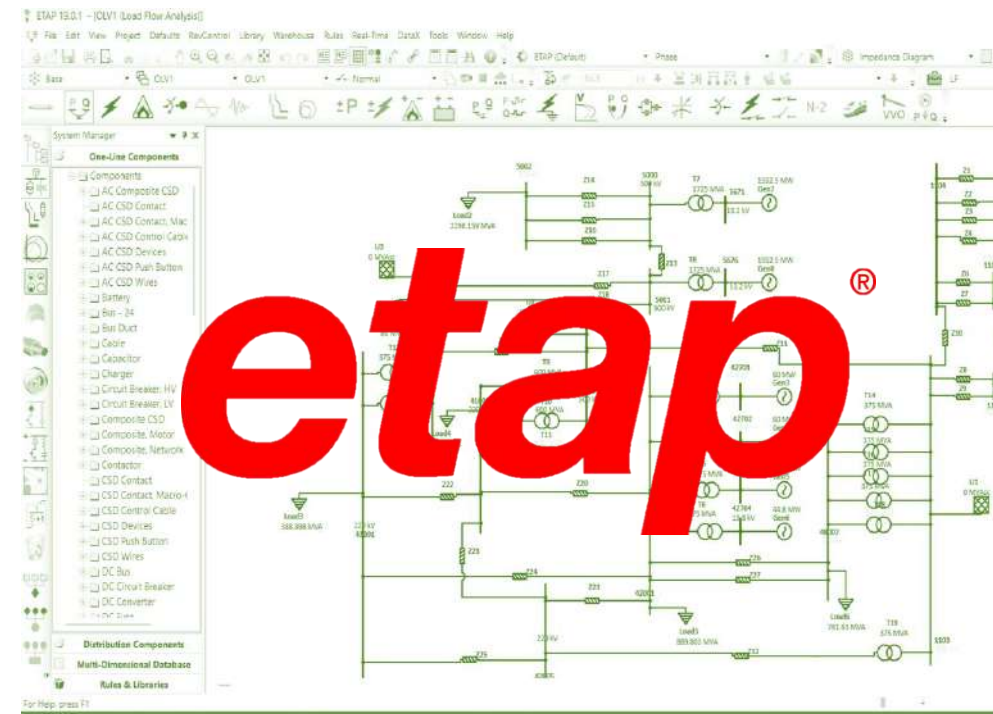
### Objetivos específicos

- Identificar las prácticas a realizar, enfocadas en el análisis de flujo de carga según el contenido programático de las materias Sistemas de Potencia 1 y 2 y realizarlas en el software especializado en sistemas de potencia para su posterior documentación en un manual.
- Releva datos e informaciones para modelar sistemas de potencias reales en el software ETAP.
- Redactar un manual de análisis y diseño de sistemas de potencia con el software ETAP.
- Evaluar el manual de prácticas realizadas con software ETAP con un grupo de alumnos.

# Software ETAP

## ¿Qué es ETAP?

- Un paquete de software totalmente gráfico que se ejecuta en sistemas Microsoft Windows.
- Una herramienta de análisis integral diseñada por ingenieros, orientada al diseño y prueba de sistemas de energía.
- Permite manejar la diversa disciplina de los sistemas de energía en un solo paquete integrado.



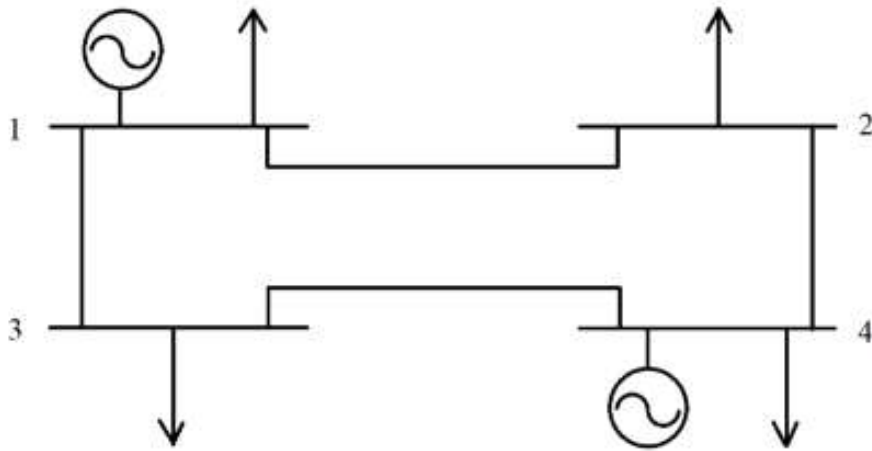
# Software ETAP

## **¿Por qué es importante el uso de esta herramienta en la materia?**

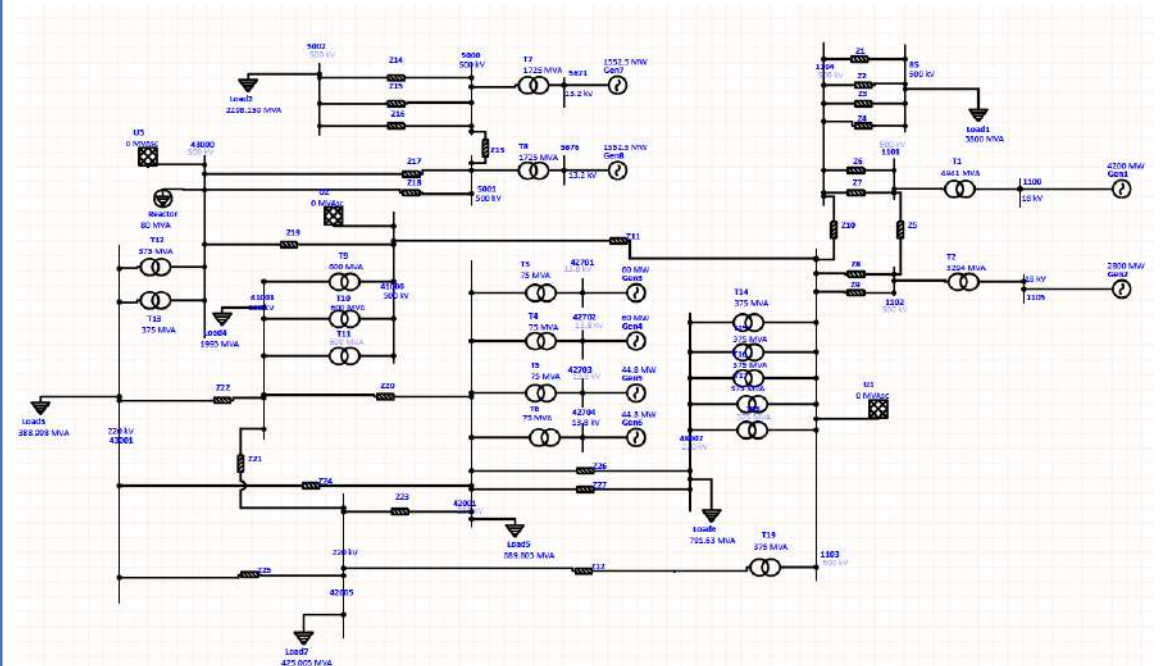
- Facilita el análisis y diseño de sistemas de potencia reales, no solo ideales.
- Herramienta útil para el desarrollo de proyectos finales de grado y resolución de problemas reales mediante simulaciones.
- Ampliamente utilizado por empresas consultoras, industriales y electrificadoras.

# Comparación de ejercicio teórico vs. práctico

Ejercicio basado en Ejemplo 9.2 y Ejemplo 9.3 del libro Análisis de Sistemas de Potencia de Grainger y Stevenson Jr.

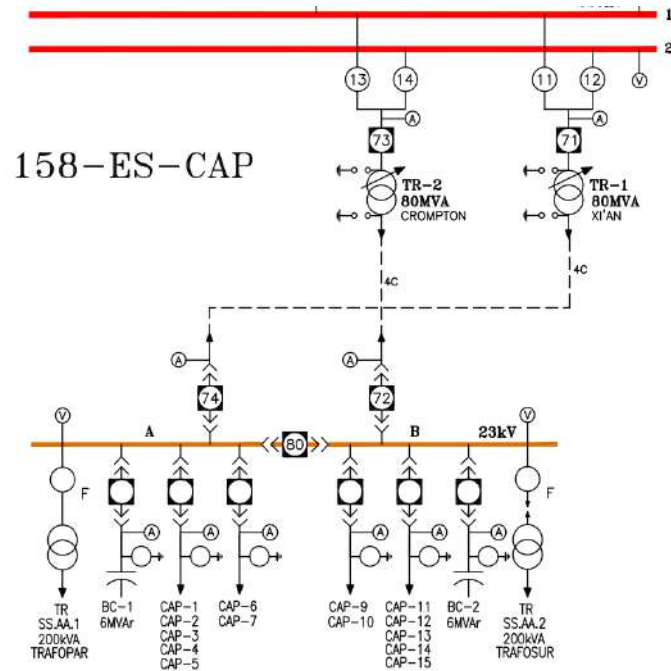


Ejemplo de la simulación con el software de un sistema real simplificado (SIN)

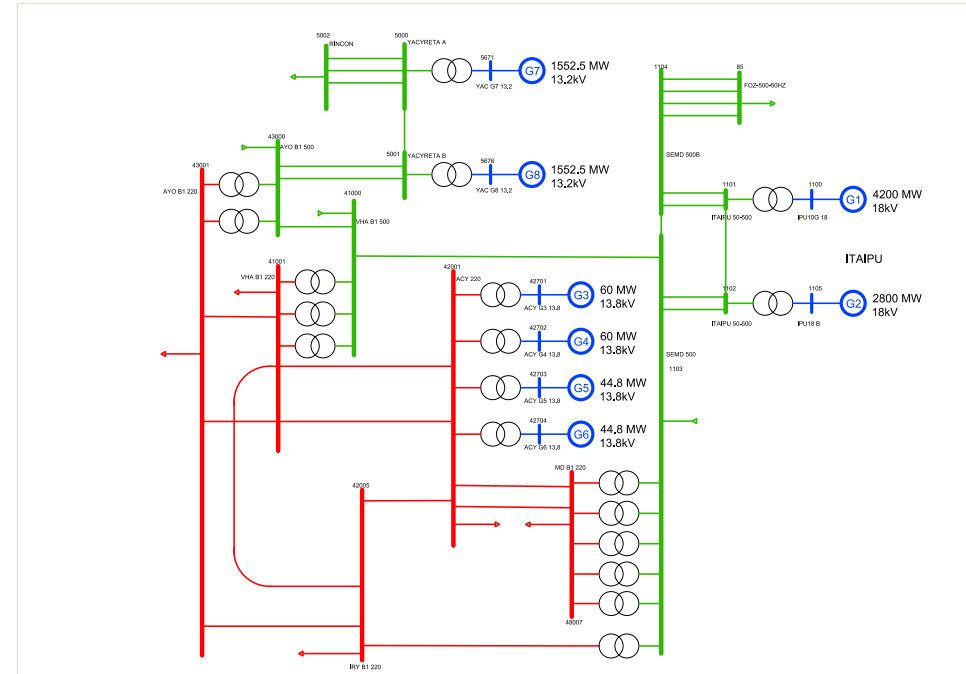


Se elijen los siguientes sistemas como ejemplo:

## Estación Capiatá



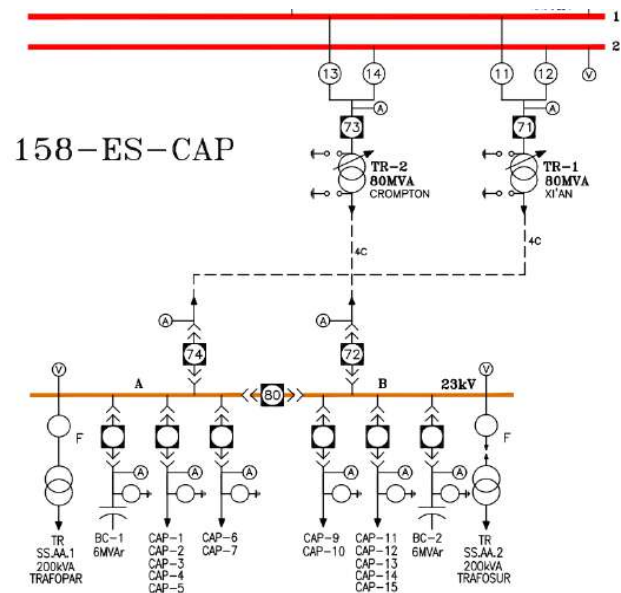
## SIN (Sistema interconectado Nacional)



# Relevamiento de datos

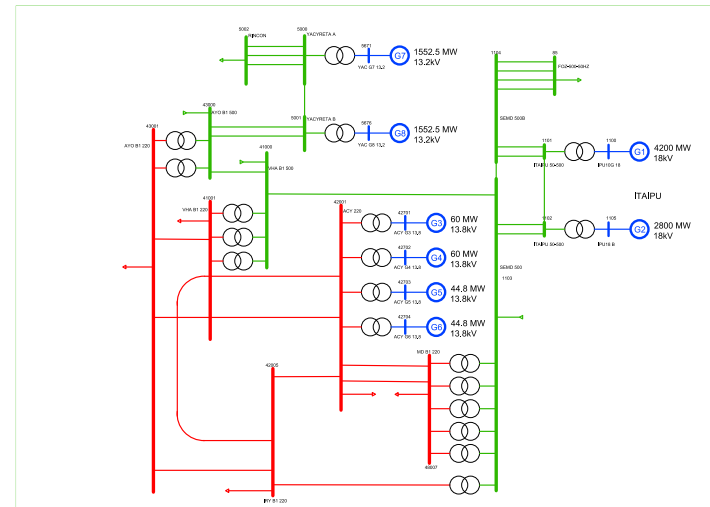
## Datos de la Estación Capiatá

- Datos de transformadores
- Unifilares
- Datos de consumo por alimentador



## Datos del SIN (Sistema interconectado Nacional)

- Datos de Líneas de transmisión
- Datos de Generadores
- Datos de Barras
- Datos de transformadores



# Realización de las prácticas en ETAP

## Modelado de la Estación Capiatá

- 2 Transformadores de 80 MVA
- 2 Bancos de capacitores de 6 y 12 MVAR
- 14 alimentadores
- Barras de 220 kV y 23 kV

Escenario 1. Flujo de potencia (Sin compensación reactiva)

Escenario 2 . Flujo de potencia (Con compensación reactiva)

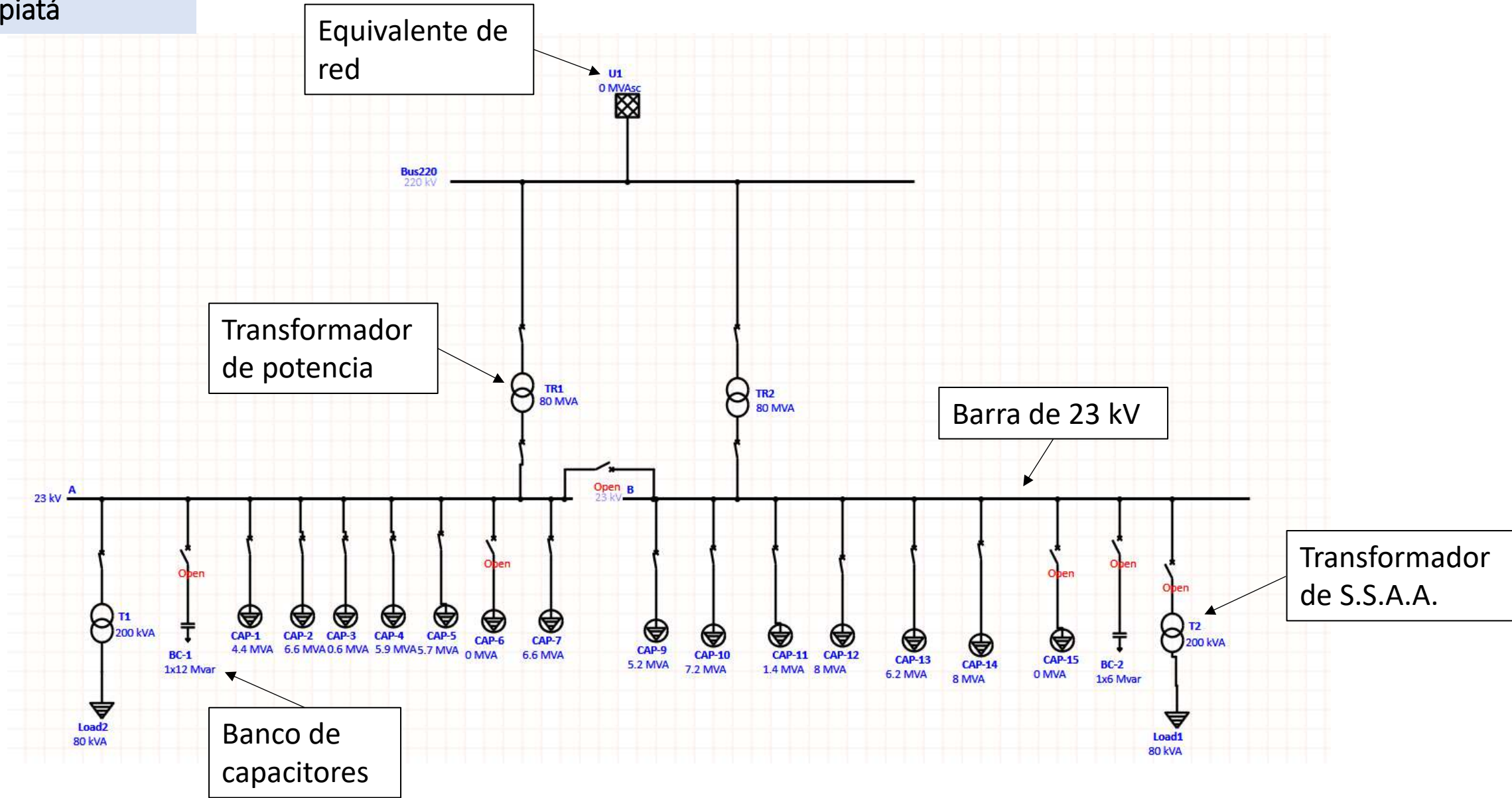
Escenario 3 . Flujo de potencia (Con cambiador de tomas y sin compensación reactiva)

## Modelado del SIN

- Modelado de Centrales (ACY, IPU, YAC)
- Transformadores elevadores y reductores
- Líneas de 500 kV y 220 kV
- Cargas e inyecciones de potencia

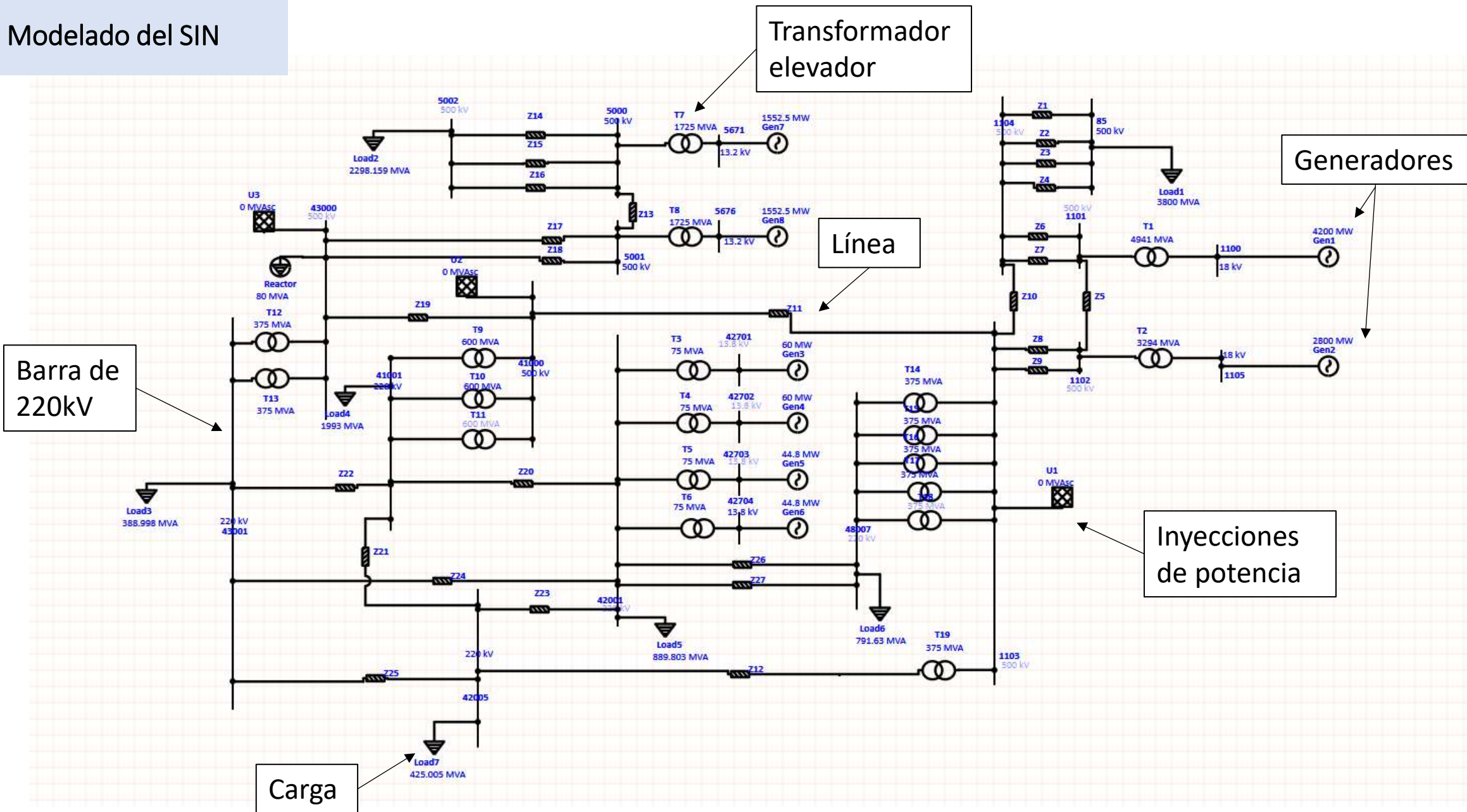
Flujo de potencia (SS1 y SS2 interconectado)

# Modelado de la Estación Capiatá



Unifilar de la Estación Capiatá Modelado en ETAP

# Modelado del SIN



Unifilar del SIN Simplificado Modelado en ETAP

# Redacción del manual

## Descripción detallada de cada práctica, incluyendo los pasos a seguir

 Se incluye un texto introductorio de que se modelará.

 Se presentan mímicos.

 Se detallan pasos generales del modelado como:


- Crear un proyecto.
- Armar un diagrama unifilar.
- Modelar elementos del sistema.
- Editar los parámetros de cada elemento.


# Redacción del manual


## Resultados y su interpretación


- Se detalla cómo:
  - Ejecutar simulaciones de flujo de potencia en ETAP.
  - Visualizar los resultados obtenidos para cada ejercicio práctico.
- Una vez ejecutados los estudios de análisis y diseño de sistemas de potencia en ETAP, el manual guía en la revisión y el análisis de los resultados obtenidos para entender el comportamiento del sistema modelado.

# Evaluación del manual

 Revisión del manual.

 Presentación del manual (Ante 26 alumnos).

 Evaluación del aprendizaje.

 Análisis de resultados y conclusiones de la presentación del manual.

## Manual de ETAP

Cuestionario (Pre-Ponencia)

1. N° de cuestionario:

\_\_\_\_\_

2. ¿Para qué se utiliza principalmente el software ETAP?

*Marca solo un óvalo.*

- Diseño de circuitos electrónicos
- Análisis y diseño de sistemas de potencia
- Simulación de sistemas de control
- Diseño de máquinas eléctricas

3. ¿Has utilizado alguna vez un software para el análisis de sistemas de potencia?

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No

4. Si respondiste "Sí" a la pregunta anterior, ¿cuál(es)?

\_\_\_\_\_

*Cuestionario Pre-ponencia*

## Manual de ETAP

Cuestionario Post-Ponencia

1. N° de cuestionario:

\_\_\_\_\_

2. ¿Para qué se utiliza principalmente el software ETAP?

*Marca solo un óvalo.*

- Diseño de circuitos electrónicos
- Análisis y diseño de sistemas de potencia
- Simulación de sistemas de control
- Diseño de máquinas eléctricas

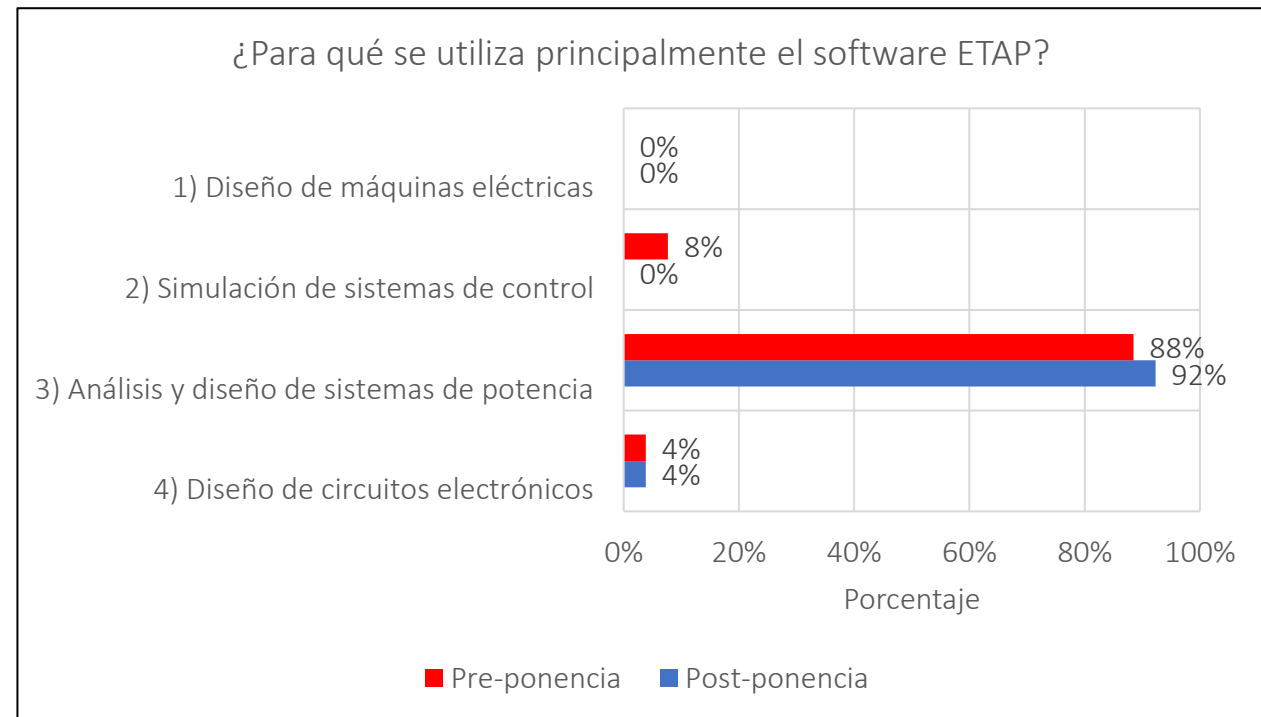
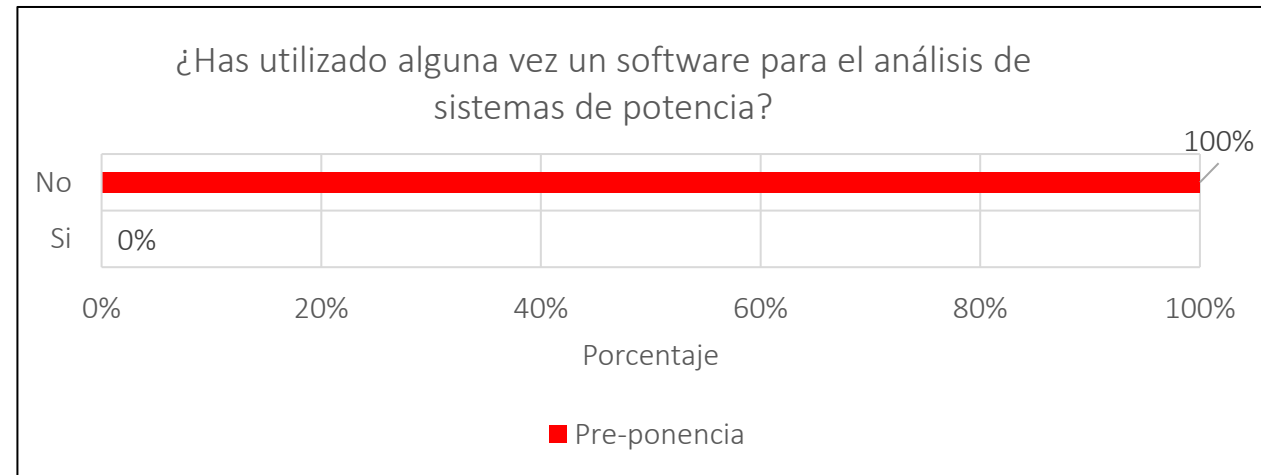
3. ¿Cuáles de los siguientes son componentes **típicos** que se modelan en un estudio de sistemas de potencia?

*Marca solo un óvalo.*

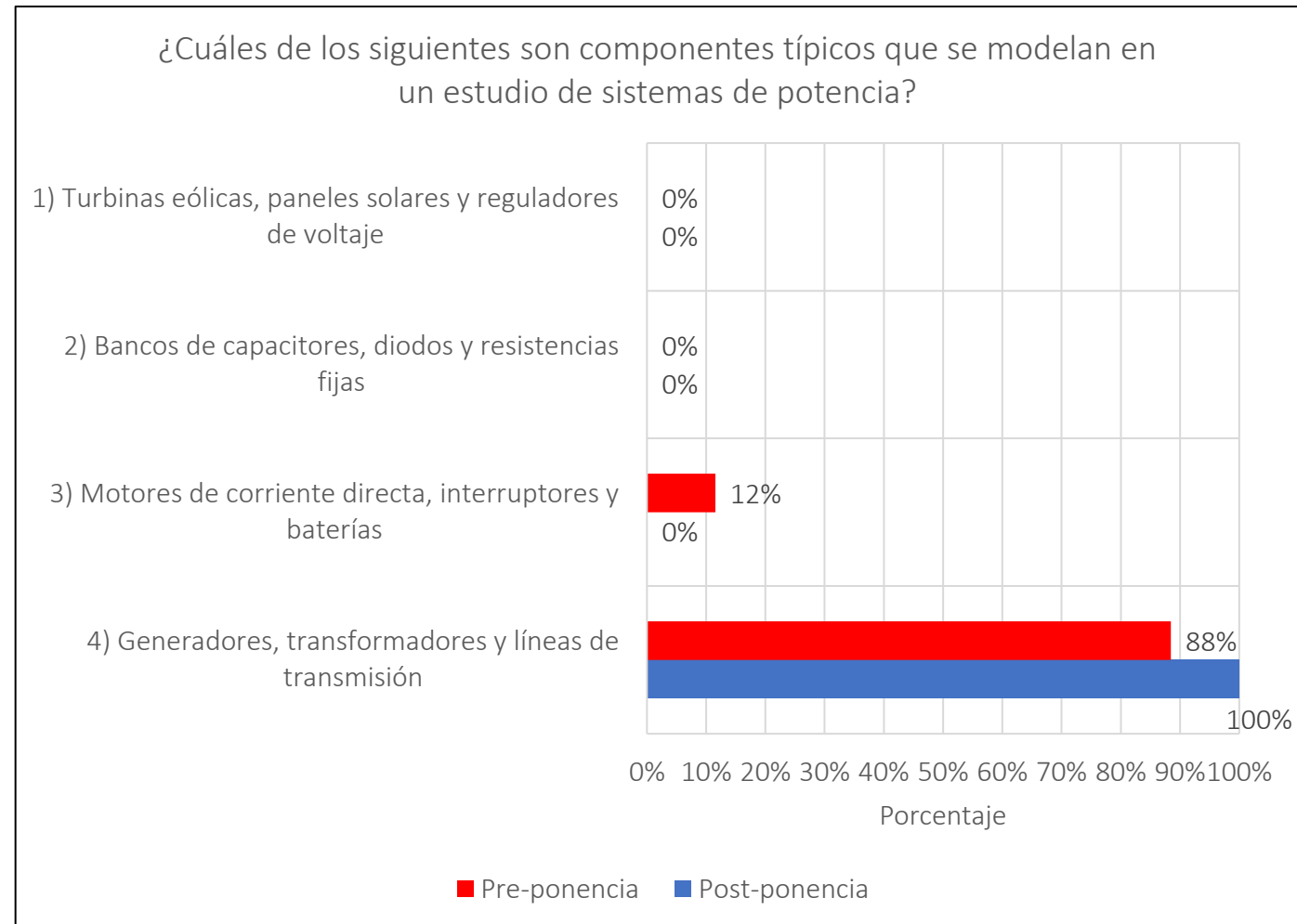
- Generadores, transformadores y líneas de transmisión
- Motores de corriente directa, interruptores y baterías
- Bancos de capacitores, diodos y resistencias fijas
- Turbinas eólicas, paneles solares y reguladores de voltaje

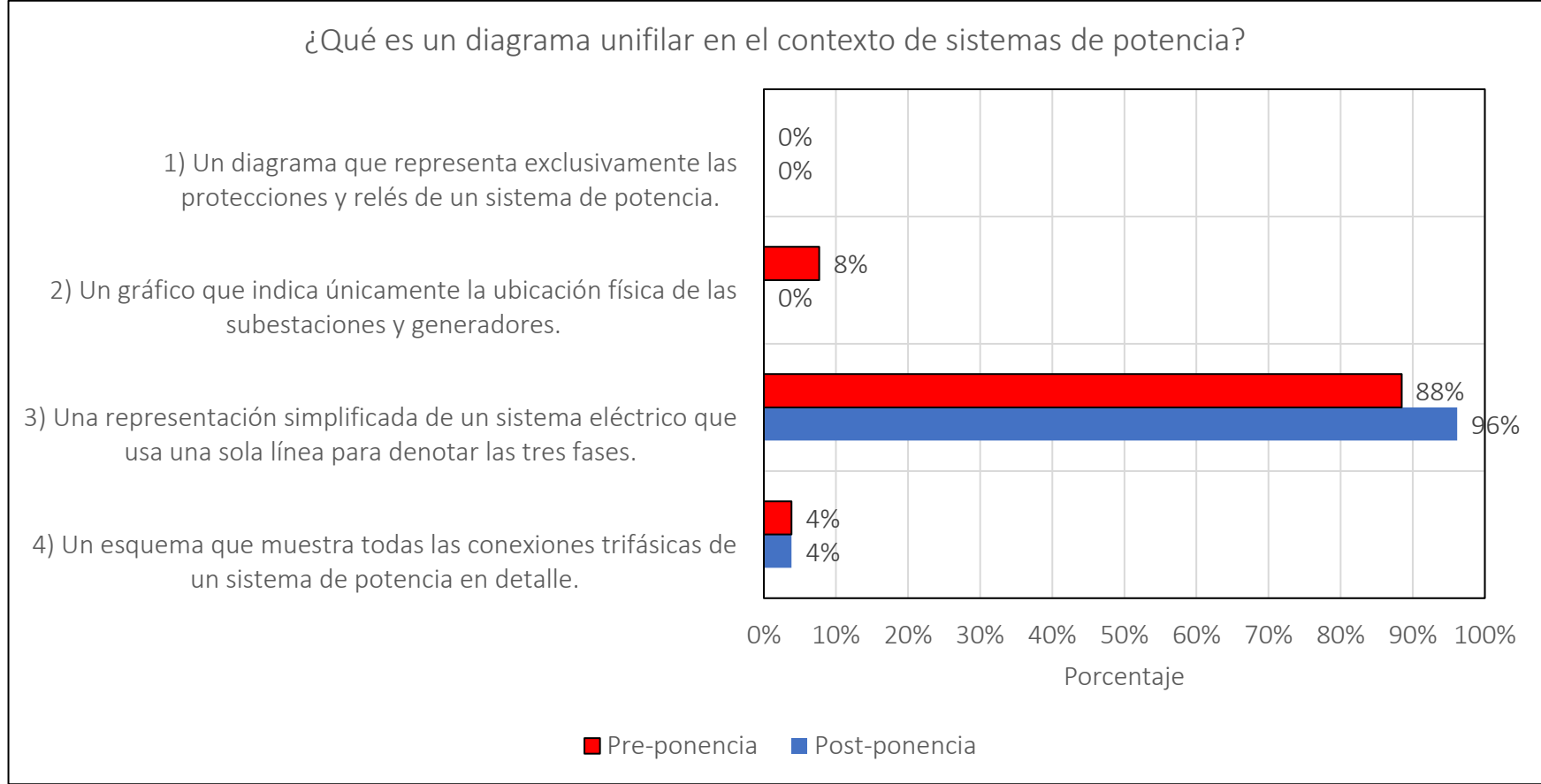
*Cuestionario Post-ponencia*

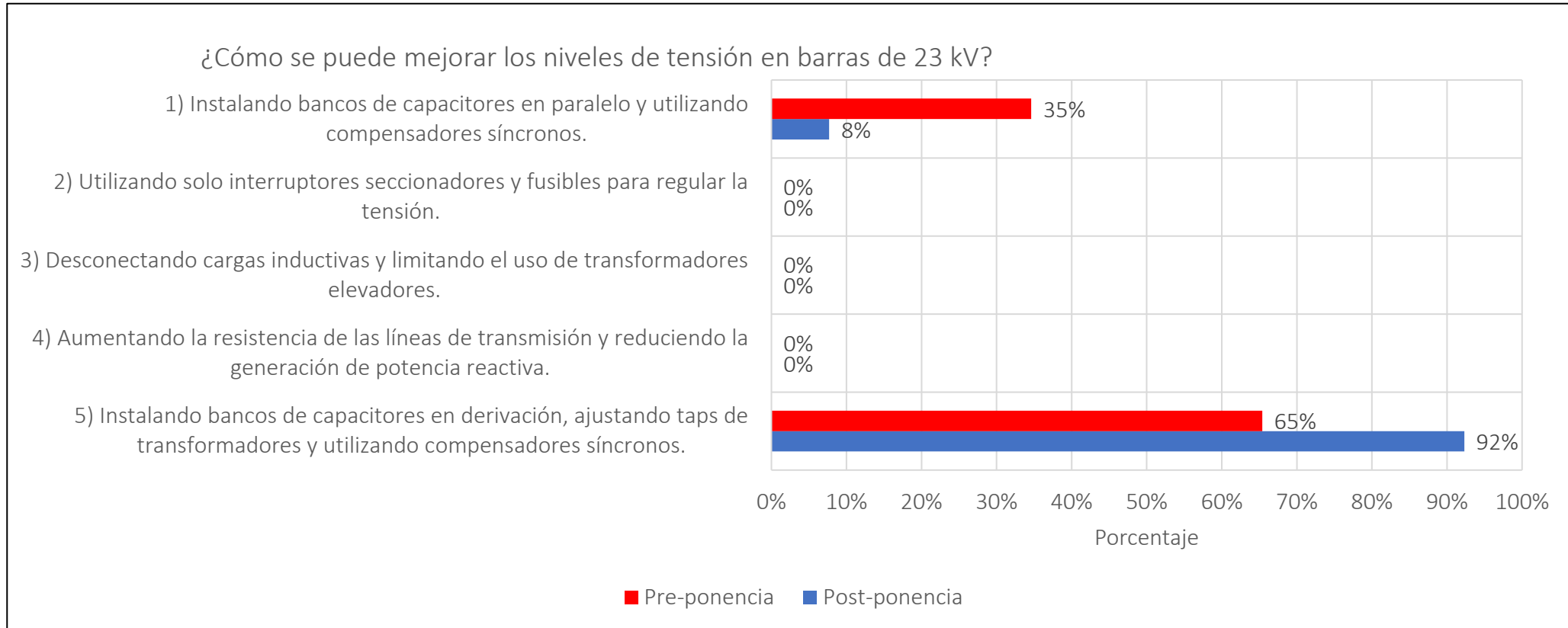
## Análisis de resultados de la presentación del manual



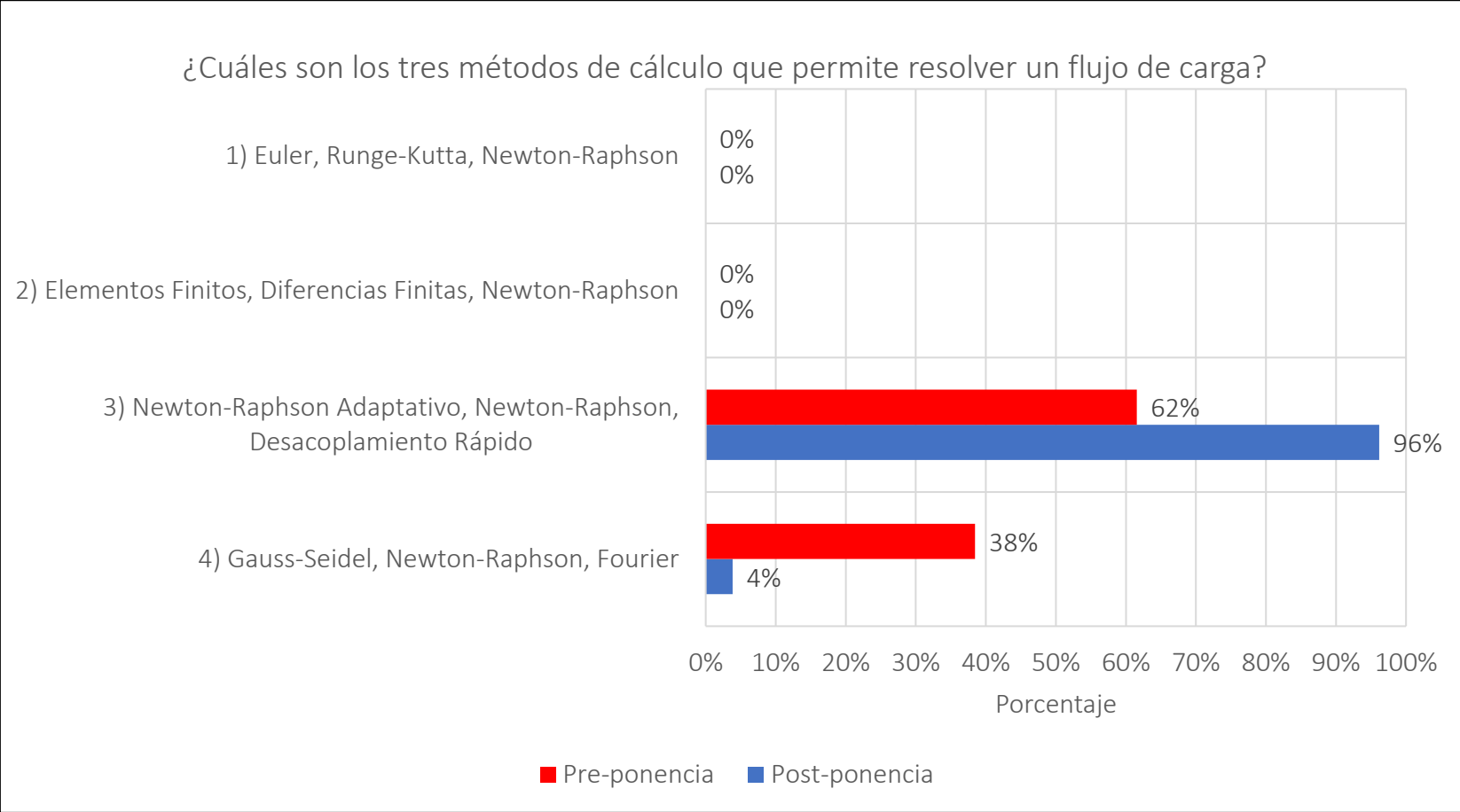
## Análisis de resultados de la presentación del manual

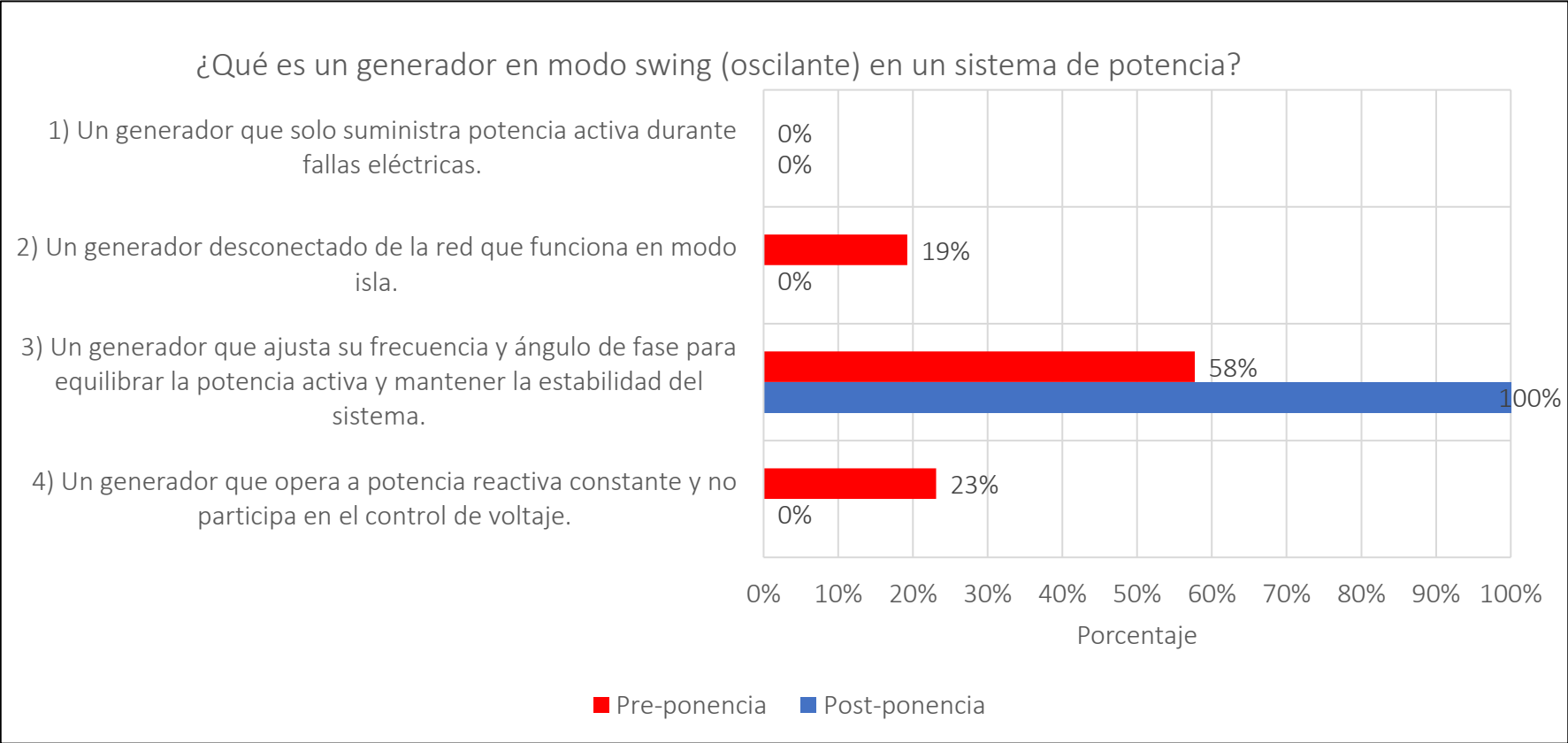




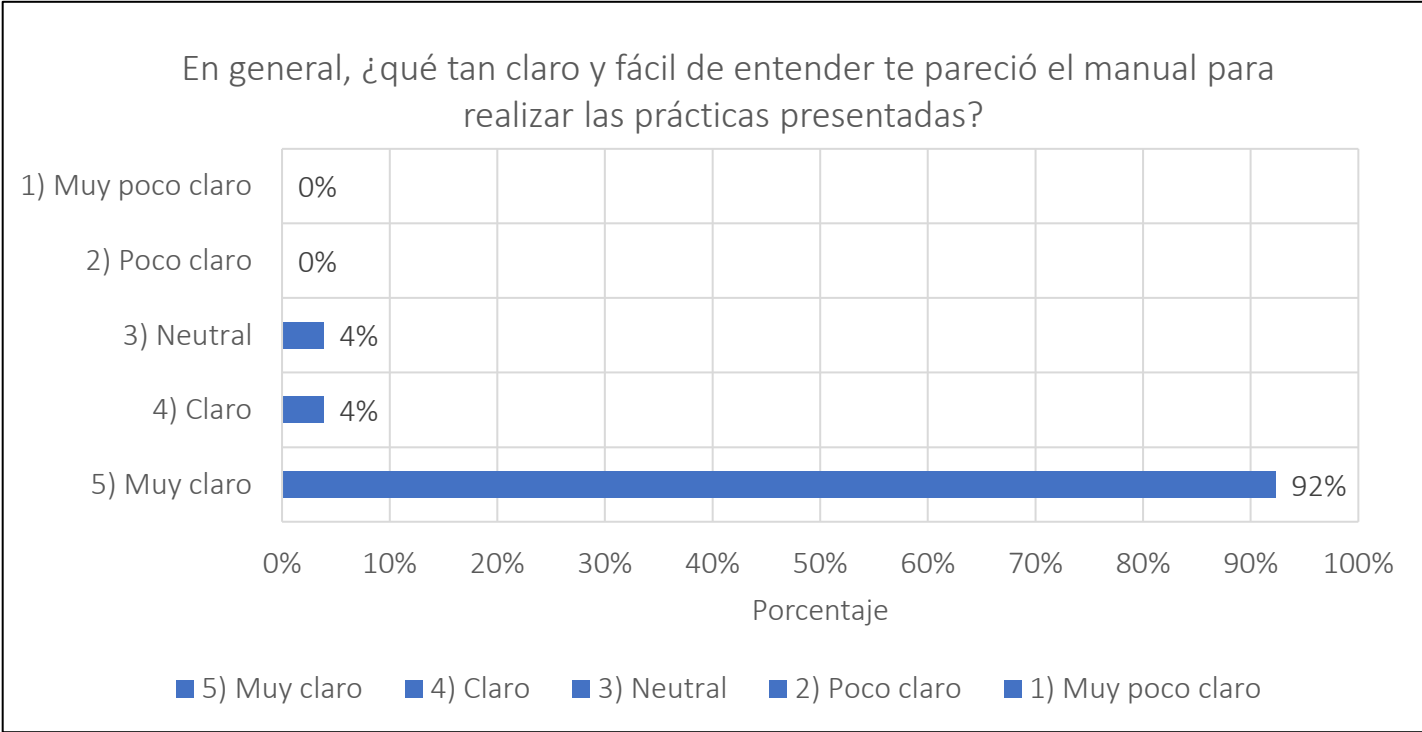


# Análisis de resultados de la presentación del manual





# Análisis de resultados de la presentación del manual



# Resultados y Análisis

- La evaluación del manual de prácticas con ETAP se centró en medir su impacto en el aprendizaje y su utilidad percibida por un grupo de 26 estudiantes de Sistemas de Potencia I. Resaltan los siguientes puntos:
  1. Adquisición de Conocimiento y Habilidades.
  2. Claridad y Utilidad Percibida del Manual.
  3. Sugerencias de Mejora (Dichas sugerencias ya fueron tomadas en cuenta y el manual ya incluye las correcciones).
- Los resultados demuestran que el manual de prácticas con ETAP es una herramienta didáctica exitosa.

# Conclusiones

El proyecto logró cumplir satisfactoriamente sus objetivos específicos, culminando en un manual de prácticas para ETAP evaluado positivamente:

- Identificación y realización de prácticas.
- Relevamiento de datos para modelado.
- Redacción del manual ETAP.
- Evaluación del manual con alumnos.
- El manual desarrollado cumple su propósito como herramienta didáctica efectiva.

The slide features a central light blue rectangle containing the word "GRACIAS". This rectangle is surrounded by four light blue circles: one in the top-left corner, one in the top-right corner, and one in the bottom-left corner. A small, darker blue circle is positioned at the top-left edge of the top-left circle.

GRACIAS