

# COMPARATIVE STUDY OF COMPENSATION IN SERIES AND PARALLEL IN A TRANSMISSION LINE THROUGH SOFTWARE ESTUDIO COMPARATIVO DE COMPENSACIÓN EN SERIE Y PARALELO EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN MEDIANTE SOFTWARE

Kevin Basantes Guashpa<sup>1</sup>

Elvis Calvache Reinoso<sup>2</sup>

Lenin Merino Villegas<sup>3</sup>

*Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador*

*E-mail: [kbasntesg@istct.edu.ec](mailto:kbasntesg@istct.edu.ec)*

*E-mail: [ecalvacher@istct.edu.ec](mailto:ecalvacher@istct.edu.ec)*

*E-mail: [lmerino@istct.edu.ec](mailto:lmerino@istct.edu.ec)*

## RESUMEN

La construcción de líneas de gran longitud genera problemas de transporte de potencia a gran distancia, estabilidad dinámica, entre otros. El costo creciente de construcción de nuevas líneas de transmisión ha llevado a buscar aumentar la capacidad de las líneas de transmisión existentes. Los dispositivos FACTS regulan el control de la potencia activa y reactiva, así como el control de la magnitud de la tensión. En el Ecuador, los estudios sobre compensaciones en serie y paralelo (FACTS) aplicado a líneas de transmisión es un campo de investigación poco explorado. Esta investigación presenta un análisis comparativo de los dispositivos FACTS (serie y paralelo en compensación) utilizados en líneas de transmisión de energía para determinar sus características y sus diferencias o similitudes en términos de flujo de potencia y flexibilidad activa en la transmisión de energía. Los resultados muestran que al conectar un compensador en serie, incrementa el voltaje en la línea de transmisión con un factor de potencia normal y bajo, y al conectar un compensador en paralelo que se reducen las pérdidas de la línea y mejora el factor de potencia en el sistema

**Palabras clave**— Compensación; serie en paralelo; ETAP; sistema eléctrico, transferencia de potencia, transmisión de energía.

## ABSTRACT

The construction of long transmission lines generates problems of long-distance power transmission, dynamic stability, among others. The increasing cost of construction of new transmission lines has led to seek to increase the capacity of existing transmission lines. FACTS devices regulate the control of active and reactive power, as well as the control of voltage magnitude. In Ecuador, studies on series and parallel compensations (FACTS) applied to transmission lines is a little explored field of research. This research presents a comparative analysis of the FACTS devices (series and parallel in compensation) used in power transmission lines to determine their characteristics and their differences or similarities in terms of power flow and active flexibility in power transmission. The results show that connecting a compensator in series increases the voltage in the transmission line with a normal and low power factor and connecting a compensator in parallel reduces the line losses and improves the power factor. the system.

**Index terms**—grounding electrodes; grounding rods; FEM; step voltage; touch voltage; safe grounding systems.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La construcción de líneas de gran longitud genera problemas de transporte de potencia a gran distancia, estabilidad dinámica, entre otros (Shevchenko et al., 2019). El costo creciente de construcción de nuevas líneas de transmisión ha llevado a buscar aumentar la capacidad de las líneas existentes (Fu et al., 2019).

Los sistemas de transmisión de las empresas eléctricas pasaron por un periodo de transición debido a la aplicación de la electrónica de potencia, microprocesadores y comunicaciones en general (Cheng et al., 2019). Por ello, se han desarrollado dispositivos empleando semiconductores con capacidad de controlar el flujo de potencia de los sistemas de corriente alterna. A estos se los conoce como FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems). Los dispositivos FACTS regulan el control de la potencia activa y reactiva, así como el control de la magnitud de la tensión (Motaghi et al., 2018).

La necesidad de energía eléctrica aumenta cada día debido con la consecuente construcción de más centrales eléctricas a nivel nacional. El uso de la tecnología de dispositivos FACTS ha tenido un gran auge en los últimos años dado el actual escenario del sector eléctrico. Este se presenta en un constante proceso de desregulación buscando crear un mercado realmente competitivo (Pakhaliuk et al., 2019).

Como resultado, los sistemas de potencia realizan funciones para las cuales no fueron diseñados originalmente. Ya no requieren la rotación síncrona de generadores muy distantes y la transferencia de energía síncrona, respetando las restricciones físicas del sistema de potencia impuestas por la red. Pero debe operar de una manera que mantenga y mejore la seguridad del sistema eléctrico durante y después de la desregulación corporativa (Song et al., 2018). El

potencial de esta tecnología se basa en la capacidad de controlar el camino de la electricidad y la capacidad de conectar redes eléctricas mal conectadas, permitiendo el intercambio de energía entre agentes distantes, algo que antes no era posible (Mohamed et al., 2017). En Ecuador, el estudio de compensación en serie y compensación en paralelo aplicado a líneas de transmisión es un área de investigación poco conocida debido a la falta de investigación a nivel nacional.

A nivel internacional destacan estudios como (Li et al., 2017; Shevchenko, Husev, Strzelecki et al., 2019; Kh. Muhammad, 2019; Mukherjee et al., 2020). A nivel latinoamericano se destaca la investigación de Flórez y Castañeda (2006), que analiza las ventajas y desventajas de instalar FACTS en líneas de transmisión de subestaciones gemelas (Doble circuito). Descubrieron que los efectos de FACTS no solo estaban presentes en la subestación sino también en toda el área circundante.

Ugarte, (2018) analizó la ubicación óptima de un banco de capacitores, para determinar la mejor optimización energética de un sistema eléctrico utilizando el Software ETAP. Se concluyó que es necesario la implementación de un banco de condensadores de 600 kVAR y de 650 kVAR, para evitar que el sistema se vea afectado por distintas perturbaciones.

Por otro lado, en el estudio de Oseguera Zúñiga et al., (2015) realizó un banco de pruebas sobre el modelado de líneas de transmisión, para determinar como la variación de estos influye en el flujo de potencia. Se logró conocer, cuáles son los parámetros que modelan la línea de transmisión, así como también como está conformado un sistema de potencia.

Pogo Jordan, (2019) estableció la implementación de un sistema eléctrico interno de la central hidroeléctrica Manduriacu en el software ETAP

para la elaboración de un relevamiento de información documental. El estudio permitió observar los cambios que ha sufrido el sistema eléctrico.

Por su parte, Alarcon Monteza, (2021) realizó simulaciones predictivas con datos archivados y en tiempo real permitiendo respaldar la confiabilidad operativa del sistema eléctrico y gestionar de manera segura la operación de los sistemas de energía.

Torres Gutierrez, (2017), propuso una metodología mejorada para la localización óptima de capacitores en sistemas eléctricos de distribución. Se integró herramientas como Optimal Capacitor Placement (OCP) de ETAP, y el Análisis Combinatorio para las configuraciones óptimas resultantes del OCP.

El uso del Software ETAP es importante ya que permite analizar y visualizar sistemas eléctricos (Airoboman et al., 2019; Sihombing, 2021). Su confiabilidad en los resultados y administración eficiente de la información son sus características principales (Bains et al., 2018).

El presente trabajo se ha planteado realizar un estudio comparativo de compensación serie y paralelo para determinar los efectos en una línea de transmisión en estado estable usando el Software ETAP.

Teniendo en cuenta que las limitaciones que pueden presentarse en un SEP pueden ser de orden térmico, dieléctrico o de estabilidad, Y este último pudiendo categorizarse principalmente en estabilidad angular, de frecuencia y de voltaje, el presente trabajo se enfoca en una descripción de los principales factores a ser considerados en análisis de estabilidad y las soluciones más factibles y utilizadas en la vida práctica. Siempre se realiza un análisis costo beneficio para la implementación de cada una de las tecnologías de implementación, además de la factibilidad de incorporación debido a espacio físico o condiciones

ambientales, de esta manera se tiene una serie de aplicabilidades dependiendo de su característica, y las principales tecnologías se indican a continuación.

El compensador estático Voltio amperio reactivo (VAR) o compensador estático de reactivo (SVC) presenta la limitante que la inyección de potencia reactiva está relacionada a la dimensión del capacitor paralelo, y la potencia reactiva total inyectada a la red será función del voltaje de la barra de conexión del SVC y de su susceptancia, por lo cual, se aplica cuando el voltaje de barra es el adecuado para el valor de compensación requerido.

El principio de funcionamiento de un compensador estático síncrono en régimen permanente o STATCOM es similar al de una máquina síncrona que produce una tensión trifásica equilibrada con amplitud y ángulo de fase ajustables, sin inercias ni contratiempos. La parte móvil y su respuesta son instantáneas, potencialmente independientemente de la tensión de conexión, se pueden introducir o inducir corrientes capacitivas.

El TCR consiste en variar de forma escalonada la compensación de potencia reactiva a través de la conmutación de tiristores y se aplica frecuentemente debido a menores costos y pérdidas, pero no permiten efectuar un control continuo.

Gracias al TSC, los dispositivos de conmutación utilizados en las unidades de condensadores se eliminan paso a paso, por lo que el encendido y apagado de la batería es casi instantáneo y las corrientes de conmutación se suprimen.

El controlador de flujo de potencia interlínea (IPFC) es útil para compensar caídas de voltaje resistivas en la línea y la correspondiente demanda de potencia reactiva, es conformado por dos SSSC.

Es UPSC es el dispositivo más completo de la familia de los FACTS, el cual en la práctica resulta ser bastante costoso, lo cual lo condiciona para aplicaciones exclusivas que requieran de control simultáneo de voltaje y flujo de potencia, pues es capaz de controlar de manera independiente la potencia activa y la potencia reactiva.

Un TCPST o PST permite la modificación del ángulo de fase para controlar el flujo de potencia en una línea de transmisión. Como consecuencia mejorar la estabilidad transitoria del sistema.

dispositivos FACTS (compensación en serie y paralelo) aplicado en una línea de transmisión para determinar sus características y sus diferencias o similitudes en cuanto a flujo de potencia y flexibilidad de transmisión de la energía en estado estable. Este estudio se desarrollará en el software ETAP, ya que el programa es utilizado ampliamente en simulación, diseño, monitoreo, control, capacitación de operadores, optimización y automatización de sistemas de energía.

Es importante realizar este estudio para contribuir, por un lado, al estado del arte en esta rama de investigación, y contribuir por otro lado con información relevante al sector de la empresa eléctrica para que puedan aumentar su capacidad de transferencia de potencia de alguna infraestructura existente.

Principio de Compensación	Dispositivo	Impacto sobre el desempeño del sistema		
		Flujo de Potencia	Estabilidad	Calidad de Voltaje
Compensación Serie Variación de la Impedancia de la línea	FSC (Compensación Serie Fija)	●	● ● ● ●	●
	TCSC (Capacitor serie controlado por tiristor)	● ● ●	● ● ● ●	●
Compensación Paralelo Inyección de corriente	MSR / C (Capacitor o Reactor accionado mecánicamente)	○	●	● ●
	SVC (Compensador Estático de Vares)	○	● ● ●	● ● ● ●
	STATCOM (Static Synchronous Compensator)	○	● ● ●	● ● ● ●
Control del Flujo de Potencia	LCC – HVDC (Line commutated converter HVDC)	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ●
	VSC – HVDC (Voltage Source Converter HVDC)	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●
	UPFC (Unified Power Flow Converter)	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●



Figura 1: Impacto en la red de compensadores

Como objetivos específicos se propuso:

- Modelar una línea de transmisión usando el Software ETAP
- Investigar la aplicabilidad de diferentes equipos, elementos y dispositivos que permiten realizar compensación serie y paralelo en una línea de transmisión.
- Comparar el efecto que tiene al aplicar cada uno de los compensadores serie y paralelo en el funcionamiento de una línea de transmisión.

Este estudio realiza un estudio comparativo de dos

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación de la presente propuesta es exploratoria y descriptiva. Es una investigación exploratoria dado que el campo de investigación de compensación en serie y paralelo en líneas de transmisión es poco conocido y abordado en la literatura nacional. Por lo que sus resultados de esta propuesta constituirán una visión aproximada de las relaciones existentes entre las dos compensaciones. Además, es un estudio descriptivo ya que centra en caracterizar y llegar a conocer el comportamiento y la relación que existe entre la compensación en serie y la compensación en paralelo en una línea de transmisión.

La recolección de información del presente estudio se lo realizará a través de fuentes primarias trabajando directamente con el software ETAP en donde se incorporará información relacionada a lecturas de carga de subestaciones de distribución, número total y potencia nominal de los transformadores de

distribución, red de distribución y del alimentador de una comunidad en particular, capacidad instalada de la subestación de inyección que alimenta a la comunidad, y a partir de esta información calcular los valores de los bancos de condensadores serie y shunt. Consecuentemente, se aplica la técnica por observación y comparación. Por observación dado que permite investigar de manera visual los resultados que se van dando producto de las simulaciones y modelamientos en el software ETAP, y por comparación debido a que una vez realizada las simulaciones se podrá comparar los resultados de las compensaciones en serie como en paralelo.

Los valores parametrizados en la línea de transmisión son los siguientes:

**BUSES**

Tabla 1

*Potencia eléctrica de los buses*

Bus	kV	%
Manduriacu	230 kv	100
Sto Domingo	230 kv	97.6
Esmeraldas	230 kv	86.52

**LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

Tabla 2

*Datos de la línea de trasmisión*

Línea	Distancia	Tipo de cable
Manduriacu-Sto Domingo	68.64 Km	ACAR
Sto. Domingo-Esmeraldas	157 Km	ACAR

**TRANSFORMADOR**

Tabla 3

*Cargas de entrada y salida*

Transformador	MVA (Entrada)	MVA (Salida)
T11	85.735	81.776

**RGA**

Tabla 4

*Cargas y demandas*

Carga estática	MW	Mvar	MVA
Load 10	19684	146.78	240.616

**POWER GRID.**

Tabla 5

*Cargas de entrada y salida*

Transformador	MVA (Entrada)	MVA (Salida)
T11	85.735	81.776

**3. RESULTADOS**

**3.1. ANÁLISIS DEL MODELO**

La figura 1 muestra el diagrama de simulación en el SOTWARE ETAP de la línea de transmisión Manduriacu – Santo Domingo – Esmeraldas, donde se puede apreciar una sobrecarga en los buses, además de un bajo factor de potencia. Además, es importante recalcar que la línea santo domingo – Esmeraldas presenta una caída de voltaje que supera el 10%.

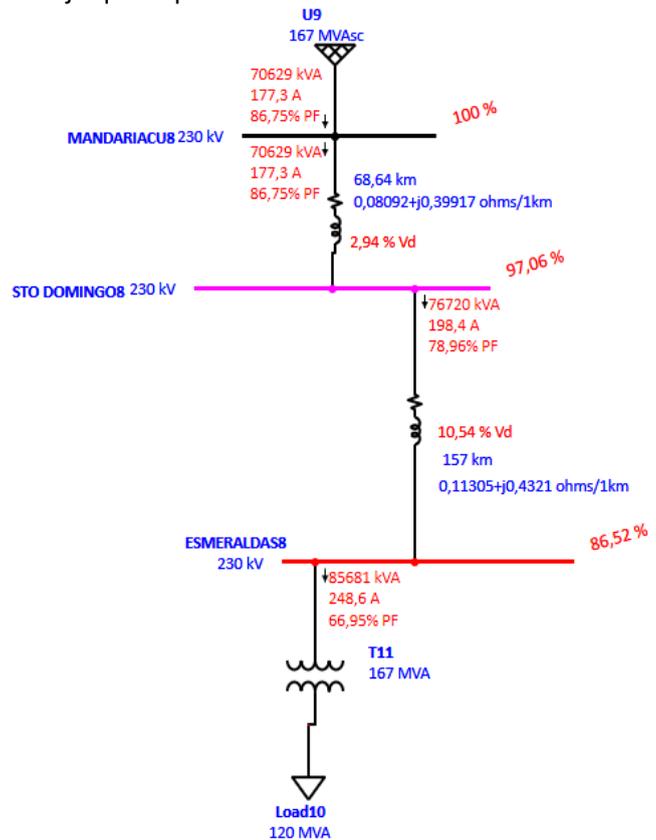


Figura 2: Línea de trasmisión de la subestación Manduriacu-Sto Domingo-Esmeraldas en el software ETAP.

Fuente: Etap, 2022

A partir de los valores obtenidos en la simulación de la figura 1, se procede a dimensionar los compensadores serie y paralelo que permitan mejorar el funcionamiento y operación de la línea.

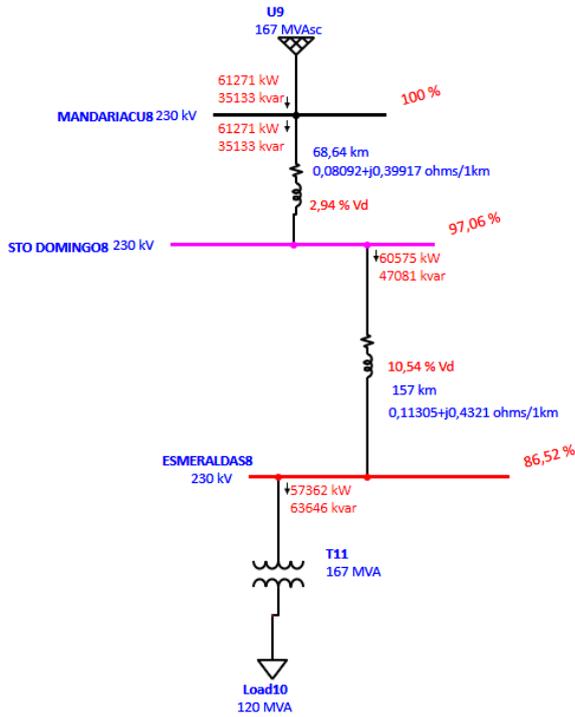


Figura 3: Potencia Aparente y Reactiva inicial en línea de transmisión Manduriacu-Sto Domingo-Esmeraldas. Fuente: Etap, 2022

**3.2. CAPACITOR SERIE**

Al momento de configurar la compensación en serie y conectar el capacitor debemos tomar en cuenta que los parámetros a configurar están dentro de la línea de trasmisión. Y con los cálculos realizados de acuerdo con los datos y resultados mostrados en el ETAP podemos determinar que la capacitancia reactiva (Xc) es igual a 33.9 Xc, estos resultados son obtenidos a partir de:

Proceso de cálculos:

Impedancia  $0.11365 + j 0.432 \text{ ohm/Kw} * \text{Distancia línea}$

$$\text{Línea} \begin{cases} 157 \text{ Km} = X2 \\ X2 = j 67.82 \end{cases}$$

De esto conozco se compensa del 25% al 75% (Corroborar)

$$Xc = (0.5) * (67.82) = 33.9 Xc$$

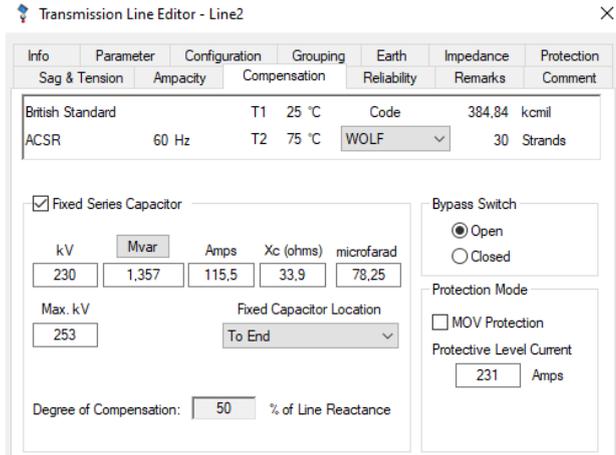


Figura 4: Parámetros de compensación en serie en el software ETAP. Fuente: Etap, 2022

Tabla 6 Potencia eléctrica de los autobuses conectado el compensador en serie

Bus	kV	%
Manduriacu	230 kv	100
Sto Domingo	230 kv	96.9
Esmeraldas	230 kv	90.84

En la figura 5 podemos observar que al conectar y configurar el capacitor en serie incrementa el voltaje en la línea Sto. Domingo- Esmeraldas con un factor de potencia alto, como también reduce las fluctuaciones de voltaje.

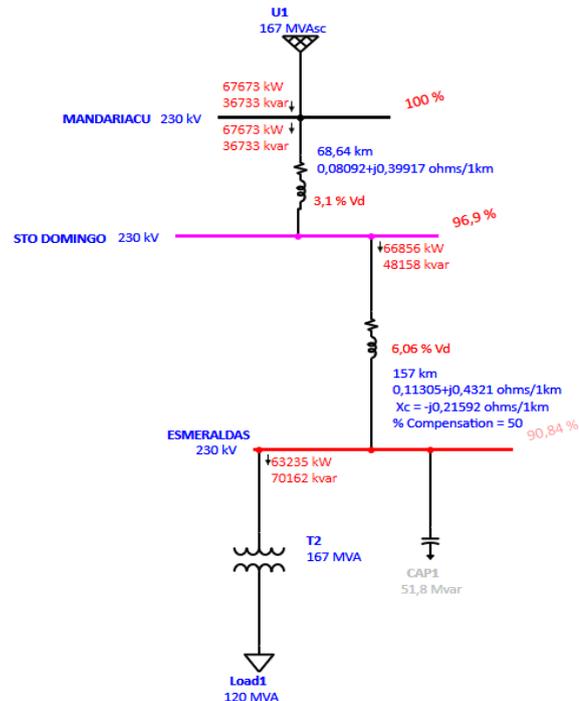
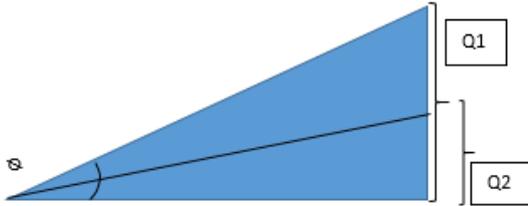


Figura 5: Resultados de compensación en serie en el sistema de la línea de transmisión de las subestaciones Manduriacu – Sto. Domingo- Esmeraldas en el software ETAP. Fuente: Etap, 2022

### 3.3. CAPACITOR PARALELO

Al momento de parametrización el capacitor en paralelo conectamos y podemos notar que los buses (Sto. Domingo-Esmeraldas) tiene una notable mejora en el factor de potencia e incrementa el voltaje en una línea con el factor de potencia alto y reduce las pérdidas en la línea.

Proceso de Calculo:



$$\phi 1 = \cos^{-1} 0.67 = 47,9^\circ$$

$$\phi 2 = \cos^{-1} 0.98 = 11.5^\circ$$

$$Q2 = P(\tan \phi 1 - \tan \phi 2) = 51813.35 \text{ kVAr}$$

$$Tg = 47.9 = 1.1$$

$$Tg = 11.5 = 0.2$$

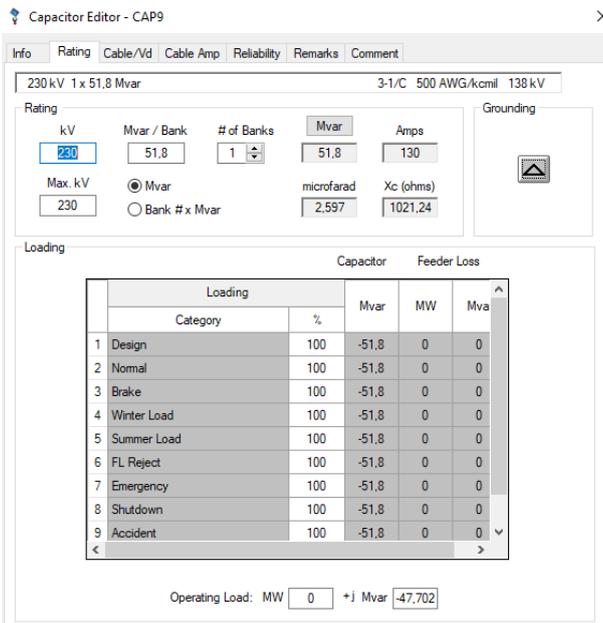


Figura 6: Parámetros de compensación en paralelo en el software ETAP.  
Fuente: Etap, 2022

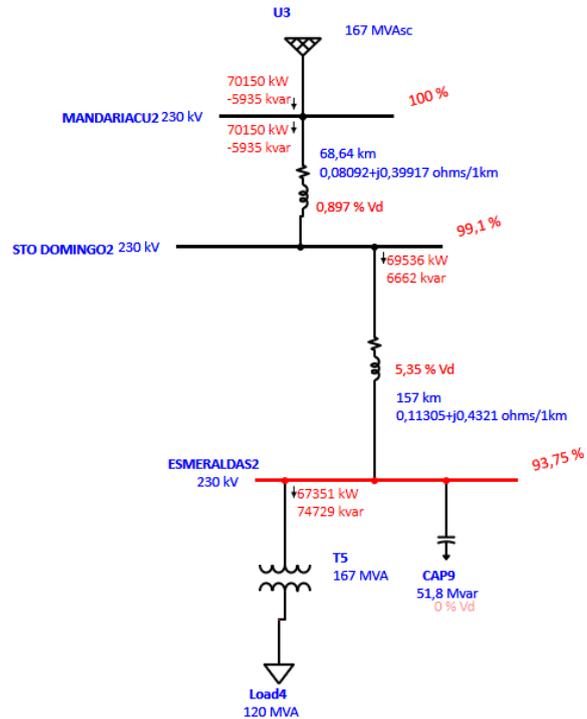


Figura 7: Resultados de compensación en paralelo en el sistema de la línea de transmisión de las subestaciones Manduriacu - Sto. Domingo - Esmeraldas en el software ETAP.

Fuente: Etap, 2022

Tabla 7

Potencia eléctrica de los autobuses conectado el compensador en paralelo.

Bus	kV	%
Manduriacu	230 kv	100
Sto Domingo	230 kv	99.18
Esmeraldas	230 kv	95.95

### 3.4. CAPACITOR SERIE Y PARALELO

Según la simulación con los compensadores podemos evidenciar que si tenemos una mejora en el factor de potencia con los dos compensadores (serie -paralelo).

Pero como la intención de los compensadores en una línea de transmisión es mejorar el factor de potencia en este caso nos da mejores resultados el compensador en paralelo ya que el factor de potencia mejora y por ende el voltaje se estabiliza.

**Tabla 8**  
*Resultados de compensación serie y paralelo en la simulación del software ETAP.*

RESULTADOS DE COMPENSACION EN LA SIMULACION.			
DATOS INICIALES	COMPASACION EN SERIE	COMPENSACION EN PARALELO	
Manduriacu	230 KV	230 KV	230 KV
	70629 KVA	7699 KVA	74017 KVA
	177,3 A	193,3 A	185,8 A
	86,75% PF	87,89%PF	99,41% PF
Sto. Domingo	230 KV	230 KV	230 KV
	76720 KVA	82395 KVA	73032 KVA
	198,4 A	213,4 A	184,8 A
	78,96% PF	81,14% PF	99,83 PF
Esmeraldas	230 KV	230 KV	230 KV
	85681 KVA	94453 KVA	105404 KVA
	248,6 A	261 A	275,7
	66,95% PF	66,95% PF	66,95% PF

Fuente: Etap, 2022

**Tabla 9**

*Valores críticos de los componentes del sistema*

Carga	Porcentaje de alerta (%)	
	Valor crítico (%)	Valor marginal
Bus	100	95
Cable/Busway	100	95
Reactor	100	95
Línea de transmisión	100	95
Transformador	100	95
Panel	100	95
Dispositivos de protección	100	95
Generador	100	95
Inversor/cargador	100	95
<b>Tensión del bus</b>		
Alta tensión	105	102
Baja tensión	95	98
<b>Excitación del generador</b>		
Alta excitación	100	95
Baja excitación	100	95

Fuente: Etap, 2022

#### 4. DISCUSIÓN

Tanto la compensación en serie y en paralelo aumenta la potencia reactiva y aparente así mejorando el sistema de transmisión los diferentes elementos que forman parte del sistema de la línea de transmisión.

La compensación en serie de la línea de transmisión es una técnica efectiva que mejora el sistema de transmisión de energía eléctrica con una carga eléctrica del 100%. Además, la compensación en serie reduce la reactancia eficaz, de la línea de transmisión, mejorando la estabilidad y capacidad de carga de la red de transmisión.

Las ventajas de la compensación en serie en el sistema es que aumenta la capacidad de transferencia de energía, mejora la estabilidad del sistema, y controla la tensión. Mientras que la compensación en paralelo mantener las subidas de tensión en condiciones de poca o ninguna carga. Además, la compensación en paralelo potencia reactiva a la línea, para aumentar la transferencia de potencia activa, manteniendo los niveles de tensión dentro de los rangos aceptables de seguridad.

Sin embargo, la cantidad de MVar en la compensación en paralelo es constante, mientras que en serie varía en función del nivel de transmisión. En la compensación en paralelo se aumenta levemente el margen de estabilidad, mientras que la compensación en serie tiene un efecto de acortamiento de distancia y aumento efectivamente la estabilidad del sistema.

#### 5. CONCLUSIONES

Se registró una mejora con el factor de potencia en un 99% por ende se está dentro de los rangos permitidos (FP 0,98).

El elemento que mejoró esta vez el sistema es el compensador en paralelo ya que en serie si mejoró, pero no llegó a lo requerido.

La carga resistiva estuvo de inicio en un 10,54 % Vd, con el compensador en serie bajó a 6,06% Vd y con el compensador en paralelo totalmente mejoró a 3,21% Vd.

Tanto la compensación en serie y en paralelo potencia aumentan significativamente la potencia

máxima transmitida

Es posible mejorar la capacidad de transmisión de un sistema de potencia utilizando tanto la compensación en serie como en paralelo.

La simulación en el SOFTWARE ETAP es muy interesante ya que tenemos valor muy real y apegado a cualquier prueba y/o investigación en una línea de transmisión.

## REFERENCIAS

Aioboman, A. E., Aminu, S., Ahmad, A. A., Okakwu, I. K., & Ade-Ikuesan, O. O. (2019). Compensation and Enhancement of the Nigerian Power Systems Network. 2019 IEEE PES/IAS PowerAfrica, 1-6. <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica46609.2019.9078669>

Alarcon Monteza, D. D. (2021). Implementación de un sistema de monitoreo y control en tiempo real para el análisis predictivo de un Sistema Eléctrico de Potencia con Generación Distribuida. Repositorio Institucional UTEC. <http://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/251>

Bains, T. P. S., Sidhu, T. S., Xu, Z., Voloh, I., & Zadeh, M. R. D. (2018). Impedance-Based Fault Location Algorithm for Ground Faults in Series-Capacitor-Compensated Transmission Lines. IEEE Transactions on Power Delivery, 33(1), 189-199. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2017.2711358>

Cheng, C., Zhou, Z., Li, W., Zhu, C., Deng, Z., & Mi, C. C. (2019). A Multi-Load Wireless Power Transfer System With Series-Parallel-Series Compensation. IEEE Transactions on Power Electronics, 34(8), 7126-7130. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2019.2895598>

Flórez, G. A. D., & Castañeda, F. A. M. (2006). Análisis técnico para la implementación de un sistema de compensación reactiva (FACTS) a la línea de transmisión circo—Guavio perteneciente al STN. 122.

Fu, M., Tang, Z., & Ma, C. (2019). Analysis and Optimized Design of Compensation Capacitors for a Megahertz WPT System Using Full-Bridge Rectifier. IEEE Transactions on Industrial

Informatics, 15(1), 95-104.

<https://doi.org/10.1109/TII.2018.2833209>

Li, D., Wen, H., & Chu, G. (2017). Design of inductively coupled power transfer systems with series-parallel compensation frameworks. 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 680-684.

<https://doi.org/10.1109/ICRERA.2017.8191147>

Mohamed, A. A. S., Berzoy, A., de Almeida, F. G. N., & Mohammed, O. (2017). Modeling and Assessment Analysis of Various Compensation Topologies in Bidirectional IWPT System for EV Applications. IEEE Transactions on Industry Applications, 53(5), 4973-4984. <https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2700281>

Motaghi, A., Alizadeh, M., & Abbasian, M. A. (2018). Reactive power compensation and reducing network transmission losses by optimal placement of parallel and series FACTS devices with fuzzy-evolutionary method. Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology, 9(35), 27-38.

Oseguera Zúñiga, H. L., Cañizares Baquerizo, Á. A., & Pardo Carrasco, W. G. (2015). Diseño y construcción de un banco de pruebas para las diferentes líneas de transmisión. <http://dSPACE.ups.edu.ec/handle/123456789/10273>

Pakhaliuk, B., Husev, O., Shevchenko, V., Zakis, J., & Stepins, D. (2019). Multivariable optimal control of wireless power transfer systems with series-parallel compensation. 2019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCon), 1-5. <https://doi.org/10.1109/RTUCon48111.2019.8982314>

Pogo Jordan, C. R. (2019). Modelación y simulación en estado estable del sistema eléctrico de la central hidroeléctrica Manduriacu en el software ETAP. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19965>

Shevchenko, V., Husev, O., Pakhaliuk, B., Karlov, O., & Kondratenko, I. (2019). Coil Design for Wireless Power Transfer with Series-Parallel Compensation. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference

on Electrical and Computer Engineering  
(UKRCON), 401-407.

<https://doi.org/10.1109/UKRCON.2019.8879877>  
Sihombing, F. (2021). Studi Kelayakan  
Pemasangan Kapasitor Bank pada Motor Induksi  
Main Water Supply Pump di Tangga Power  
Station PT. Inalum dengan Metode Group  
Compensation dan Individual Compensation  
Menggunakan Electrical Transient Analyzer  
Program (ETAP).  
<https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/32770>

Song, K., Li, Z., Jiang, J., & Zhu, C. (2018).  
Constant Current/Voltage Charging Operation  
for Series-Series and Series-Parallel  
Compensated Wireless Power Transfer Systems  
Employing Primary-Side Controller. IEEE  
Transactions on Power Electronics, 33(9), 8065-  
8080.

<https://doi.org/10.1109/TPEL.2017.2767099>

Torres Gutierrez, D. O. (2017). Localización  
óptima de capacitores en redes de distribución  
para mejorar la eficiencia energética del Sistema  
Eléctrico Chungar – Volcan. Universidad Nacional  
del Centro del Perú.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3936>

Ugarte Martínez, J. R. (2018). Ubicación optima  
de bancos de condensadores para mejorar la  
eficiencia de energía en sistema de bombeo de la  
Mina Animon. Universidad Nacional del Centro  
del Perú.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5157>