



UNIVERSIDAD TÉCNICA  
FEDERICO SANTA MARÍA



---

## Tarea 1 - Eli 246

---

**Integrantes:** Rodrigo Burgos 201923050-6

Luis Fuentes 201923012-3

**Profesor:** Guillermo Huerta

# 1. Introducción

En el siguiente informe se presenta un análisis mediante simulaciones de SEP aislados, con el fin de comprender los fenómenos eléctricos en sistemas de transmisión eléctrica y el uso de programas para una correcta representación de las redes.

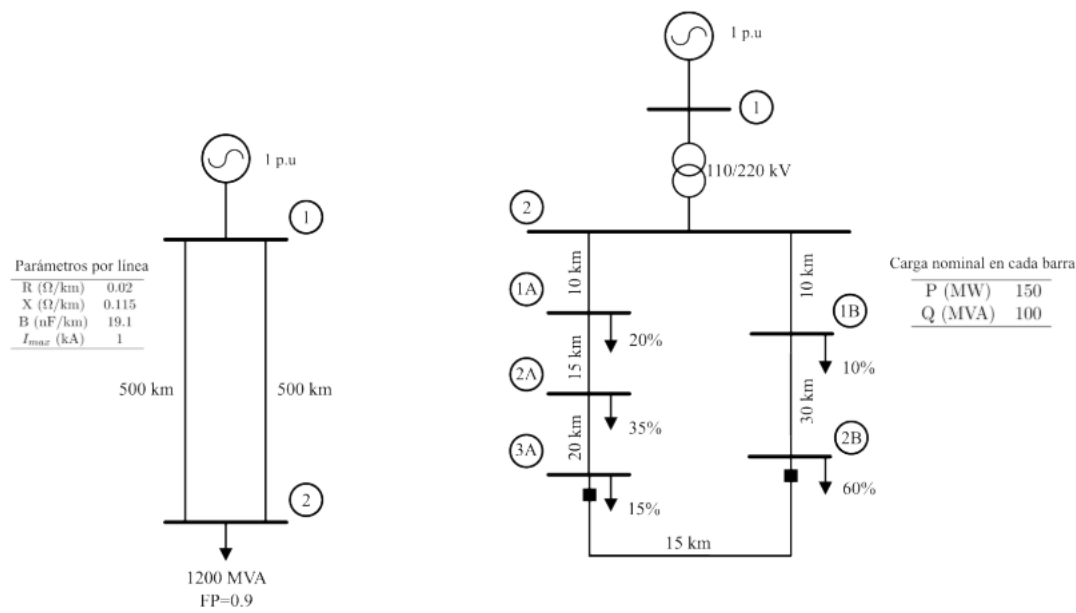


Figura 1: sistemas eléctricos en estudio

## 2. Arquitectura.

Para el desarrollo de esta tarea se siguió el siguiente esquema de trabajo, el cual fue desarrollado en draw.io y sera presentado también en el repositorio.

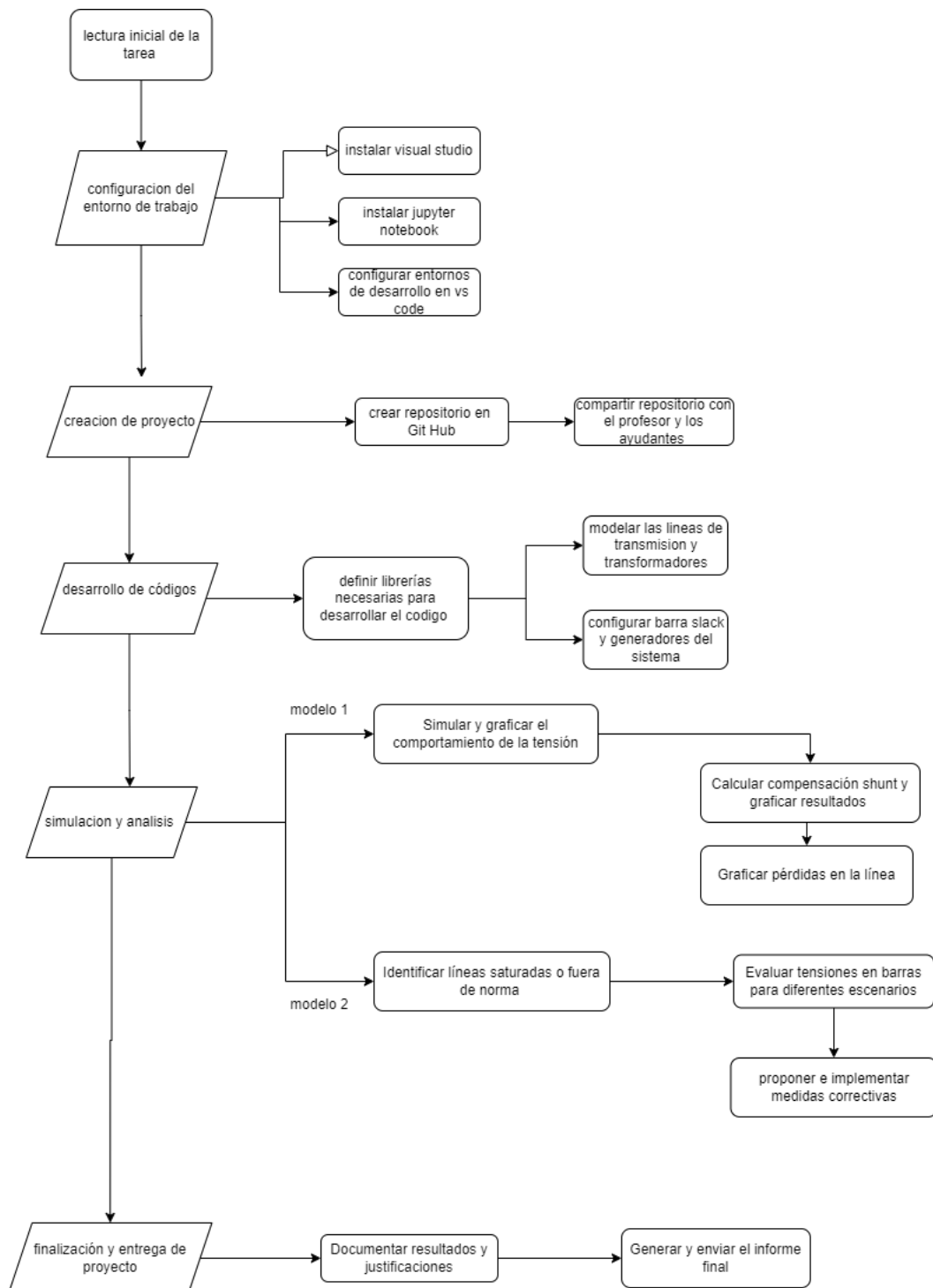


Figura 2: diagrama de flujo

### 3. Desarrollo

En este trabajo se utilizara la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio 9, para definir los límites admisibles de operación. Y se Define el modelamiento con parámetros concentrado de una línea de transmisión. Para este sep en especifico se pide analizar tres casos, el primero, un análisis del voltaje en relación a una carga variable, que se abordara en el ítem 3.1, para el segundo caso se analizara el mismo caso pero agregando una compensación shunt a nuestro sistema, en el apartado 3.2, y finalmente se analizaran las perdidas del sistema, en el apartado 3.3. en cada uno de estos ítem se analiza el comportamiento de la linea de forma teórica y se muestra el de forma gráfica el comportamiento.

#### 3.1. a

Podemos notar en la fig.3 que el perfil de tensión esta fuera de norma, siendo el rango de tensión con una carga de -50 % y +50 % de [1.05-0.92]pu respectivamente,el menor valor se encuentra fuera de norma, ya que para lineas entre 500-220 [Kv], la tension en las barras debe ser  $\pm 5\%$  del valor nominal, por lo que debemos buscar la forma mas adecuada para compensar la carga de la linea y que nuestro perfil de tensión este bajo la normativa.

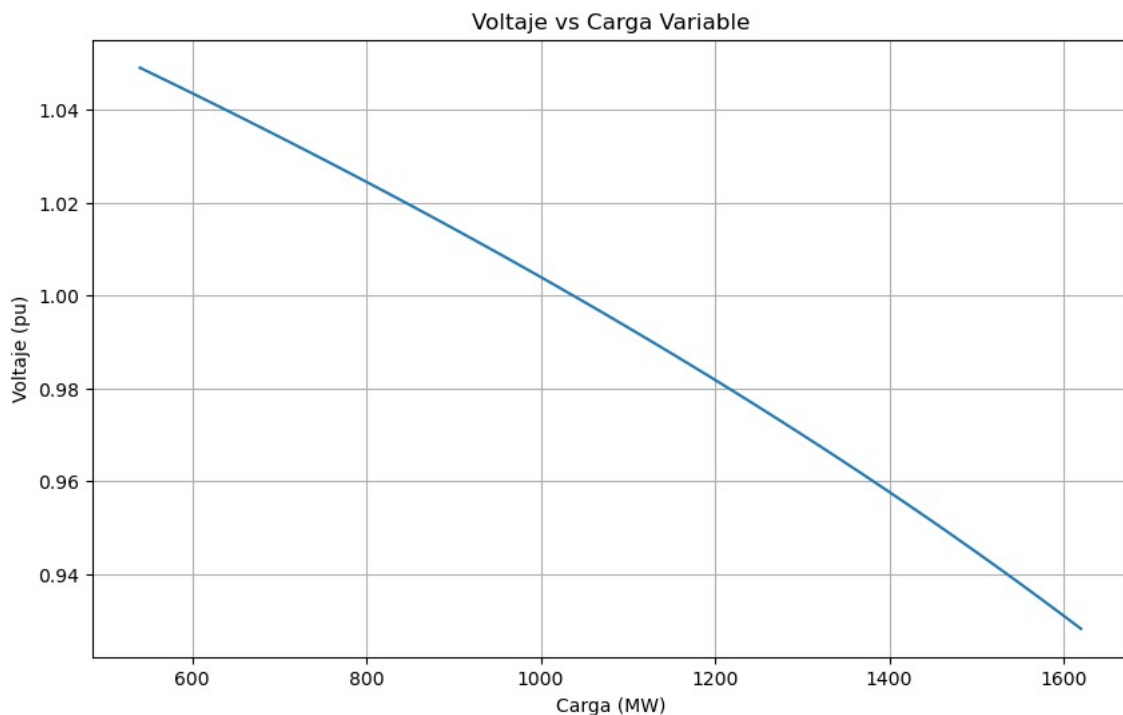


Figura 3: comportamiento de la tensión para una carga en el rango  $\pm 50\%$

### 3.2. b

En este inciso podemos ver en la figura 4. como cambia nuestro perfil de tensión, manteniéndose dentro de los rangos de la normativa, además en la figura 5 podemos notar como varia el valor de la compensación shunt, aumentando cuando la carga variable supera el 30% de su valor nominal aproximadamente, esto se debe a que al aumentar la carga el voltaje cae de 0,95 [pu] por esto se comienza a compensar para no caer de ese nivel.

La compensación shunt es una técnica fundamental utilizada en sistemas eléctricos de potencia para mejorar la calidad y estabilidad del suministro eléctrico. A continuación se presenta una justificación teórica del funcionamiento de la compensación shunt:

La compensación shunt consiste en la conexión de dispositivos de compensación, como condensadores o reactores, en paralelo con el sistema eléctrico. Estos dispositivos se utilizan para inyectar o absorber potencia reactiva, ayudando a mantener las tensiones en los niveles adecuados y mejorando la estabilidad del sistema.

Potencia Reactiva Inductiva:

Generada por cargas inductivas como motores y transformadores, que consumen potencia reactiva y pueden causar una caída de tensión en el sistema.

Potencia Reactiva Capacitiva: Generada por condensadores, que inyectan potencia reactiva al sistema, ayudando a elevar la tensión.

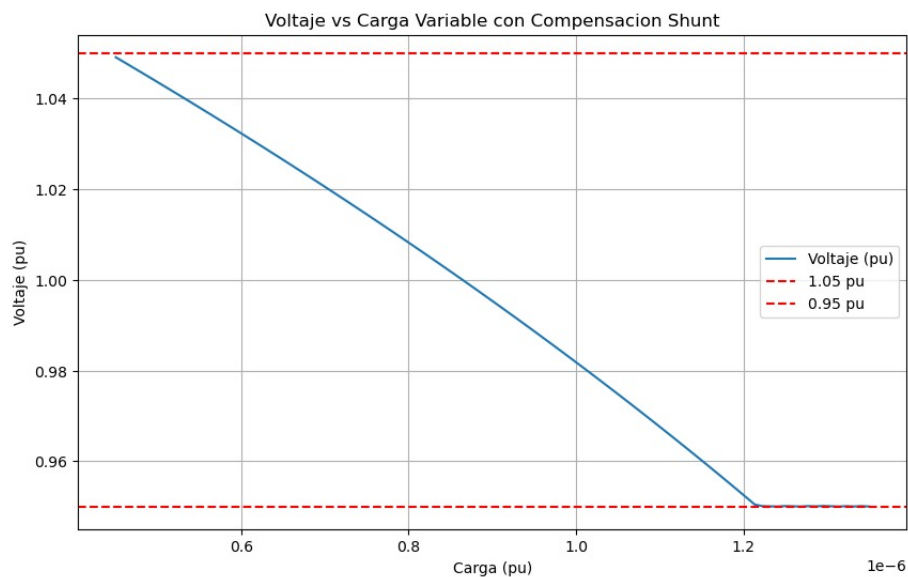


Figura 4

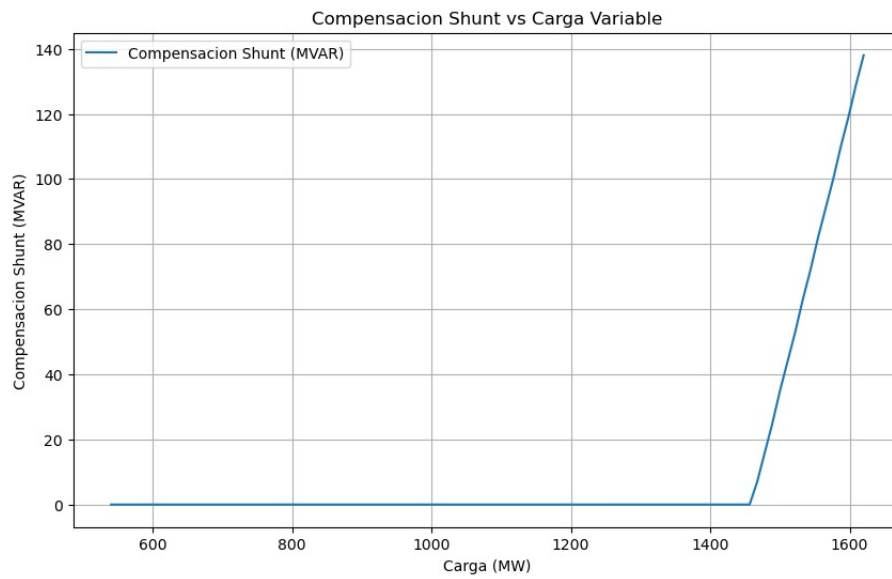


Figura 5

### 3.3. c

En este inciso se muestran las pérdidas en la línea para todo el rango de potencia demandada y todo el rango de compensación escogido.

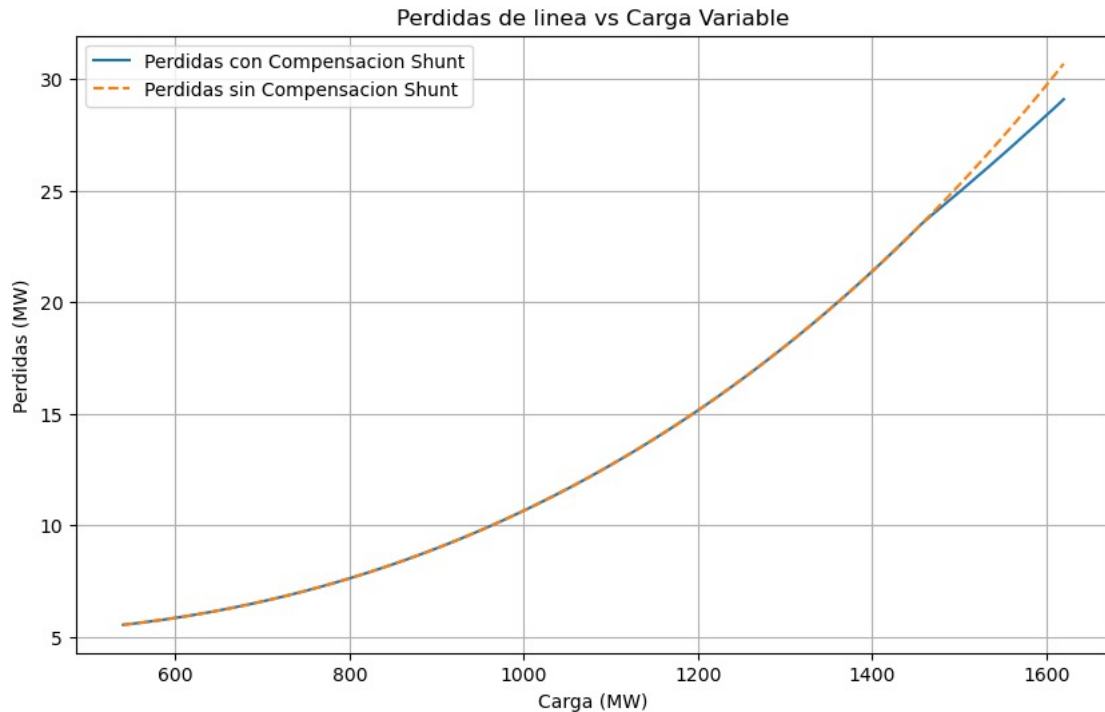


Figura 6: curva de las pérdidas sin compensación

Los resultados tienen sentido ya que al compensar las pérdidas en la línea disminuyen y esto pasa en la gráfica cuando comienza a compensarse para que el voltaje no baje de 0.95 [pu].

## 4. Desarrollo

En este SEP (el segundo mostrado en la figura 1) trabajaremos con tensiones nominales de 110 y 220[KV] en la generación y transmisión respectivamente. se pide analizar el comportamiento de las líneas que se encuentran sobrecargadas.

### 4.1. a

En este inciso se identifican las líneas que se encuentran saturadas o fuera de norma en las condiciones iniciales del problema. Las cuales se mencionan a continuación.

Línea 1A Porcentaje de Carga: 66.09 %  
Línea 1B Porcentaje de Carga: 56.39 %  
Línea 2A Porcentaje de Carga: 49.79 %  
Línea 3A Porcentaje de Carga: 24.36 %  
Línea AB Porcentaje de Carga: 16.69 %  
Línea 2B Porcentaje de Carga: 47.57 %

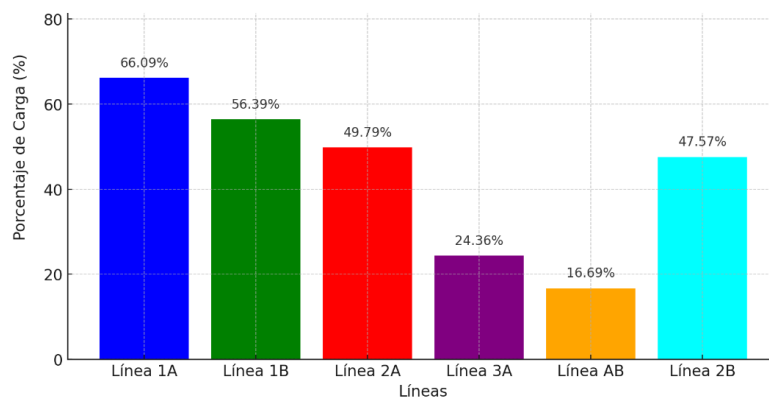


Figura 7

Notamos que ninguna línea está saturada ni fuera de norma

### 4.2. b

En este inciso se indica la de cada barra y el estado en que se encuentra cada una de ellas ( estado normal o estado de alerta)

Bus 1: Tensión = 1.0000 p.u., Estado = Normal  
Bus 2: Tensión = 1.0334 p.u., Estado = Normal  
Bus 1A: Tensión = 1.0315 p.u., Estado = Normal  
Bus 2A: Tensión = 1.0292 p.u., Estado = Normal  
Bus 3A: Tensión = 1.0284 p.u., Estado = Normal  
Bus 2B: Tensión = 1.0274 p.u., Estado = Normal  
Bus 1B: Tensión = 1.0324 p.u., Estado = Normal

Notamos que ninguna barra está saturada ni fuera de norma

### 4.3. c

Según el análisis de las simulaciones desarrolladas en el inciso anterior se ha confirmado que todas las barras del sistema están operando dentro de los límites de tensión establecidos por la normativa vigente. No se han detectado desviaciones ni condiciones fuera de norma en el estado actual del sistema. Para poder mantener este estado de funcionamiento actual del sistema eléctrico, proponemos como medidas:

- Implementar un sistema de monitoreo continuo que permita vigilar las tensiones en todas las barras del sistema en tiempo real.
- Aunque actualmente las barras están dentro de norma, es crucial tener la capacidad de ajustar dinámicamente los compensadores shunt en respuesta a cambios en la carga o en las condiciones del sistema. proponemos utilizar condensadores sincrónicos los cuales se ajustan a las necesidades del sistema.

### 4.4. d

Cuando las barras y líneas del sistema están saturadas o sobrecargadas, es crucial implementar métodos para normalizar y asegurar su funcionamiento. Estos métodos incluyen:

- Reconfiguración y Balanceo de Cargas:

Revisar y redistribuir las cargas de manera equitativa para evitar saturaciones. Utilizar técnicas de balanceo de carga y, si es necesario, instalar nuevos conductores.

- Optimización del Diseño y Expansión de Capacidades:

Evaluar y mejorar la capacidad de las barras y líneas, actualizar equipos de protección y optimizar el diseño del sistema. Añadir nuevas subestaciones, transformadores u otras infraestructuras para incrementar la capacidad de carga.

- Monitoreo Continuo y Mantenimiento Preventivo

Implementar sistemas de monitoreo continuo para detectar y abordar sobrecargas antes de que se conviertan en problemas graves. Establecer programas de mantenimiento preventivo regular para asegurar el óptimo funcionamiento de todos los componentes del sistema.

Estas acciones garantizarán que el sistema eléctrico opere dentro de los límites seguros y conforme a las normativas aplicables.



#### 4.5. e

Estado de las barras:

Tabla 1: Estado de las barras

Barra	Tensión (p.u.)	Estado	Tensión Desconectando linea 3A-2B (p.u.)	Estado
Bus 1	1.0000	Normal	1.0000	Normal
Bus 2	1.0334	Normal	0.9700	Normal
Bus 1A	1.0315	Normal	0.9678	Normal
Bus 2A	1.0292	Normal	0.9654	Normal
Bus 3A	1.0284	Normal	0.9646	Normal
Bus 2B	1.0274	Normal	0.9583	Normal
Bus 1B	1.0324	Normal	0.9675	Normal

Tabla 2: Carga de las líneas

Línea	Carga (%)	Carga Desconectando linea 3A-2B (%)
Línea 1A	66.09	62.66
Línea 1B	56.39	63.60
Línea 2A	49.79	45.47
Línea 3A	24.36	18.06
Línea AB	16.69	16.69
Línea 2B	47.57	64.82

Podemos notar que al desconectar la linea 3A-2B se genera una caída de tensión en las barras, y a la vez que las lineas del lado B tienen un aumento en la carga, podemos atribuir este cambio a que al no tener las barras 3A-2B el flujo de corriente se reparte entre las dos lineas, siendo las lineas del lado B las que tiene un aumento de corriente en comparación al caso con la linea 3A-2B y por consecuencia la tensión cae en las barras al tener que repartir la corriente.

#### 4.6. f

Al inyectar un 20 % más de reactivos el estado de las barras sera el que se muestra en la siguiente tabla

Tabla 3: Estado de las barras

Barra	Tensión (p.u.)	Estado	Tensión con 20 % mas de reactivos (p.u.)	Estado
Bus 1	1.0000	Normal	1.0000	Normal
Bus 2	1.0334	Normal	0.9660	Normal
Bus 1A	1.0315	Normal	0.9630	Normal
Bus 2A	1.0292	Normal	0.9596	Normal
Bus 3A	1.0284	Normal	0.9581	Normal
Bus 2B	1.0274	Normal	0.9571	Normal
Bus 1B	1.0324	Normal	0.9641	Normal

Tabla 4: Carga de las líneas

Línea	Carga (%)	Carga con un 20 % mas de reactivos (%)
Línea 1A	66.09	70.93
Línea 1B	56.39	56.53
Línea 2A	49.79	53.88
Línea 3A	24.36	23.06
Línea AB	16.69	17.29
Línea 2B	47.57	54.55

Al aumentar los reactivos se sobrecargan las líneas, lo que produce una disminución de la eficiencia del sistema, aumentando las pérdidas y provocando una caída de tensión en las barras.

## 4.7. G

### 4.7.1. Escenario para carga 1A

Barra	Tensión (p.u.) 1.15	Tensión (p.u.) 0.85	Estado
Bus 1	1.0000	1.0000	Normal
Bus 2	1.0240	1.0424	Normal
Bus 1A	1.0218	1.0408	Normal
Bus 2A	1.0195	1.0386	Normal
Bus 3A	1.0186	1.0377	Normal
Bus 2B	1.0177	1.0368	Normal
Bus 1B	1.0229	1.0415	Normal

Tabla 5: Estado de las barras para carga 1A

Línea	Porcentaje de Carga 1.15	Porcentaje de Carga 0.85
Línea 1A	68.52 %	63.85 %
Línea 1B	56.71 %	56.11 %
Línea 2A	49.85 %	49.75 %
Línea 3A	24.17 %	24.56 %
Línea AB	16.40 %	16.97 %
Línea 2B	48.41 %	46.77 %

Tabla 6: Porcentaje de carga de las líneas para Load 1A

#### 4.7.2. Escenario para carga 2A

Barra	Tensión (p.u.) 1.15	Tensión (p.u.) 0.85	Estado
Bus 1	1.0000	1.0000	Normal
Bus 2	1.0163	1.0493	Normal
Bus 1A	1.0140	1.0477	Normal
Bus 2A	1.0113	1.0460	Normal
Bus 3A	1.0105	1.0450	Normal
Bus 2B	1.0097	1.0440	Normal
Bus 1B	1.0151	1.0485	Normal

Tabla 7: Estado de las barras para carga 2A

Línea	Porcentaje de Carga 1.15	Porcentaje de Carga 0.85
Línea 1A	69.88 %	62.80 %
Línea 1B	57.47 %	55.51 %
Línea 2A	53.13 %	46.98 %
Línea 3A	23.78 %	24.93 %
Línea AB	15.52 %	17.85 %
Línea 2B	49.88 %	45.61 %

Tabla 8: Porcentaje de carga de las líneas para carga 2A

#### 4.7.3. Escenario para carga 3A

Barra	Tensión (p.u.) 1.15	Tensión (p.u.) 0.85	Estado
Bus 1	1.0000	1.0000	Normal
Bus 2	1.0262	1.0404	Normal
Bus 1A	1.0241	1.0386	Normal
Bus 2A	1.0217	1.0365	Normal
Bus 3A	1.0206	1.0359	Normal
Bus 2B	1.0198	1.0348	Normal
Bus 1B	1.0250	1.0395	Normal

Tabla 9: Estado de las barras para carga 3A

Línea	Porcentaje de Carga 1.15	Porcentaje de Carga 0.85
Línea 1A	67.32 %	64.93 %
Línea 1B	57.09 %	55.75 %
Línea 2A	50.84 %	48.81 %
Línea 3A	24.69 %	24.13 %
Línea AB	15.82 %	17.56 %
Línea 2B	49.00 %	46.18 %

Tabla 10: Porcentaje de carga de las líneas para carga 3A

#### 4.7.4. Escenario para carga 1B

Barra	Tensión (p.u.) 1.15	Tensión (p.u.) 0.85	Estado
Bus 1	1.0000	1.0000	Normal
Bus 2	1.0287	1.0379	Normal
Bus 1A	1.0268	1.0361	Normal
Bus 2A	1.0245	1.0339	Normal
Bus 3A	1.0236	1.0331	Normal
Bus 2B	1.0226	1.0321	Normal
Bus 1B	1.0276	1.0371	Normal

Tabla 11: Estado de las barras para carga 1B

Línea	Porcentaje de Carga 1.15	Porcentaje de Carga 0.85
Línea 1A	66.41 %	65.79 %
Línea 1B	57.25 %	55.59 %
Línea 2A	50.02 %	49.57 %
Línea 3A	24.36 %	24.37 %
Línea AB	16.80 %	16.58 %
Línea 2B	47.69 %	47.46 %

Tabla 12: Porcentaje de carga de las líneas para carga 1B

#### 4.7.5. Escenario para carga 2B

Barra	Tensión (p.u.) 1.15	Tensión (p.u.) 0.85	Estado
Bus 1	1.0000	1.0000	Normal
Bus 2	1.0029	1.0603	<b>Alerta</b>
Bus 1A	1.0005	1.0588	<b>Alerta</b>
Bus 2A	0.9977	1.0571	<b>Alerta</b>
Bus 3A	0.9962	1.0568	<b>Alerta</b>
Bus 2B	0.9949	1.0562	<b>Alerta</b>
Bus 1B	1.0013	1.0598	<b>Alerta</b>

Tabla 13: Estado de las barras para carga 2B

Línea	Porcentaje de Carga 1.15	Porcentaje de Carga 0.85
Línea 1A	70.41 %	62.68 %
Línea 1B	60.53 %	53.55 %
Línea 2A	53.44 %	47.02 %
Línea 3A	25.60 %	24.09 %
Línea AB	19.83 %	14.05 %
Línea 2B	54.92 %	43.48 %

Tabla 14: Porcentaje de carga de las líneas para carga 2B