



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Evaluación de la Operación de Líneas de Transmisión de Alta Tensión

Jhonny Rodríguez Asqui, Andrés Yulán Pin y José Layana Chancay
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
jrodri@espol.edu.ec, andres.yulan@gmail.com, jose.layana@gmail.com

Resumen

El presente trabajo realiza un análisis de los proyectos de inversión requeridos para mejorar la operatividad del sistema de transmisión de la provincia de Manabí, la cual en años anteriores tuvo problemas de suministro eléctrico y que actualmente se mantienen por atrasos ocurridos en dichos planes.

Se empieza definiendo los aspectos más importantes que rigen la operación de líneas de transmisión, como lo es el flujo de potencia, perfiles de voltajes y potencias a través de diferentes elementos que forman parte del sistema, y también los problemas que pueden afectar la operatividad del mismo.

Luego se definen los criterios de análisis y estos se aplican a la información recopilada del plan de expansión de CELEC EP TRANSELECTRIC 2010 - 2020 y de los registros de operatividad del sistema del mes de diciembre del año 2010. Es así como se plantea el sistema de transmisión del año 2010 y el cual se modificará por la entrada en operación de dos proyectos, que son las subestación Montecristi para el año 2011 y San Juan de Manta para el año 2014.

Finalmente se realizan simulaciones para los años en estudio, para así conocer como estuvo operando el sistema, constatar los diversos problemas que se tuvieron y los beneficios que traerían los nuevos proyectos de mejora del sistema.

Palabras Claves: *evaluación, operatividad, líneas de transmisión, simulación, sistema de transmisión de Manabí.*

Abstract

The present work focuses on the analysis projects to improve the operation of the transmission system from Manabí which in previous years had electrical problems and currently remains.

It begins by defining the most important aspects governing the operation of transmission lines, such as power flow, voltage and power profiles through different elements that are part of the systems, as well as problems that can affect the operation itself.

After defining the criteria from the analysis and applying those to the information gathered from Plan de Expansión de CELEC EP TRANSELECTRIC 2010 – 2020 and according to the operation system records from December 2010. Thus arises to the transmission system in 2010 and which is modified by the entry of two operation projects such as the Montecristi substation in 2011 and San Juan de Manta for 2014.

Finally simulations are fulfilled under study for years, so as to know how the system was operating, and in fact to confirm the different previous problems and the benefits that would bring new projects to improve the system.

Key Words: *evaluation, operation, transmission line, power flow, simulation, Manabí's power system.*

1. INTRODUCCIÓN

El consumo eléctrico se lo utiliza como indicador de la evolución económica de un país, debido a que los periodos de crecimiento económicos están ligados a aumentos del consumo eléctrico. Por esta razón, la evaluación de un sistema de transmisión eléctrico es muy importante para planificar las futuras modificaciones que se le harán al sistema y así mejorar la calidad del servicio que suministra.

Uno de los principales problemas de transmitir potencia a través de las líneas de transmisión es la caída de voltaje que se tiene entre las barras de generación y la de carga, esta caída bajo condiciones normales de operación hace que el voltaje de la carga se encuentre en los límites de operación permitidos.

Este y otros problemas en el sistema de transmisión tienen un efecto mayor en las redes de subtransmisión y distribución, ocasionando rechazos de carga, mala calidad del servicio eléctrico, daños de equipos, etc. Todo esto genera malestar en los consumidores, se detienen procesos industriales y se generan tráfico en las principales vías de las grandes ciudades, entre otros.

Cuando se prevé que los bancos de capacitores, inductores, condensadores sincrónicos o dispositivos FACTS no pueden solucionar los problemas anteriormente descritos, se comienzan a proyectar la construcción de nuevas líneas de transmisión o nuevas subestaciones eléctricas, para no tan solo mejorar el servicio de los consumidores, sino también el mejorar otros factores como lo son la confiabilidad del sistema, tener mas rutas de transmisión de energía y así expandir el sistema, entre otros.

Estos proyectos eléctricos necesitan de una buena planificación, como por ejemplo evaluar la actual topología del sistema, estimar la carga futura, optimizar rutas y espacios, entre otros mas, ya que requieren de una gran inversión de capital y también una ejecución oportuna para así evitar los problemas anteriormente mencionados.

El trabajo realizado ha recogido los planes de expansión del sistema de transmisión y subtransmisión de la provincia de Manabí, encontrando los problemas que ocasionó el retraso en la ejecución de los proyectos, y muestra los beneficios de la construcción de los proyectos de transmisión.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Parámetros de las líneas de transmisión [1]

El modelo a utilizarse en el análisis de las líneas de transmisión depende de la longitud de la misma. Según lo indicado estas se clasifican así:

- Línea de transmisión corta, longitud menor a 50 km.
- Línea de transmisión media, longitud entre 50 y 240 km.
- Línea de transmisión larga, longitud mayor a 240 km.

En nuestro país el Sistema Nacional de Transmisión no posee líneas de transmisión largas, y de manera particular en la provincia de Manabí tenemos líneas que no tienen una longitud mayor a 80 km, por lo tanto en este proyecto utilizaremos un modelo de línea de transmisión de longitud media.

2.2 Operación en estado estacionario de líneas de transmisión [2]

Analizaremos el comportamiento y operación de las líneas de transmisión en estado estacionario. Se tratará a la línea de transmisión como una red de dos puertos y se encontrarán expresiones de corriente y voltaje “para cualquier punto de la línea”, bajo el supuesto de que la línea tiene sus parámetros uniformemente distribuidos.

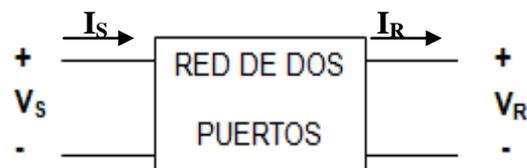


Figura 1. Red de dos puertos

Las ecuaciones de corriente y voltaje, entre los extremos de envío y de recepción son los siguientes:

$$V_S = AV_R + BI_R$$

$$I_S = CV_R + DI_R$$

2.2.1 Circuito equivalente de línea de transmisión de longitud corta

La importancia de comparar la longitud de la onda (6000 Km) con la longitud de la línea es importante ya que en líneas cortas podemos despreciar las capacitancias en derivación, facilitando nuestro estudio.

En base a las suposiciones anteriores, se puede representar la impedancia Z de la línea corta en base a

una componente activa R_{LT} y a otra reactiva X_{LT} la cual tiene naturaleza inductiva.

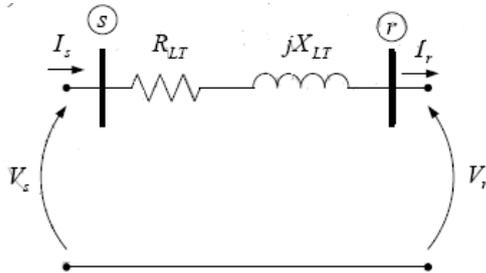


Figura 2. Circuito equivalente de línea corta

Aplicando las leyes de Kirchoff al modelo equivalente se obtiene el juego de ecuaciones que describen el comportamiento del sistema:

$$I_s = I_r$$

$$V_s = (R_{LT} + jX_{LT})I_s + V_r$$

Quedando de manera matricial:

$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_r \\ I_r \end{bmatrix},$$

$$A = D = 1$$

$$B = Z$$

$$C = 0$$

2.2.2 Circuito equivalente de línea de transmisión de longitud media

Cuando la línea de transmisión tiene una distancia entre 50 Km y 240 Km, la admitancia no puede despreciarse, esta admitancia de derivación es generalmente capacitiva pura, y esta debe ser incluida en la simulación de la línea.

Esta capacitancia puede ser dividida en dos partes iguales colocadas en los extremos del modelo, constituyendo el modelo nominal π como se muestra en la figura.

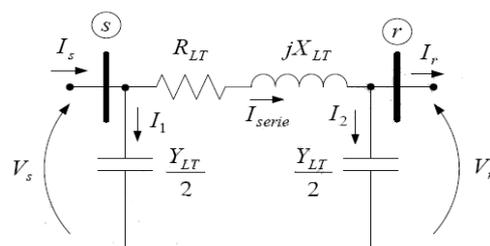


Figura 3. Circuito equivalente de línea media

$$V_s = Z\left(\frac{Y_{LT}}{2}V_r + I_r\right) + V_r$$

$$V_s = \left(\frac{Y_{LT}Z_T}{2} + 1\right)V_r + ZI_r$$

Definimos también los siguientes parámetros:

$$A = D = 1 + \frac{Z_{LT}Y_{LT}}{2}$$

$$B = Z_{LT}$$

$$C = Y_{LT}\left(1 + \frac{Y_{LT}Z_{LT}}{4}\right)$$

De manera matricial:

$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_{LT}Y_{LT}}{2} & Z_{LT} \\ Y_{LT}\left(1 + \frac{Y_{LT}Z_{LT}}{4}\right) & 1 + \frac{Z_{LT}Y_{LT}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_r \\ I_r \end{bmatrix}$$

2.3 Flujo de potencia en sistemas eléctricos de potencia [3].

El estudio de flujos de carga en sistemas eléctricos de potencia se ve íntimamente relacionado con la evolución de los sistemas eléctricos y de sistemas computacionales para la resolución de los mismos. De manera que antes de los años 40's eran muy pocos los sistemas de potencias interconectados entre sí, y además eran predominantemente radiales, el problema se volvía sencillo.

Pero a medida que la complejidad de los sistemas fue creciendo, el problema de resolver los flujos de potencia también se incremento, gracias al avance de los sistemas computacionales se logro simplificar los cálculos para sistemas de potencias que crecían a pasos agigantados.

Las aplicaciones del estudio de flujos de carga en sistemas de potencia contribuyen al análisis, planeación y el diseño de sistemas eléctricos. El objetivo principal del estudio de flujos de potencia es el de obtener los voltajes en las barras o nodos así como los ángulos relacionados con estos.

3. CRITERIOS DE LA EVALUACION OPERATIVA DEL SISTEMA DE TRANSMISION DE MANABÍ.

En la provincia de Manabí, los principales problemas han sido la falta de inversión y el retraso en la ejecución de proyectos eléctricos, los cuales han ocasionado muchos problemas en las redes de distribución de energía eléctrica, las cuales se evidencian en las varias publicaciones de la prensa de esta provincia.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Se analizarán dos proyectos establecidos en el plan de expansión de CELEC EP TRANSELECTRIC para los años 2010 – 2020 [4], los cuales beneficiarían al servicio de energía eléctrica a la provincia de Manabí y estos son:

- **El proyecto de la subestación Montecristi, con entrada en operación a finales del 2010, cuenta con:**
 - Un transformador trifásico 138/69kV, 60/80/100 MVA.
 - Línea de transmisión 4 Esquinas (Portoviejo) – San Gregorio – Montecristi, 138kV, 27 km, un circuito (adquirir un tramo de la línea de propiedad de CNEL-Manabí).
 - Línea de transmisión de 138kV, 7 km de longitud, en estructuras doble circuito, con montaje inicial de uno, desde la subestación Montecristi hasta el cruce con la línea Portoviejo – Manta de 138kV, energizada actualmente a 69kV.
- **El proyecto de la subestación San Juan de Manta, con entrada en operación a comienzos del 2014, cuenta con:**
 - Un transformador trifásico de 135/180/225 MVA, 230/69kV.
 - Línea de transmisión San Gregorio – San Juan de Manta, 230kV, 35 km de longitud, doble circuito, montaje inicial de uno.

Se observa que la entrada en operación de la subestación Montecristi se encuentra retrasada. Esta subestación es muy importante para aliviar las redes de subtransmisión de la CNEL-Manabí que actualmente se encuentran cerca de los límites de sus capacidades y también para sus transformadores que se encuentran sobrecargados.

3.1 Tipos de problemas en la operación de sistemas de transmisión.

Diversos son los problemas que se tienen en la Operación de Sistemas de Transmisión, como por ejemplo falta de capacidad de transformación, voltajes fuera de los límites de operación, líneas de transmisión sobrecargadas, entre otros.

A continuación se describirán los aspectos más importantes de cada uno de los problemas en la operación de sistemas de transmisión:

3.1.1 Falta de Capacidad de Transformación hacia las redes de subtransmisión.

La carga a la cual están sometidos los transformadores de potencia que distribuyen energía a las redes de subtransmisión, es creciente y variable a través de los años y una mala planificación hará que estos se sobrecarguen. Cuando esto sucede, los transformadores comienzan a calentarse excesivamente, reduciendo su vida útil y aumentando las pérdidas del mismo, lo que significara una disminución en la energía entregada a las redes de subtransmisión.

3.1.2 Voltajes fuera de los límites de operación.

Debido a que la carga a lo largo del día varía constantemente y si el sistema de transmisión no tiene una buena regulación de voltaje, esto provocará que el voltaje varíe a tal punto de sobrepasar los límites de operación aceptables, como por ejemplo un bajo o sobrevoltaje en las líneas de transmisión o en las barras principales de los transformadores de potencia que distribuyen energía a las redes de subtransmisión, generándose bajos y sobrevoltajes críticos en las redes de distribución donde las cargas conectadas a esta red son mucho más sensibles a las variaciones de voltaje y afectan su normal operación.

3.1.3 Líneas de transmisión sobrecargadas.

El tener las líneas de transmisión sobrecargadas genera problemas de bajovoltajes, sobrecalentamiento del conductor y mayores pérdidas por efecto joule. Además se vuelve complicada la transferencia de potencia y la confiabilidad del sistema también se ve afectada.

3.2 Análisis de la respuesta operativa del sistema de transmisión eléctrico de Manabí.

Para el análisis de la respuesta operativa del sistema, primero se recolectará la información contenida en los registros diarios (post operativos de CELEC EP TRANSELECTRIC) de voltajes y potencias del mes de diciembre del 2010 de las líneas de transmisión, transformadores de potencia y barras principales de las subestaciones. De estos, se escogerá el máximo y mínimo registrado para analizarlos y determinar si están cumpliendo con las regulaciones emitidas por el CONELEC, Concejo Nacional de Electricidad, con respecto a la cargabilidad y voltajes permitidos durante la operación del sistema.

Se realiza el flujo de carga con los datos del sistema en el mes de diciembre del 2010, para así constatar aquellos voltajes y potencias que no cumplen con las regulaciones del CONELEC, ya que estos son valores críticos en la operación del sistema y a la vez sus

efectos son los actuales problemas de electricidad de esta provincia.

Luego se le agregará a la simulación del mes de diciembre del año 2010 la información establecida en el plan de expansión de CELEC EP TRANSELECTRIC 2010 – 2020. Se simulará el sistema cuando hayan ingresado las subestaciones Montecristi de 138/69kV en el año 2011 y luego la subestación San Juan de Manta de 230/69kV en el año 2014, para así poder analizar y evidenciar los beneficios que traerían a la provincia de Manabí con respecto a sus actuales problemas de electricidad.

3.3 Herramientas y Técnicas.

Para realizar las simulaciones del sistema de transmisión de Manabí se utilizará el programa POWER WORLD SIMULATOR, debido a que nos ofrece la posibilidad de realizar análisis de flujos de carga de una forma sencilla, gracias a su interfaz gráfica e interactiva. POWER WORLD nos permitirá correr el flujo de potencia del sistema eléctrico de Manabí, calculando así las magnitudes de las tensiones y ángulos de fase en cada una de las barras, carga en los transformadores y líneas de transmisión para condiciones de operación en estado estacionario.

Con estos resultados se realizará el análisis del sistema, observando como fue la respuesta operativa en el mes de diciembre de los años 2009 y 2010, como se hubiera comportado con las modificaciones previstas a realizarse.

4. ANALISIS DE LA OPERATIVIDAD ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN MANABÍ-ZONA SUR.

Para realizar el análisis de la operatividad se considerará la topología actual del sistema y las siguientes consideraciones:

- Nivel de voltaje: Se lo considera aceptable si está en el rango de +7% y -5% para líneas 230kV, +5% y -7% para 138kV, +3% y - 2% para 69kV.
- Cargabilidad de las líneas: Será aceptable para valores inferiores al 100% de la capacidad nominal de transporte.
- Cargabilidad de los transformadores: Será aceptable valores inferiores al 100% de la capacidad nominal de transformación.
- Carga utilizada: Se utilizará la demanda máxima registrada en el mes de diciembre del año 2010.

De esta manera analizaremos el sistema y obtendremos los puntos en donde se tienen los problemas más críticos.

4.1 TOPOLOGÍA ACTUAL Y DESCRIPCIÓN DE LA RED.

El sistema de transmisión de la provincia de Manabí que se analizará en el trabajo se muestra en la siguiente figura.

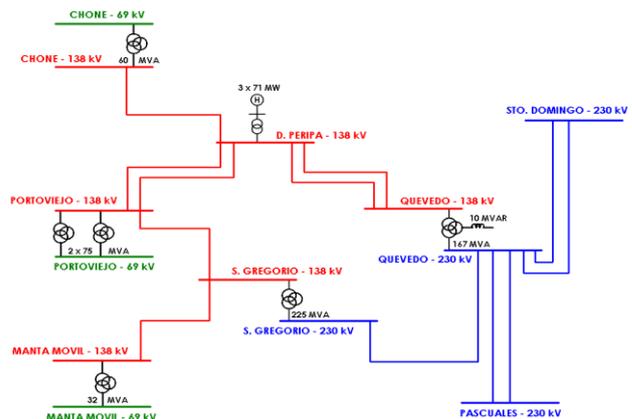


Figura 4. Diagrama unifilar sistema de transmisión Manabí

El diagrama unifilar se lo realizó con la información obtenida del reporte operativo mensual de diciembre del 2010, elaborado por CELEC EP TRANSELECTRIC, el cual se encuentra publicado en su página web y a la vez se obtuvo la siguiente información del sistema de transmisión de Manabí:

- **Subestaciones de Potencia**
 - S/E Chone de 60 MVA.
 - S/E Portoviejo de 2 x 75 MVA.
 - S/E San Gregorio de 225 MVA.
 - S/E Manta Móvil de 32 MVA.
- **Líneas de transmisión**
 - L/T Quevedo – San Gregorio de 230kV.
 - L/T Quevedo – Daule Peripa de 138kV, doble circuito.
 - L/T Daule Peripa – Chone de 138kV.
 - L/T Daule Peripa – Portoviejo de 138kV, doble circuito.
 - L/T San Gregorio – Portoviejo de 138 kV.
 - L/T San Gregorio – Manta Móvil de 138kV.

Se analizará solamente la red de la zona sur de la provincia, debido a que las redes de las subestaciones CHONE y PORTOVIEJO no se encuentran interconectados entre sí, tanto la transmisión como la subtransmisión.

5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE LA PROVINCIA DE MANABÍ - ZONA SUR.

5.1. Análisis de la operatividad durante el año 2009.

El realizar la simulación del sistema de transmisión de Manabí durante el año 2009, permitió constatar los problemas de electricidad que se produjeron durante este año debido a la falta de inversión, proyectos de generación eléctrica y de expansión, los cuales hubiesen podido suministrar de energía a la creciente carga de la provincia.

En la Figura 5 se presenta la simulación y a continuación se resaltan los aspectos más críticos:

- Los transformadores de la subestación Portoviejo (4 Esquinas), se encuentran operando al 88% de su cargabilidad total, ya que este es el único punto de entrega de energía que tiene la zona sur de la provincia por parte del SNI.
- La línea de subtransmisión 4 Esquinas - Portoviejo 3 se encuentra operando al máximo de su cargabilidad, ya que esta es la única ruta para proveer de energía a uno de los sectores industriales de las ciudades de Manta y Montecristi.
- Debido a la situación anterior, se incrementa la caída de tensión a través de las líneas de subtransmisión dando como resultado los bajos voltajes en las barras principales de 69kV de las subestaciones Manta 2, Montecristi y La Fabril pertenecientes a CNEL-Manabí, siendo estos 0.88, 0.87 y 0.88 en p.u. respectivamente.
- A pesar de reactivar la central térmica Miraflores, la cual se interconecta con la barra principal de 69kV de la subestación Manta 1 perteneciente a CNEL - Manabí, se obtuvo un bajo voltaje en esta barra siendo este de 0.89 en p.u.
- En la barra principal de 69kV de la subestación Manta 3 perteneciente a CNEL - Manabí, se tuvo un bajo voltaje de 0.89 p.u. lo cual podría deberse a la gran demanda de la ciudad de manta y ciudades aledañas.

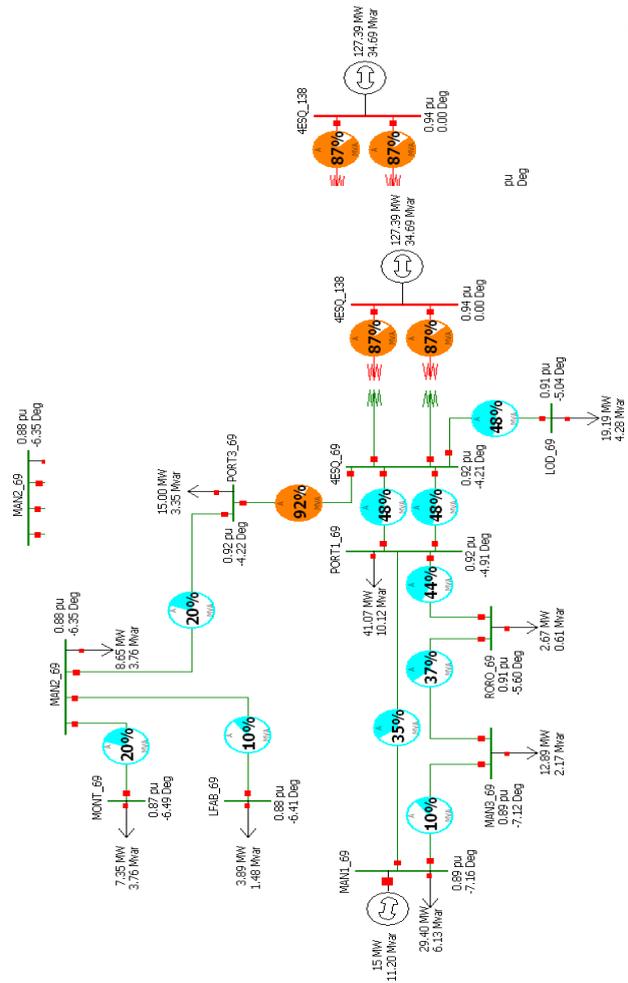


Figura 5. Diagrama Unifilar situación 2009.

5.2. Análisis de la operatividad durante el año 2010.

El realizar la simulación del sistema de transmisión de Manabí durante el año 2010, permitió constatar los beneficios que tuvo el proyecto de la subestación San Gregorio 230/138kV, la cual ayudo con la demanda de uno de los sectores industriales de las ciudades de Manta y Montecristi, y también aportó para satisfacer con la demanda de energía de la zona sur de la provincia.

Pero aun se siguen teniendo voltajes por debajo del límite normal de operación en algunas de las barras principales de las subestaciones de 69kV pertenecientes a CNEL-Manabí.

En la Figura 6 se presenta la simulación y a continuación se resaltan los aspectos más críticos:

- Los transformadores de la subestación Portoviejo (4 Esquinas), siguen operando a un nivel alto de cargabilidad, aproximadamente del 80%, debido a esta situación se siguen

teniendo bajos voltajes en las barras principales de las subestaciones de 69kV pertenecientes a CNEL-Manabí, y también se debe a que la subestación Portoviejo aun sigue siendo el único punto de entrega de potencia para la mayor parte de la zona sur de la provincia.

- El transformador de la subestación Manta Móvil 138/69kV, se encuentra operando al 93% de su cargabilidad total, ya que este es el único punto de entrega de energía que tiene uno de los sectores industriales de las ciudades de Manta y Montecristi.
- La barra principal de la subestación Manta 1 de 69kV perteneciente a CNEL-Manabí, presento un bajovoltaje de 0.94 en p.u. a pesar de que la central térmica Miraflores aun continua operando e interconectada con esta subestación.

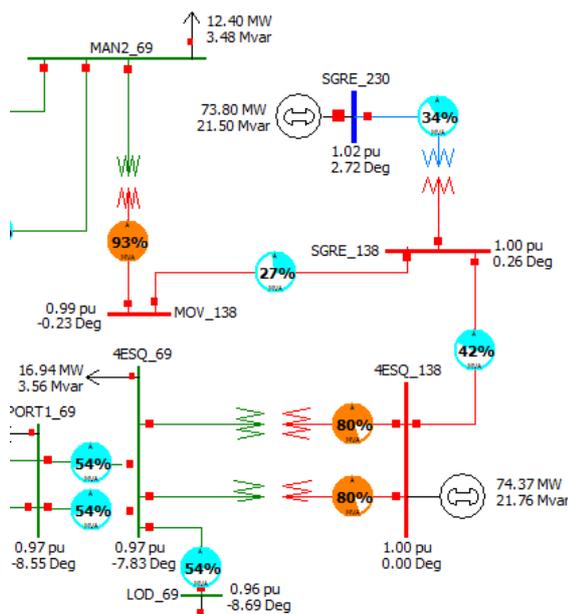


Figura 6. Diagrama Unifilar situación 2010.

5.3. Análisis de la operatividad durante el año 2011.

El realizar la simulación del sistema de transmisión de Manabí durante el año 2011, permitió constatar los beneficios que tendrá el proyecto de la subestación Montecristi 138/69kV de CELEC EP TRANSELECTRIC, la cual ayudará a aliviar la congestión de algunas líneas de subtransmisión del

sistema, debido a que se interconecta con las subestaciones Montecristi, Manta 1, Manta 3 y Rio de Oro, pertenecientes a CNEL-Manabí y de 69/13.8kV.

Además se interconectaron las subestaciones Montecristi y La Fabril de propiedad de CNEL-Manabí. Mejoraron también los voltajes en las barras donde se presentaron inconvenientes anteriormente y se redujo la cargabilidad de algunos transformadores.

En la Figura 7 se presenta la simulación y a continuación se resaltan los aspectos más críticos:

- Los transformadores de la subestación Portoviejo (4 Esquinas) operan a un 59% de su capacidad nominal, un porcentaje menor al que se presentó en el año 2010.
- El transformador de la subestación Manta Móvil continúa operando a un nivel alto de cargabilidad, el 84% de su capacidad nominal.
- El transformador de la subestación Montecristi 230/69kV y 100 MVA de CELEC EP TRANSELECTRIC entra en servicio con una cargabilidad del 49%.
- La línea de transmisión que une las S/E San Gregorio - 4 Esquinas reduce su cargabilidad a un 9% de su capacidad nominal.
- Se puede observar una reducción en la carga de las líneas de subtransmisión que van desde la S/E 4 Esquinas a la S/E Portoviejo 1 del 54% al 30%.

La barra de 69kV de la subestación Manta 1 mejoró su voltaje de operación a 0.97 en p.u., la central térmica Miraflores sigue interconectada a esta barra.

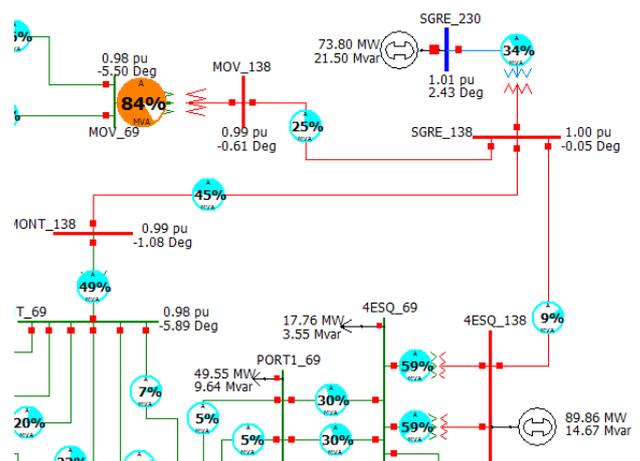


Figura 7. Diagrama Unifilar situación 2011.

5.4. Análisis de la operatividad durante el año 2014.

El realizar la simulación del sistema de transmisión de Manabí durante el año 2014, constatamos los beneficios que tendrá el proyecto de la subestación San Juan de Manta 230/69kV de CELEC EP TRANSELECTRIC, la cual se conecta con la S/E San Gregorio a través de una línea de transmisión de 35 km de longitud a 230kV y permite tener otra vía para el flujo de potencia que va hacia la ciudad de Manta. Otro proyecto complementario es la construcción de la S/E Manta 4 por parte de CNEL-Manabí la cual se interconecta con las subestaciones Manta 3 y Manta 1.

En la Figura 8 se presenta la simulación y a continuación se resaltan los aspectos más críticos:

- La cargabilidad de los transformadores de la S/E 4 Esquinas se redujo a un 50% de su capacidad nominal.
- El problema del transformador de la S/E Manta Móvil se ve en parte solucionado porque está operando a un 62% de su capacidad nominal.
- La cargabilidad de la línea de transmisión entre las subestaciones San Gregorio y Montecristi se redujo a un 28% de su capacidad nominal.
- La cargabilidad en el transformador de la S/E Montecristi se redujo a un 28% de su capacidad nominal.

Mejoraron los voltajes presentes en las barras de 69kV de las subestaciones Manta 1 y Manta 3, a 0.99 en p.u., de propiedad de CNEL-Manabí.

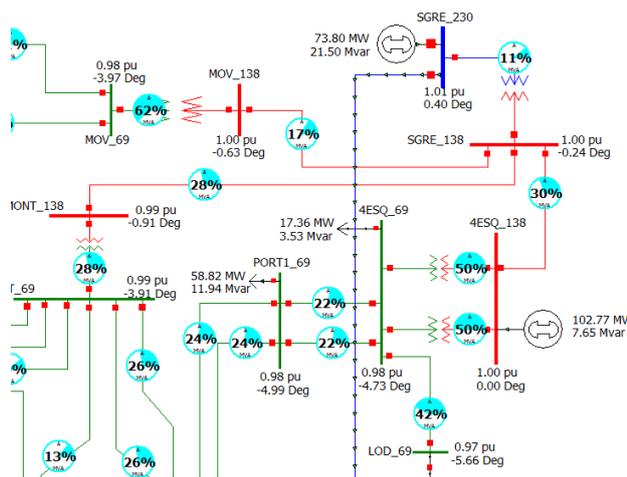


Figura 8. Diagrama Unifilar situación 2014.

7. CONCLUSIONES.

- 1) El análisis realizado en el año 2010, demostró el problema que tiene la S/E Portoviejo (4 Esquinas),

el cuál es que sus transformadores se encuentran operando cerca de su capacidad límite y esto genera problemas de voltaje en las redes de CNEL-Manabí.

- 2) El ingreso en operación de la S/E San Gregorio en el año 2010, ayudo en parte al problema de cargabilidad de los transformadores de la S/E Portoviejo, evidenciándose en los registros de flujos diarios realizados en el año 2009 y 2010 por CELEC EP TRANSELECTRIC.
- 3) La entrada en operación de la S/E San Gregorio se complemento con el traslado de la S/E Manta Móvil para atender la demanda del sector industrial de la ciudad de Manta, la cual presentaba bajos voltajes en las redes de subtransmisión. Pero debido a la alta demanda, la S/E Manta Móvil entro en operación con una alta cargabilidad cercana a su límite y el problema no se soluciono completamente.
- 4) Los mayores problemas del suministro de electricidad de la provincia de Manabí se tuvieron en el año 2009, siendo principalmente los bajos voltajes hallados en las simulaciones, lo cual se respalda con las encuestas realizadas en la ciudad de Manta a los directivos de la CNEL-Manabí.
- 5) El ingreso de la S/E Montecristi en el año 2011, permitirá atender la creciente demanda del sector industrial de Manta y de las ciudades aledañas a esta, esto se ve reflejado en la simulación realizada para este año. Pero el transformador de la S/E Manta Móvil aun se encuentra operando a un nivel alto de cargabilidad.
- 6) Con el ingreso en operación de la S/E Montecristi en el año 2011 se ve solucionado los problemas de bajo voltaje en las barras principales de las subestaciones de la CNEL-Manabí, como se constata en la simulación realizada para este año.
- 7) El ingreso de la S/E San Juan de Manta en el año 2014, mejora considerablemente la operatividad del sistema, ya que en la simulación realizada para este año se observan voltajes dentro de los límites de operación, líneas de subtransmisión y transformadores a un nivel normal de cargabilidad y entre otros.

8. RECOMENDACIONES.

- 1) Debido al problema de alta cargabilidad en los transformadores de la S/E Portoviejo, se debería instalar una nueva S/E que ayude a aliviar la carga de estos o instalar un nuevo transformador de mayor capacidad para reemplazar los actuales.
- 2) Los proyectos para mejorar la operación del sistema no deben retrasarse, debido a que se generan problemas dentro del mismo y afectan a



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



- muchos usuarios. Esto se reflejó en las publicaciones de la prensa local de la provincia, donde hacían énfasis a los problemas de electricidad en las principales ciudades de Manabí.
- 3) Los análisis para mejorar la operatividad del sistema deben ser evaluados correctamente, para evitar la aprobación de proyectos con limitaciones que no solucionan completamente los problemas.
 - 4) Los problemas que se presentan en el servidor de distribución eléctrica muchas veces se deben a la falta de inversión, debido a que pueden existir muchos proyectos para mejorar la operatividad del sistema, pero estos no se ejecutan a tiempo por la gran cantidad de dinero que necesitan. Por esta razón, todo proyecto debe complementarse con la búsqueda oportuna de financiamiento.
 - 5) El estudio de carga para seleccionar el transformador de potencia debe establecer el equipo necesario para los requerimientos de carga, de esta manera determinamos el nivel de carga que tomará la subestación, lo que es muy importante ya que si entra con baja carga existen problemas de altas pérdidas, pero si entra muy cargada existe el problema de tener que reemplazar el transformador o planificar una nueva subestación.
 - 6) Los voltajes en las barras principales de las subestaciones de transmisión y subtransmisión deben cumplir con las regulaciones establecidas por el CONELEC, para así evitar problemas con el servicio que se presta a los consumidores finales.
 - 7) Para evitar problemas mayores del servicio de distribución de la energía como por ejemplo racionamientos, se podría optar por reactivar centrales termoeléctricas que tienen bajo rendimiento o pequeños problemas de operación, hasta que se ejecuten los proyectos que solucionen definitivamente estos problemas.
- [2] Duncan Glover, J., SISTEMAS DE POTENCIA Análisis y Diseño, Thomson Editores 3ra edición, 2004.
 - [3] Stevenson, William D., “ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA”, Mc Graw Hill 2da edición, 1996.
 - [4] CELEC EP TRANSELECTRIC, Plan de Expansión de Transmisión período 2010 – 2020, Octubre del 2009.

9. Agradecimientos.

Al Ing. José Layana Chancay director del seminario de graduación que con su apoyo y conocimiento nos guio a lo largo de todo el proyecto.

A nuestros padres y seres queridos que siempre nos dieron su apoyo.

10. BIBLIOGRAFIA.

- [1] Gonzalez-Longatt, Francisco, Elementos de Líneas de Transmisión Aéreas, http://www.fglongatt.org.ve/Archivos/Archivos/LT_1/Cap1LT1-2007.pdf, Mayo 2007.