

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA EN ENERGÍA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

*ESTUDIO DEL FLUJO DE CARGA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE
TENSIÓN EN EL ALIMENTADOR BE-S04 (22.9KV) DEL SISTEMA
ELECTRICO BELLAVISTA DE ELECTRO ORIENTE S.A.*

PRESENTADO POR

Bach. CORVERA RENGIFO MAX JEFFERSON

Bach. VEGA RENGIFO CARLOS HUMBERTO

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ENERGÍA**

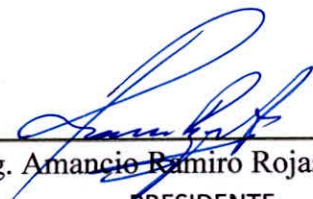
NUEVO CHIMBOTE

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
DE INGENIERÍA EN ENERGÍA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR DE TESIS


El presente trabajo titulado ESTUDIO DEL FLUJO DE CARGA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE TENSION EN EL ALIMENTADOR BE-S04 (22.9kV) DEL SISTEMA ELECTRICO BELLAVISTA DE ELECTRO ORIENTE S.A. Elaborado por los Bach. Corvera Rengifo, Max Jefferson y Bach. Vega Rengifo, Carlos Humberto, para optar el título profesional de Ingeniero en Energía, fue revisado y aprobado por el siguiente jurado evaluador de tesis:



Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
PRESIDENTE



M.Sc. Julio Escate Ravello
INTEGRANTE



M.Sc. César Luis López Aguilar
INTEGRANTE



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los siete días del mes de junio del año dos mil dieciocho, siendo las diez y treinta horas del día, se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 151-2017-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES** : **PRESIDENTE**
- **M.Sc. JULIO ESCATE RAVELLO** : **INTEGRANTE**
- **M.Sc. CÉSAR LUIS LÓPEZ AGUILAR** : **INTEGRANTE**
- **M.Sc. CHRISTIAN PUICAN FARROÑAY** : **ACCESITARIO**

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **"ESTUDIO DEL FLUJO DE CARGA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE TENSION EN EL ALIMENTADOR BE-S04 (22.9 KV) DEL SISTEMA ELÉCTRICO BELLAVISTA-ELECTRO ORIENTE S.A."**, elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía **MAX JEFFERSON CORVERA RENGIFO**, teniendo como asesor al docente **M.Sc. CÉSAR LUIS LÓPEZ AGUILAR**. Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con los artículos 39° y 40° del Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
MAX JEFFERSON CORVERA RENGIFO	18	BUENO

Siendo las once y treinta horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. Amancio Rojas Flores
PRESIDENTE


M.Sc. Julio Escate Ravello
SECRETARIO


M.Sc. César López Aguilar
INTEGRANTE



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los siete días del mes de junio del año dos mil dieciocho, siendo las diez y treinta horas del día, se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 151-2017-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES** : **PRESIDENTE**
- **M.Sc. JULIO ESCATE RAVELLO** : **INTEGRANTE**
- **M.Sc. CÉSAR LUIS LÓPEZ AGUILAR** : **INTEGRANTE**
- **M.Sc. CHRISTIAN PUICAN FARROÑAY** : **ACCESITARIO**

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "**ESTUDIO DEL FLUJO DE CARGA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE TENSION EN EL ALIMENTADOR BE-S04 (22.9 KV) DEL SISTEMA ELÉCTRICO BELLAVISTA-ELECTRO ORIENTE S.A.**", elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía **CARLOS HUMBERTO VEGA RENGIFO**, teniendo como asesor al docente **M.Sc. CÉSAR LUIS LÓPEZ AGUILAR**. Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con los artículos 39° y 40° del Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
CARLOS HUMBERTO VEGA RENGIFO	18	BUENO

Siendo las once y treinta horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. Amancio Rojas Flores
PRESIDENTE


M.Sc. Julio Escate Ravello
SECRETARIO


M.Sc. César López Aguilar
INTEGRANTE

DEDICATORIA: MAX J. CORVERA RENGIFO

*A nuestros queridos Padres por el amor y cariño
de todos los días y su ejemplo en dedicación y trabajo.
A Dios por su apoyo infinito y por ser nuestro guía
En nuestra carrera y por ser la luz en nuestra vida.*

DEDICATORIA: CARLOS H. VEGA RENGIFO

*A nuestros queridos Padres por el esfuerzo
cariño , dedicación de todos los días y su
afán de siempre querer lo mejor para nosotros.
A Dios por su apoyo infinito y por ser nuestro guía
En nuestra carrera y por ser la luz en nuestra vida.*

RECONOCIMIENTO

A nuestros colegas y amigos
Que me acompañaron
Durante mi estancia en la Escuela de
Energía
Por su compañerismo y amistad.
A los Profesores de la
EAP de Ingeniería en Energía
Y a mí Asesor Mg Cesar L. López Aguilar
A los docentes Mg Amancio Rojas y M.Sc. Julio Ascate
Por el apoyo desinteresado
Y sus enseñanzas durante
Nuestra vida universitaria.

MAX J. CORVERA RENGIFO

RECONOCIMIENTO

A nuestros colegas y amigos
De la EAP de Ingeniería en Energía
Siempre los recordare por esos
Gratos momentos de camaradería y
Estudio.

A los Profesores de la
EAP de Ingeniería en Energía
Y a mí Asesor Mg Cesar L. López Aguilar

A los miembros del jurado
Por el apoyo desinteresado
Y sus enseñanzas durante
Nuestra vida universitaria.

CARLOS H. VEGA RENGIFO

INDICE

INDICE

RESUMEN

ABSTRAC

I.	INTRODUCCION	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Justificación e Importancia	7
1.3.	Lugar donde se realiza el proyecto	8
1.3.1.	Datos	8
1.3.2.	Descripción de instalaciones existentes	9
1.4.	Formulación del Problema.	11
1.5.	Formulación de Hipótesis	11
1.6.	Objetivos	11
1.6.1.	Objetivo General	11
1.6.2.	Objetivos Específicos	11
II.	MARCO TEORICO	13
2.1.	Sistema Eléctrico de Potencia.	13
2.1.1.	Sistema de Generación.	13
2.1.2.	Sistema de Transmisión	13
2.1.3.	Sistema de Distribución.	13
	□ Subsistema de distribución primaria:	13
	□ Subsistema de distribución secundaria	14
	□ Instalaciones de alumbrado público	14
2.1.4.	Sistema de Utilización	14
2.2.	Principales Inconvenientes en un Sistema Eléctrico	16
2.2.1.	Sobrecargas	16
2.2.2.	Sobrevoltajes	17
2.2.3.	Cortocircuitos	18
2.3.	Niveles de Tensión en un Sistema Eléctrico De Potencia	18
2.3.1.	Niveles de tensión	18
2.3.2.	Tolerancia de la variación de la tensión en el punto de entrega de energía	20
2.4.	Sistema De Distribución	20
2.4.1.	Concepto general	20
2.4.2.	Características del sistema de distribución	21
2.4.2.1.	Topología radial	21
2.4.2.2.	Múltiples conexiones	22
2.4.2.3.	Cargas de distinta naturaleza	22

2.4.2.4.	Líneas de resistencia comparables a la reactancia	23
2.4.2.5.	Líneas sin transposición	23
2.5.	Principales Componentes Para Flujo De Carga	23
2.5.1.	Generadores y compensadores síncronos	23
2.5.2.	Líneas de transporte	24
2.5.3.	Transformadores	24
2.5.4.	Reactores y capacitores	26
2.5.5.	Cargas	26
2.6.	Métodos de solución para el problema de flujos de potencia en sistemas de distribución	27
2.6.1.	Consideraciones Generales	27
2.6.2.	Tipos de barras (bus)	27
2.6.2.1.	Barras de generación	28
2.6.2.2.	Barras de carga	28
2.6.2.3.	Barra compensador o slack o swing	28
2.7.	Modelo Matemático para el Estudio de Flujos	29
2.7.1.	Formación de matrices	29
2.7.2.	Matriz de admitancia	29
2.7.3.	Estudio de un sistema radial de dos barras.	32
2.7.4.	Clasificación de las variables	36
2.7.5.	Generación de la solución de las ecuaciones de flujo para un sistema de “n” barras	37
2.8.	Método iterativo en la solución de las ecuaciones de flujo	39
2.8.1.	Método iterativo de Newton	40
2.8.2.	Ilustraciones grafica de la convergencia	42
2.8.3.	Método de Newton-Rapson cartesiano con barras tipo P-Q usando matriz de admitancia de barra	43
2.8.4.	Método de Newton Rapton cartesiano con barras de tipo P.V usando la matriz de admitancia de barras	48
III.	MATERIALES Y MÉTODO	52
3.1.	Materiales	52
3.2.	Metodología de la investigación	52
3.2.1.	Método de investigación	52
3.2.2.	Tipo de investigación	53
3.2.3.	Procedimiento de la investigación	53
3.2.4.	Diseño de investigación	54
3.2.5.	Población y muestra	54
3.2.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.2.7.	Técnicas, Procedimiento y Análisis de los Resultados	55
IV.	CALCULOS Y RESULTADOS	57

4.1. Problemática actual	57
4.2. Parámetros medidos para el análisis.	59
4.3. Tipos de escenarios para el Análisis.	61
4.4. Resultados de simulación	62
Escenario 2014	62
Escenario "A" Sin reforzamiento, con regulador de tensión.	64
Escenario "B" Reforzamiento de AAAC 95 a 120mm ² y cargas nuevas.	67
Escenario "C" Línea 22.9kV hasta San Hilarión con cargas nuevas.	69
Escenario "D" Línea 22.9kV hasta San Picota con cargas nuevas.	71
Escenario "E" LT 60kV hasta Picota con cargas nuevas.	73
Escenario "F" Sin Reforzamiento, estado actual con cargas nuevas.	75
4.5. Análisis de los resultados	78
4.5.1. Estudio de mercado	79
4.5.2. Metrado general de instalación del regulador de tensión (ítem 2).	80
4.6. Medición de parámetros de tensión después de la instalación del regulador.	80
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1. Conclusiones	83
5.2. Recomendaciones:	84
MATERIALES DE REFERENCIA REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
ANEXOS	88
ANEXO A: Subestaciones-Alimentadores BE-S04	88
ANEXO B: Demandas máxima del alimentador S04	91
ANEXO C: Características de los conductores eléctricos.	92
ANEXO D: Cotización de tres reguladores de tensión monofásica 13.2KV	93
ANEXO E: Presupuesto total desagregado del proyecto de instalación del regulador de tensión.	95
ANEXO F: Vistas fotográficas.	98
ANEXO G: Escenarios de estudio en formato A1 siguiente página.	100

FIGURAS

Figura I- 1 Área de Concesión de Electro Oriente S.A	8
Figura I- 2 Área de influencia de la UNB	9
Figura I- 3 Diagrama unifilar Sistema Eléctrico Bellavista	10
Figura II- 1 Esquema unifilar General de un Sistema Eléctrico	15
Figura II- 2 Esquema dinámica de un sistema eléctrico	16
Figura II- 3 Topología radial del sistema de distribución	21
Figura II- 4 Tipo de conexiones	22
Figura II- 5 Generadores y compensadores síncronos	24
Figura II- 6 Equivalente pi de una línea de transmisión	24
Figura II- 7 Circuito equivalente de un transformador real	25
Figura II- 8 Circuito pi del transformador real	26
Figura II- 9 Reactor conectado a la barra, b- reactor en p.u	26
Figura II- 10 Cargas conectadas a la red	26
Figura II- 11 a) sistema de dos barras. b) representación pi de la línea entre barra p-q	32
Figura II- 12 Forma de aproximación a la raíz	42
Figura II- 13 Convergencia oscilante	43
Figura II- 14 Raíces diferentes de acuerdo a x°	43
Figura II- 15 No hay solución	43
Figura II- 16 Nodo de un sistema eléctrico	43
Figura IV- 1 Máxima demanda registrada el día 28/11/2014	57
Figura IV- 2 Valores de simulación en el inicio del alimentador BE-S04	62
Figura IV- 3 Perfil de caída de tensión en el alimentador BE-04-Escenaria 2014	63
Figura IV- 4 Porcentaje de cargas de los límites de tensión en el alimentador BE-S04.	64
Figura IV- 5 Regulador de tensión en el Alimentador de media tensión BE-S04	64
Figura IV- 6 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires. Escenario A.	65
Figura IV- 7 Perfil de tensión del escenario A. en el alimentador BE-S04	66
Figura IV- 8 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario A	66
Figura IV- 9 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires.	67
Figura IV- 10 Perfil de tensión del escenario B. en el alimentador BE-S04	68
Figura IV- 11 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario B	68
Figura IV- 12 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires. Escenario C.	69
Figura IV- 13 Perfil de tensión del escenario C. en el alimentador BE-S04	70
Figura IV- 14 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario C	70
Figura IV- 15 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires.	71
Figura IV- 16 Perfil de tensión del escenario D. en el alimentador BE-S04	72
Figura IV- 17 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario D	72
Figura IV- 18 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires.	73
Figura IV- 19 Perfil de tensión del escenario E. en el alimentador BE-S04	74
Figura IV- 20 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario E	74
Figura IV- 21 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires.	75

Figura IV- 22 Perfil de tensión del escenario F, en el alimentador BE-S04	76
Figura IV- 23 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario F	76
Figura IV- 24 Comparación de porcentaje de los límites de tensión en función de las cargas.	78

CUADROS

Cuadro I-1 Localidades de influencia de la UNB	9
Cuadro II-1 Niveles de Tensión	19
Cuadro II-2 Tipos de barra en un sistema eléctrico	29
Cuadro IV-1 Cantidad de subestaciones de distribución propias y terceros	57
Cuadro IV-2 Demanda insatisfecha de clientes mayores del alimentador BE-S04	58
Cuadro IV-3: Lista de proyectos de utilización aprobados	58
Cuadro IV-4 Demanda pendiente por atender	59
Cuadro IV-5 : Mediciones de parámetros de tensión y corriente en PDS	60
Cuadro IV-6 Mediciones de parámetros de tensión y corriente en barra	60
Cuadro IV-7 Características de Instrumentos de media tensión.	61
Cuadro IV-8 Parámetros eléctricos en escenario actual	63
Cuadro IV-9 Parámetros eléctricos en escenario A.	66
Cuadro IV-10 Parámetros eléctricos en escenario B	68
Cuadro IV-11 Parámetros eléctricos en escenario C	70
Cuadro IV-12 Parámetros eléctricos en escenario D	72
Cuadro IV-13 Parámetros eléctricos en escenario E	74
Cuadro IV-14 Parámetros eléctricos en escenario F	76
Cuadro IV-15 Resumen de cotización de reguladores de tensión	79
Cuadro IV-16 Resumen de presupuesto de instalación de regulador de tensión	80
Cuadro IV-17 Comparación de medición de tensión antes y después de la instalación.	80
Cuadro IV-18 Porcentaje de mejora en fin de línea.	81

I. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

➤ Muñoz, C. (1989). Realizó la investigación: *Flujo de potencia trifásico para sistema de distribución.*-en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se llevó a cabo las siguientes conclusiones:

1. Construcción de una eficaz herramienta de análisis para sistemas eléctricos de distribución, que contemplase todas las particulares características de estos sistemas.
2. Su convergencia resulta una calidad muy ineteresante del metodo, en efecto, de todos las casos estudiados, por otra parte se puede decir que es el programa es numericamente robusta.
3. La rapidez del programa es otro aspecto importante, pues, para ser basicamente una formulacion Gauss-Seidel los tiempos de ejecucion fueron comparadas a las aplicaciones monofasicas de flujo de potencia convencionanles.

➤ Ayala, K (2017). Realizó la investigación: *Asignación de caída de voltaje por zonas en el área de servicio de la empresa de Quito*-en la Escuela Politécnica Nacional. Se llevó a cabo las siguientes conclusiones:

1. La propuesta presentada para la reparticion de caida de voltaje, fue elaborada en base a las mediciones realizadas en la cabecera de cada uno de los alimentadoes, las mediones de energia facturada de cada cliente, y ademas factores como la ubicación geografica, densidad de carga y nivel de voltaje.
2. En todoas las zonas de estudios se propone una caida de coltja de 11%, ya que este criterio lo indica ANSI C84.1-2011, ademas que no existe ningun

justificativo tecnico para que en zonas rurales exista un margen de caida mayor consideracion.

3. La propuesta presentada en este trabajo considera 3 distintas zonas de servicio que principalmente difiren unas de otras por la densidad de carga, que se ve marcada notablemente en los limites geograficos de caso urbano de las ciudades para la zona de alta densidad mayor a 2000KW, zona de media densidad entre 100KW y 2000KW y para la zona de baja 0 y 100 KW.

➤ Hernandez, I & Monroy, D. (2017) Realizaron la investigación: *Simulación de flujo de potencia en sistemas eléctricos de distribución*. En el Instituto Politécnico Nacional-México. Se llevó acabo las siguientes conclusiones:

1. Podemos concluir que el estudio de flujo en sistemas eléctricos de distribución es vital importancia ya que es una herramienta para planificar el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos ya que permiten anticipar situaciones como el crecimiento de cargas, proyectos futuros de crecimiento de la red, así como simular diversas situaciones, para identificar y corregir bajos voltajes u otro fenómeno que se presentan y así mejorar la eficiencia.
2. El programa de computo CymDist es una herramienta muy cómoda por su ambiente gráfico, además de que la inserción de datos de los sistemas a simular se presenta muy sencilla e idea para su uso en ingeniería, en este programa de computo pudimos simular los sistemas de prueba de la IEE, de 4 nodo, 13 nodos, 34 nodos y 123 nodos, obteniendo resultados fiables ya que fueron comparados con los resultados de la IEEE.

➤ Chumbi, R. & Verdugo, T. (2015). Realizaron la investigación: *integración con CYMDIST de las redes de media tensión y subtransmisión del sistema de la Centrosur*. En la Universidad de Cuenca-Ecuador. Se llevó a cabo las siguientes conclusiones:

1. La interfaz dinámica del software Cymdist permite trabajar en un estudio que integra una alta calidad y amplia variedad de funcionalidades permitiendo resolver problemas que responden a las necesidades analíticas. Además Cymdist modela redes de manera detallada, presenta en su base de datos equipos normalizados el mismo que pueden ser modificadas de acuerdo a las necesidades.
2. La recopilación de los datos del sistema de subtransmisión de la E.E.R.S.C, se realizó de la base de datos que dispone la empresa en el software DigSilent, en la cual se destacan parámetros como la corriente en vacío de ramal de la reactancia de magnetización, las impedancias de los transformadores de 3 devanados que están medidas en una potencia base del lado de menor capacidad, mientras que CymDist no permite el ingreso de valor de la corriente en vacío y en cuanto a las potencias bases sobre la cual están medidas las impedancias corresponden al lado de mayor capacidad.
3. La herramienta de simulación para el análisis de flujo de carga que incorpora Cymdist nos da la posibilidad de escoger los métodos tradicionales en la solución de flujos de carga y además métodos dedicados al análisis de redes de distribución como es el método de caída de tensión tanto para redes equilibradas como para desequilibradas.

➤ Izquierdo, J. (2002). Realizó la investigación: *Estudio de flujo de potencia y análisis de fallas en sistemas eléctricos de distribución radial*. En la Universidad Autónoma de Nuevo León-España. Se llevó a cabo la siguiente conclusión:

1. En el trabajo se presentó una introducción al estudio de los sistemas eléctricos de distribución de naturaleza radial. Esto permite adquirir conocimientos acerca de los sistemas eléctricos, sus características de desbalance y la importancia de llevar a cabo estudios de flujos de potencia y estudios de corto circuito en coordenadas de fase. Esto trae ventajas al tomar decisiones ante cambios en la demanda del sistema y que las decisiones sean rápidas y correctas. Se cumple con la necesidad de contar con programas digitales que consideren las características de los sistemas de distribución y el requerimiento de incluir el desbalance como parte fundamental dentro de las técnicas de solución.
2. Se propuso un método Z nodal, sobre las características del método, al ser empleado para la solución de flujos de potencia trifásico, se explica la metodología de solución al resolver un sistema de prueba pequeño, pero que cuenta con todas las condiciones que se requieren como son: desbalance, topología y demanda no balanceada. Se llegó a la conclusión de que el método es adecuado ya que se obtuvieron resultados satisfactorios con un número de iteraciones. Se menciona, sin embargo, que el tiempo de ejecución y el número de iteraciones se incrementa por el uso de tres veces el tamaño del orden de los vectores al emplear una modelación trifásica.

3. Se presentó la formulación para estudios de fallas, usando as matrices nodales de falla. Se presentaron las matrices nodales de falla más comunes en un sistema eléctrico y su correspondiente matriz de impedancia y/o de admitancia de falla. Se aplicó el estudio fallas asi mismo sistema de distribución que se usó para la solución del problema de flujo de potencia. Se llegó a la conclusión que deben emplearse formulaciones alternas para resolver la corriente de falla, en caso de que no se pueda escribir la matriz de impedancia nodal de la falla, por no tener conexiones a referencias.

➤ Gutierrez, Daniel. (2016). Realizo la investigación: *Diseño e implantación de una herramienta de software para el análisis de confiabilidad de Sistema Eléctrico de potencia basada en el método de simulación de Montecarlos*. En la Escuela Politécnica Nacional- Quito. Se llevó a cabo las siguientes conclusiones:

1. La confiabilidad de una red eléctrica refleja la seguridad del sistema y los indicadores de confiabilidad facilitan la toma de decisiones en la búsqueda del mejoramiento de la robustez de la red.
2. Las simulaciones con números aleatorios poseen amplias aplicaciones en varios sectores de la ingeniería y presentan una forma de estudiar la seguridad de un sistema y obtener indicadores de confiabilidad incorporando distribuciones de probabilidad que reflejan la real ocurrencia heurística de indicadores como las fallas en una red eléctrica.

3. Las diferencias halladas en la obtención de índice LOLP mediante el DPL desarrollado y la herramienta generation adequacy son aceptables, lo que indica un actuar eficaz de a herramientas diseñada.

1.2. Justificación e Importancia

El crecimiento de la demanda de energía eléctrica ha llevado a que el nivel de carga de la red de media tensión sea mayor, lo cual implica una flexibilidad limitada para la atención de contingencias y alimentación de cargas futuras.

Teniendo como base estas necesidades, encontramos circuitos de distribución con problemas críticos de cargabilidad en operación normal y contingente, que requieren de una pronta intervención que permitan alcanzar los niveles óptimos para una mejor prestación del servicio.

Debido al mejoramiento vial del sector y al incremento en solicitudes para asignar el punto de conexión en suministro de energía eléctrica, se evidencian inconvenientes que muestran la fragilidad del sistema eléctrico en la zona como lo son problemas críticos para respaldo de circuitos ante aperturas, circuitos altamente desbalanceados, programación de trabajos en redes de energía para los fines de semana, dado el alto impacto que la interrupción del servicio y la mala calidad en la tensión de la energía tiene en los procesos productivos de los clientes. Esta situación incrementa los costos en la operación del sistema, aumenta la cantidad de maniobras requeridas para realizar trabajos que son relativamente sencillos.

Es por ello que en el presente estudio se evalúa las distintas alternativas con parámetros eléctricos reales, para lograr un mejoramiento en el alimentador que permita la satisfacción de los clientes.

1.3.Lugar donde se realiza el proyecto

1.3.1. Datos

La Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Oriente S.A. Electro Oriente S.A., se constituyó por mandato de la Ley No. 23406, Ley General de Electricidad y la Resolución Ministerial No. 320-83-EM/DGE, del 21 de Diciembre de 1983, inscribiéndose su Estatuto Social mediante Escritura Pública de fecha 28 de Junio de 1984. Electro Oriente S.A., inicia sus operaciones como persona jurídica de derecho privado el 1 ° de julio de 1984, basándose en el balance de transferencia de la Unidad Operativa del Oriente de ELECTROPERU S.A. Las actividades de Electro Oriente S.A. se sujetan a lo dispuesto en el Decreto Ley No. 25844, Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo No. 009-93-EM, disposiciones modificatorias y complementarias.

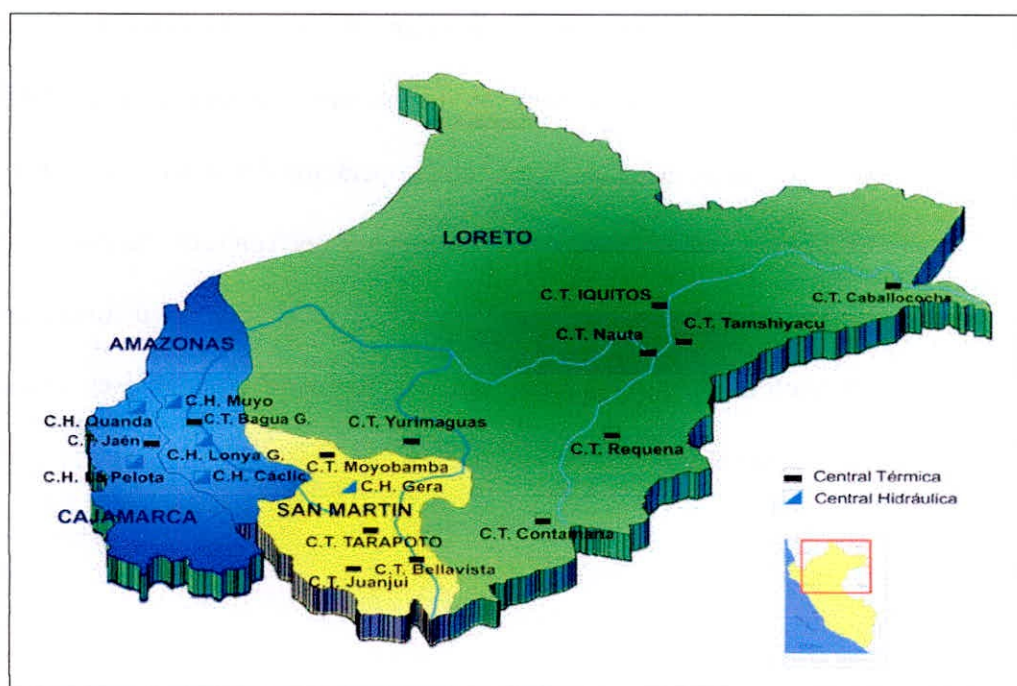


Figura I- 1 Área de Concesión de Electro Oriente S.A
Fuente: Registro de documentos del area comercial ELOR.

1.3.2. Descripción de instalaciones existentes

La Unidad de Negocios Bellavista (UNB) administra el suministro de energía eléctrica de 05 provincias de la región San Martín.

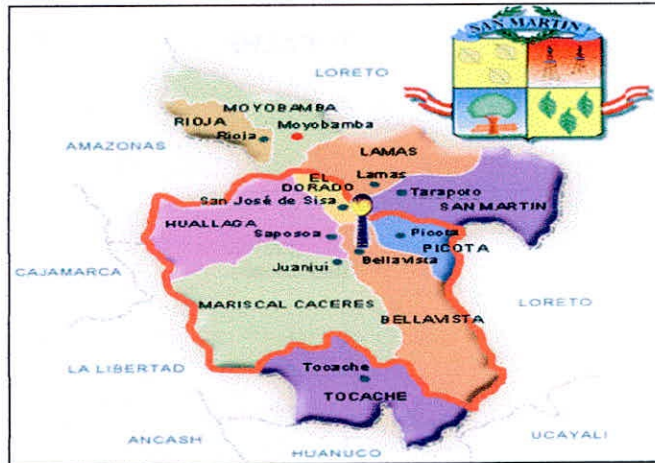


Figura I- 2 Área de influencia de la UNB

Fuente: Registro de documentos del área comercial ELOR

Cuadro I-1 Localidades de influencia

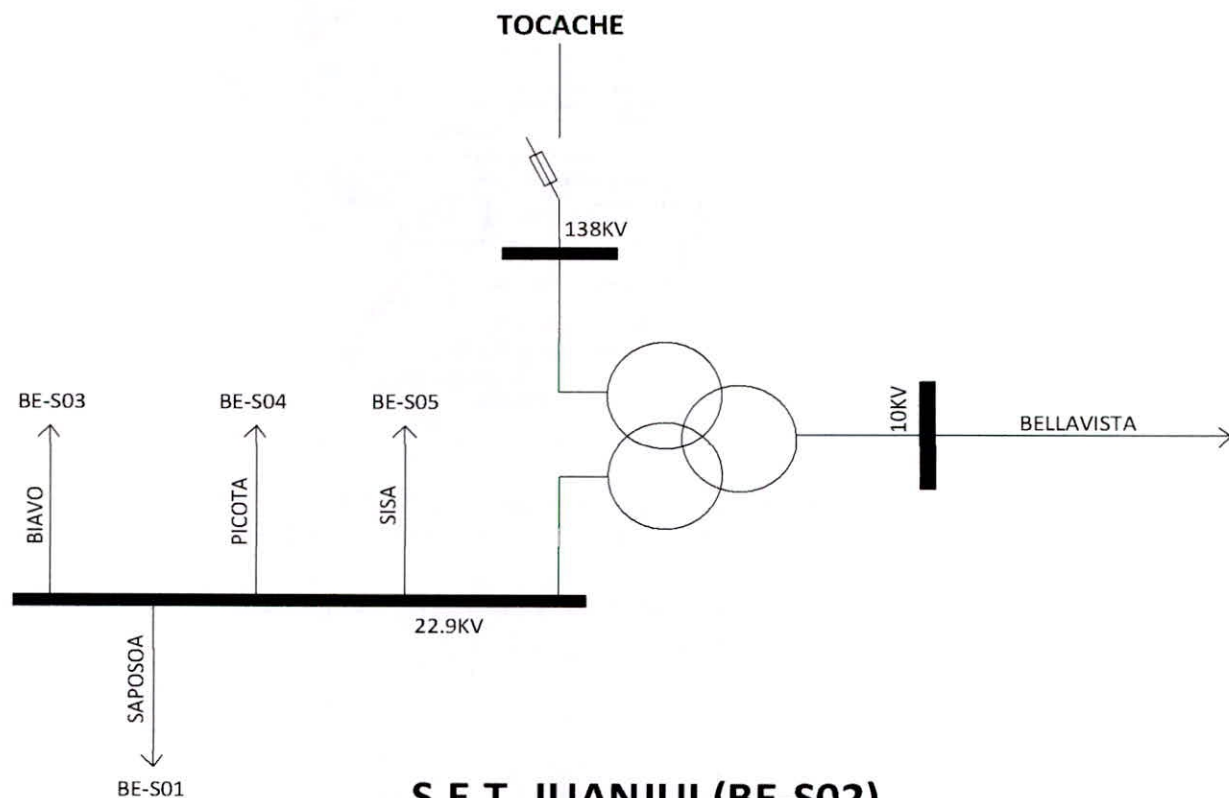
	PROVINCIAS	ITEMS	DISTRITOS
UNB	BELLAVISTA	1	BELLAVISTA
		2	ALTO BIAVO (Cuzco)
		3	BAJO BIAVO (Nuevo Lima)
		4	HUALLAGA (Ledoy)
		5	SAN PABLO
		6	SAN RAFAEL
	HUALLAGA	1	SAPOSOA
		2	ALTO SAPOSOA (Pasarraya)
		3	EL ESLABON
		4	PISCOYACU
		5	SACANCHE
		6	TINGO DE SAPOSOA
	MARISCAL CACERES	1	JUANJUI
		2	CAMPANILLA
		3	HUICUNGO
		4	PACHIZA
		5	PAJARILLO
	PICOTA	1	PICOTA
		2	BUENOS AIRES
		3	CASPISAPA
		4	PILLUANA
		5	PUCACACA
		6	SAN CRISTOBAL
		7	SAN HILARION
		8	SHAMBOYACU
		9	TINGO DE PONASA
		10	TRES UNIDOS
	EL DORADO	1	AGUA BLANCA
		2	SAN JOSE DE SISA
		3	SAN MARTIN
		4	SANTA ROSA
		5	SHATOJA
TOTAL	5		32

Fuente: Registro de documentos del área comercial ELOR.

Desde la Sub Estación de Transmisión Bellavista la energía eléctrica se distribuye con 05 alimentadores en MT, y de la Sub Estación de Transmisión Juanjui la energía eléctrica se distribuye con 03 alimentadores en MT, haciendo un total de 8 alimentadores que son

administrados por la Unidad de Negocios Bellavista, los cuales dentro de su extensión van distribuyendo la energía eléctrica a través de las Sub Estaciones de Distribución.

S.E.T. BELLAVISTA



S.E.T. JUANJUI (BE-S02)

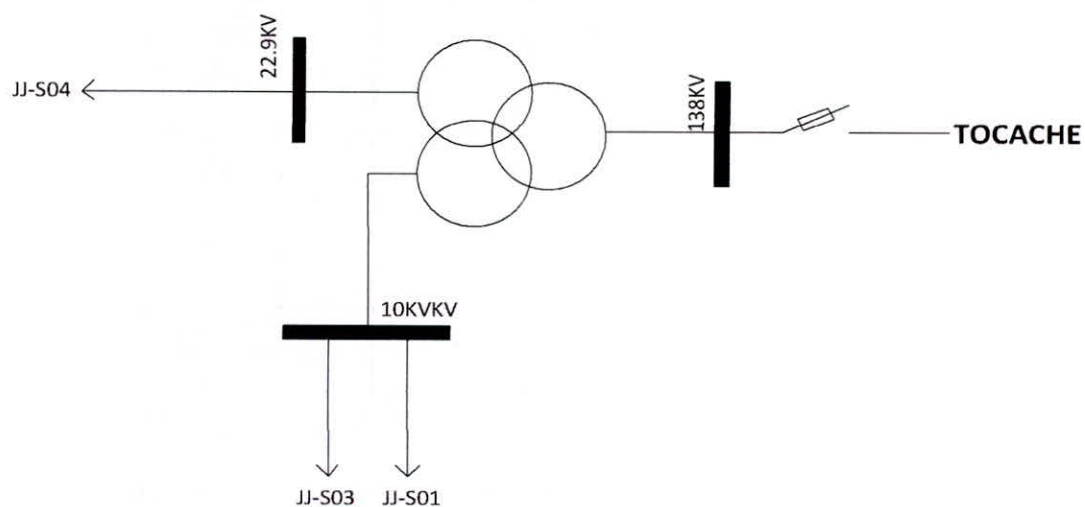


Figura I- 3 Diagrama unifilar Sistema Eléctrico Bellavista
Fuente: Registro de documentos del área comercial ELOR.

1.4. Formulación del Problema.

¿En qué medida mejorará la calidad de tensión con la instalación de un regulador de tensión basada en el estudio de flujo de carga en el alimentador BE-S04 (22.9kV) del sistema eléctrico Bellavista - Electro Oriente S.A.?

1.5. Formulación de Hipótesis

La hipótesis que se plantea al problema formulado es la siguiente:

Mediante la instalación de un regulador de tensión basada en el estudio de flujo de carga del alimentador BE-S04 (22.9kV) del sistema eléctrico Bellavista-Electro Oriente S.A., se mejorará calidad de la tensión hasta en un 13%.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Realizar el estudio de flujo de carga para mejorar la calidad de tensión en el alimentador BE-S04 (22.9kV) del sistema eléctrico Bellavista-Electro Oriente S.A.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información de cargas actuales y cargas futuras del alimentador BE-S04 del sistema eléctrico Bellavista.
- Medir los parámetros de tensión y corriente en diversos puntos del alimentador BE-S04.
- Considerar los despachos de cargas del Alimentador BE-S04 de distribución cada 15 minutos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEORICO

2.1. Sistema Eléctrico de Potencia.

Un Sistema Eléctrico de Potencia corresponde al conjunto de instalaciones que permiten generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad. (Brokering Christie, Palma Behnke, & Vargas Díaz, 2008).

Según (Dirección General de Electricidad, 2002) el Sistema Eléctrico nacional está dividido en los siguientes sistemas: Sistema de Generación, sistema transmisión, sistema de distribución y sistema de utilización.

2.1.1. Sistema de Generación.

Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones destinadas a producir la energía eléctrica, cualquiera sea la fuente y el procedimiento empleado para ello.

2.1.2. Sistema de Transmisión

Es el conjunto de instalaciones para el transporte de energía eléctrica producida por el sistema de generación.

2.1.3. Sistema de Distribución.

Es aquel conjunto de instalaciones eléctricas desde un sistema de generación o transformación a media tensión, hasta los puntos de entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios de media o baja tensión inclusive las unidades de alumbrado público, comprende:

- **Subsistema de distribución primaria:** Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica producida por un sistema de generación, utilizando eventualmente un sistema de transmisión, y/o un subsistema de

subtransmisión, a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público y/o a las conexiones para los usuarios, comprendiendo tanto las redes como las subestaciones intermediarias y/o finales de transformación.

- **Subsistema de distribución secundaria** Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones, desde un sistema de generación, eventualmente a través de un sistema de transmisión y/o subsistema de distribución primaria, a las conexiones.
- **Instalaciones de alumbrado público** Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos (avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, caminos, carreteras, autopistas, pasos a nivel o desnivel, etc.), abarcando las redes y las unidades de alumbrado público.

2.1.4. Sistema de Utilización

Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones destinado a llevar energía eléctrica suministrada a cada usuario desde el punto de entrega hasta los diversos artefactos eléctricos en los que se produzcan su transformación en otras formas de energía.

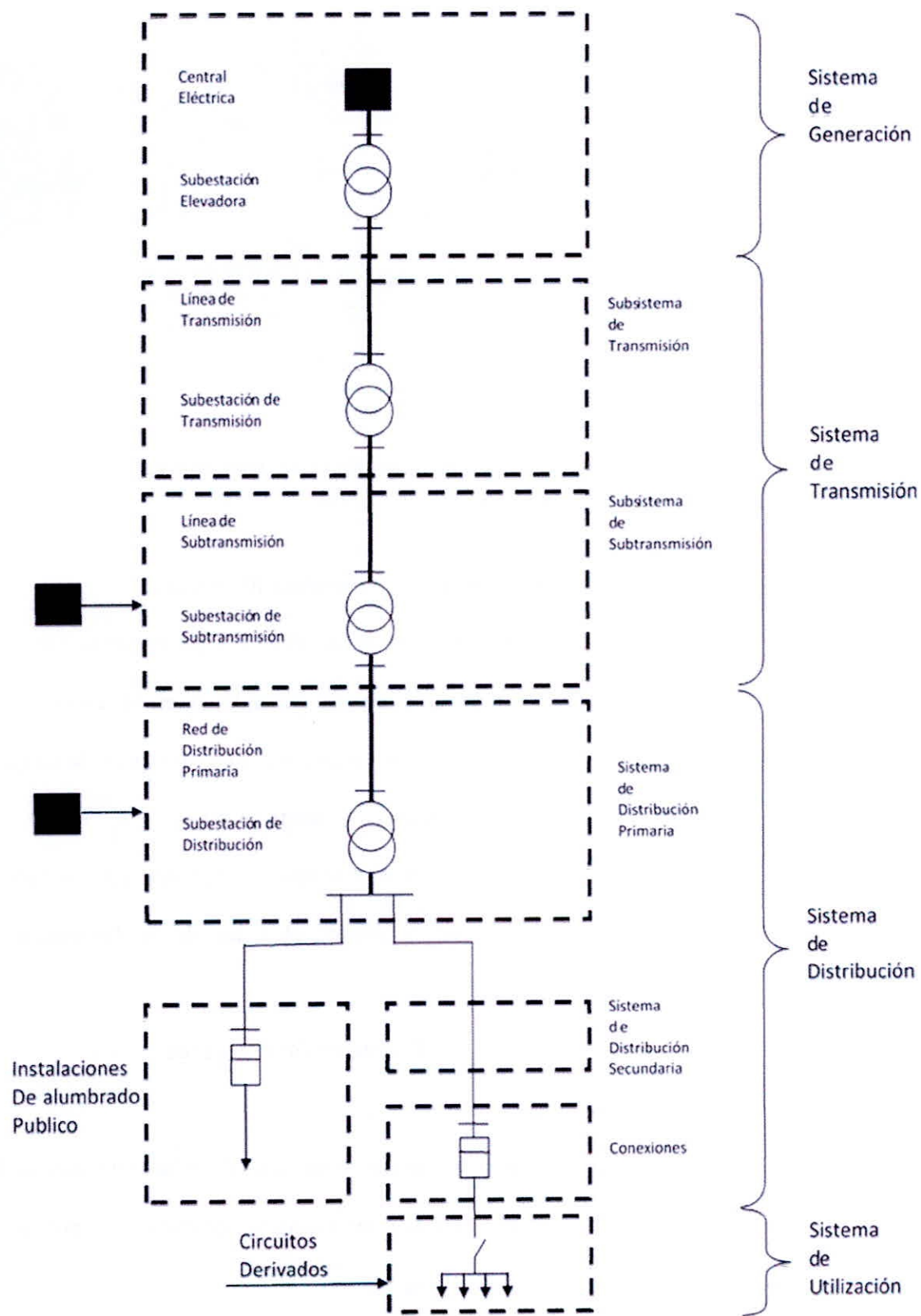


Figura II- 1 Esquema unifilar General de un Sistema Eléctrico
 Fuente: Código Nacional de Electricidad suministro 2011.

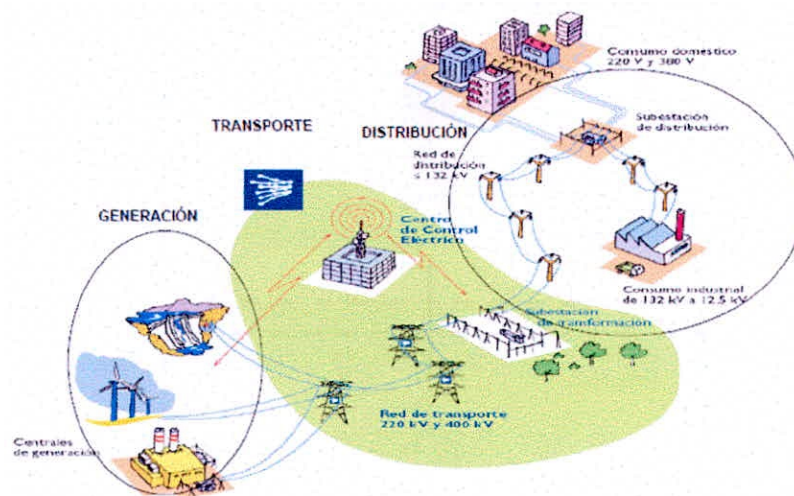


Figura II- 2 Esquema dinámico de un sistema eléctrico
Fuente: Red Eléctrica de España.

2.2.Principales Inconvenientes en un Sistema Eléctrico

En el sistema nacional de transmisión del Perú se presentan varios problemas o inconvenientes, ya sea en las líneas de transmisión, en los equipos de patio de las subestaciones, en las centrales de generación o en los puntos de carga, como lo son las sobrecargas, los sobrevoltajes y los cortocircuitos.

Todo sistema interconectado tiene que tener un balance entre la generación total y la carga total para poder mantener el valor de la frecuencia en su valor fundamental.

$$\Sigma \text{ Generación} = \Sigma \text{ Carga}$$

2.2.1. Sobrecargas

Una sobrecarga es cuando la suma total de las potencias de los equipos o cargas conectadas a una red o circuito, es mayor a la potencia para la cual está diseñada dicha red.

En el Sistema Nacional Interconectado, muchas de las sobrecargas se dan en los puntos de carga durante el periodo de demanda máxima.

Una sobrecarga produce bajos voltajes en el circuito al cual está conectada dicha carga, y además puede llegar a causar daños mayores cuando esta es muy prolongada. Son provocadas muchas veces, debido a las sobrecorrientes originadas por la desconexión de circuitos en paralelo, que se pueden prolongar hasta la reposición del circuito desconectado.

Las sobrecargas producen calentamiento excesivo en los conductores, lo que puede significar las destrucciones de su aislación, incluso llegando a provocar incendios por inflamación.

2.2.2. Sobrevoltajes

Los sobrevoltajes nunca son deseados en los sistemas eléctricos de potencia, debido a que con el paso del tiempo este puede traer daños en los equipos, tales como:

- Pérdida del aislamiento, debido a que los aisladores se ven sometidos a altos voltajes que pueden deteriorarlos.
- Daños internos en los equipos.
- Con la pérdida de aislamiento se pueden producir cortocircuitos.
- Los sobrevoltajes transitorios pueden originarse por maniobras de conexión o desconexión, descargas atmosféricas y descargas electrostáticas. Los transitorios eléctricos más severos son los ocasionados por las descargas atmosféricas. Éstas pueden dañar el aislamiento de transformadores, motores, capacitores, cables y ocasionar fallas en líneas de transmisión por la ionización del aire. La protección del aislamiento del equipo eléctrico se ha llevado a cabo tradicionalmente con pararrayos y capacitores.

2.2.3. Cortocircuitos

Se originan por la unión fortuita de dos líneas eléctricas sin aislación, entre las que existe una diferencia de potencial eléctrico (fase-neutro, fase-fase). Durante un cortocircuito el valor de la intensidad de corriente se eleva de tal manera, que los conductores eléctricos pueden llegar a fundirse en los puntos de falla, generando excesivo calor, chispas e incluso flamas, con el respectivo riesgo de incendio.

Se producen también cortocircuitos cuando existe la ruptura del aislador, debido muchas veces, al deterioro del material dieléctrico. Debido a que un cortocircuito puede causar importantes daños en las instalaciones eléctricas e incluso incendios en subestaciones, estas instalaciones están normalmente dotadas de equipos de protección, como fusibles o interruptores, con el fin de proteger a las personas y a los equipos. (Quiroga, 2010)

2.3. Niveles de Tensión en un Sistema Eléctrico De Potencia

2.3.1. Niveles de tensión

Uno de los valores de tensión nominal utilizados en un sistema dado

- **Baja Tensión (B.T):** Conjunto de niveles de tensión utilizados para la distribución de la electricidad. Su límite superior generalmente es $U \leq 1\text{kV}$. Siendo la U tensión nominal.
- **Media tensión (M.T):** Cualquier conjunto de niveles de tensión comprendidos entre la alta tensión y la baja tensión. Los límites son $1\text{kV} < U \leq 35\text{ kV}$. Siendo la U tensión nominal.

- **Alta tensión (A.T):**
 1. En un sentido general, conjunto de niveles de tensión que excede la baja tensión (en el contexto del Código Nacional de Electricidad-Utilización).
 2. En un sentido restringido, conjunto de niveles de tensión superior en los sistemas eléctricos para transmisión masiva de electricidad. Con límites correspondiente entre $35 \text{ kV} < U \leq 230 \text{ kV}$. Siendo la U tensión nominal.
- **Muy alta tensión (M.A.T):** niveles de tensión utilizados en sistema eléctricos de transmisión, superando los 230kV

Cuadro II-1 Niveles de Tensión

NIVEL	TENSION
Baja Tensión	380/220V
	440/220V
Media Tensión	20.0kV
	22.9kV
	33kV
	22.9/13.2kV
	33/19kV
Alta Tensión	60kV
	138kV
	220kV
Muy Alta Tensión	500kV

Fuente: CNE, 2011

2.3.2. Tolerancia de la variación de la tensión en el punto de entrega de energía

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión es de hasta el $\pm 5,0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos tratándose de las redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el $\pm 7,5\%$.(CNE,2011)

2.4.Sistema De Distribución

2.4.1. Concepto general

Es aquel conjunto de instalaciones eléctricas desde un sistema de generación o transformación a media tensión, hasta los puntos de entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios de media o baja tensión inclusive las unidades de alumbrado público, comprende:

- **Subsistema de distribución primaria:** Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica producida por un sistema de generación, utilizando eventualmente un sistema de transmisión, y/o un subsistema de subtransmisión, a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público y/o a las conexiones para los usuarios, comprendiendo tanto las redes como las subestaciones intermediarias y/o finales de transformación.
- **Subsistema de distribución secundaria:** Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones, desde un sistema de generación, eventualmente a través de un

sistema de transmisión y/o subsistema de distribución primaria, a las conexiones.

- **Instalaciones de alumbrado público:** Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos (avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, caminos, carreteras, autopistas, pasos a nivel o desnivel, etc.), abarcando las redes y las unidades de alumbrado público. (DGE,2002)

2.4.2. Características del sistema de distribución

Las redes de distribución presentan características muy particulares y que se diferencian de la transmisión. Entre estas se distinguen:

2.4.2.1. Topología radial

Los sistemas de distribución son típicamente radiales, este es el flujo de potencia nace solo de un nodo. Este nodo principal se reconoce como la subestación que alimenta al resto de la red. En la subestación se reduce el voltaje de nivel de alta tensión a media tensión.

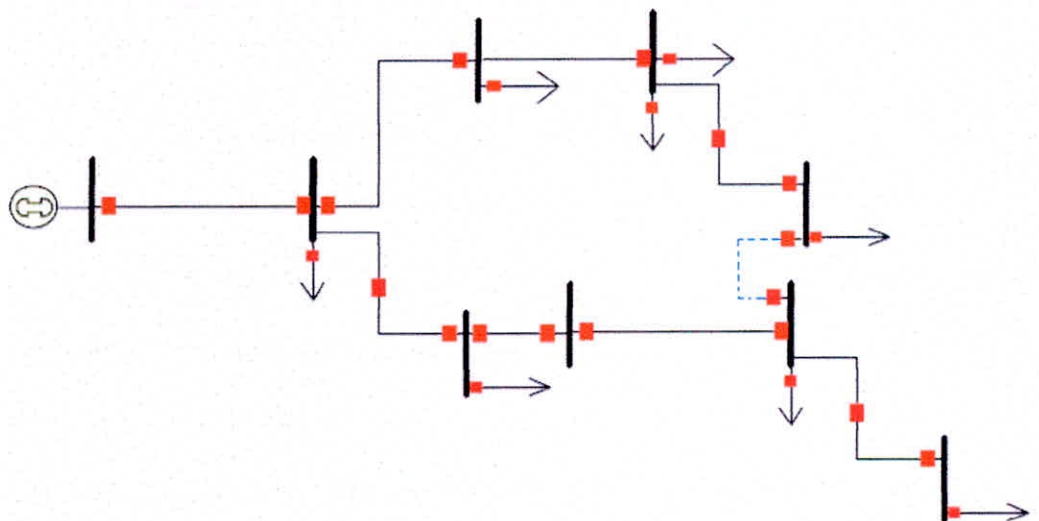


Figura II- 3 Topología radial del sistema de distribución

Fuente: <http://apuntescientificos.org/redes.html>

2.4.2.2. Múltiples conexiones

En estos sistemas se puede encontrar muchos tipos de conexiones trifásica, bifásica o monofásica. Si bien es cierto en MT, predominan las redes trifásicas es frecuente encontrar cargas bifásicas, especialmente en zonas rurales, sin embargo, es en baja tensión donde se encuentran las más variables conexiones, consecuencia de una mayoría de cargas residenciales de naturaleza monofásica. Los desequilibrios que se generan en baja tensión tratan de amortiguarse repartiendo equitativamente las cargas en las tres fases.



Figura II- 4 Tipo de conexiones

Fuente: <http://www.nichese.com/trans-conex.html>

2.4.2.3. Cargas de distinta naturaleza

Otro aspecto que llama la atención en distribución es la presencia de cargas de distinta naturaleza. En efecto, los tipos de carga que comúnmente se encuentran son: residenciales, comerciales, industrias. Cada una de estas se caracteriza por poseer un factor de potencia típico y un determinado comportamiento frente a las variaciones de tensión y temperatura.

2.4.2.4.Líneas de resistencia comparables a la reactancia

Contrariamente a lo que sucede en sistema de transmisión en distribución la resistencia de las líneas es comparable a su reactancia, generalmente la razón X/R tiene un amplio rango de variación, pudiendo llegar a ser bastante menor a uno.

2.4.2.5.Líneas sin transposición

En distribución no existen transposiciones, la causa es que aquí las líneas son cortas, esto motiva que las caídas de tensión debido a los acoplamientos entre las fases sean desequilibradas (Marcelo, 1989)

2.5.Principales Componentes Para Flujo De Carga

En una red se tiene dos tipos de dispositivos:

- Componentes activos: maquinas rotativas, como generadores y motores.
- Componentes pasivos: también conocidos como elementos estáticos, entre los que se tienen transformadores, líneas, capacitores, etc.

2.5.1. Generadores y compensadores síncronos

Los generadores y compensadores síncronos se representa como una fuente que entrega potencia activa-reactiva y reactiva respectivamente en bordes de la máquina. En los flujos de carga de las cuatro variables $|V_G|, \delta_G, P_G$ y Q_G que describen a la barra, se definen dos variables los cuales usualmente son $|V_G|$ y P_G

$|V_G|$: *Tension en bornes*

δ_G *Anglo de fase*

P_G : *Potencia activa generada*

Q_G : *Potencia reactiva generada*

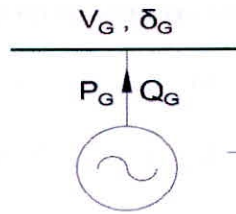


Figura II- 5 Generadores y compensadores síncronos

2.5.2. Líneas de transporte

La representación π en valores unitarios de las líneas de transmisión es normalmente usada en los flujos de carga.

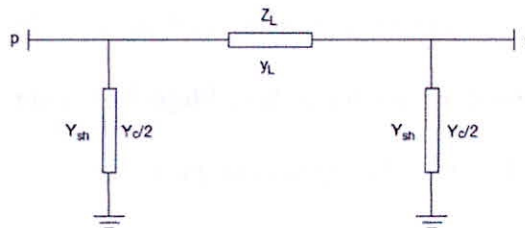


Figura II- 6 Equivalente pi de una línea de transmisión

2.5.3. Transformadores

Todos los transformadores pueden representarse por una impedancia equivalente en serie con un transformador ideal.

Este circuito equivalente de los transformadores para los estudios de flujo de carga, debe ser transformado a un circuito π equivalente con la finalidad de tratar a estos como si se tratara de una línea de transmisión.

La tensión y corriente de envío en función de los valores del lado receptor:

$$\begin{bmatrix} V_p \\ I_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z_T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_p \\ I_p \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} E_p \\ I_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & 1/a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_p \\ I_p \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} V_p \\ I_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & Z_T/a \\ 0 & 1/a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_q \\ I_q \end{bmatrix} \quad (3)$$

D

onde a es real

a: complejo transformador fase-cuadratura

a: Real transformador con taps fuera de la nominal

a: 1 transformador sin taps

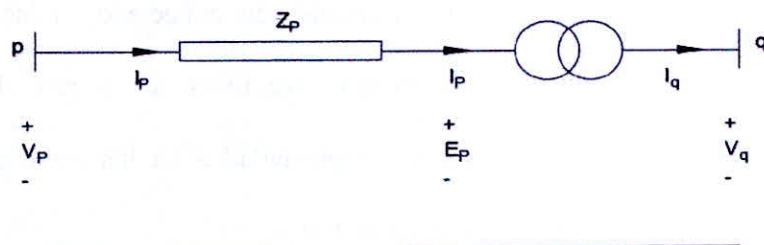


Figura II- 7 Circuito equivalente de un transformador real

Los parámetros de la red equivalente de cuatro terminales

$$A = a \quad (4)$$

$$C = 0 \quad (5)$$

$$D = 1 / a \quad (6)$$

$$Z_{pq} = B = Z_{pq} = Z_T / a \quad (7)$$

$$Y_{pq} = Y_T a \quad (8)$$

$$Y_p = \frac{D - 1}{B} = \frac{\frac{1}{a} - 1}{\frac{Z_T}{a}} = [1 - a] Y_T \quad (9)$$

$$Y_q = \frac{A - 1}{B} = \frac{a - 1}{\frac{Z_T}{a}} = [a^2 - a] Y_T \quad (10)$$

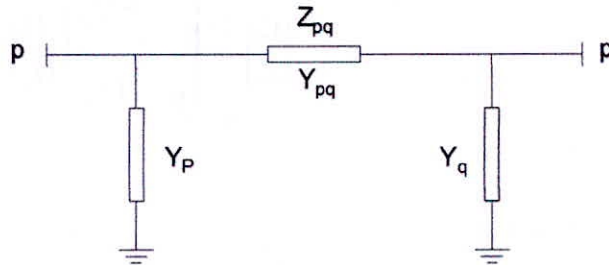


Figura II- 8 Circuito pi del transformador real

2.5.4. Reactores y capacitores

Estos elementos shunts son conectados a las barras donde se requiera absorber o entregar reactivos a la red. Estos elementos estáticos, normalmente son representados en los estudios de flujo de carga como impedancia shunt en p.u.

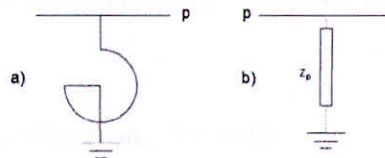


Figura II- 9 Reactor conectado a la barra, b- reactor en p.u

2.5.5. Cargas

Las cargas son representadas como potencia aparente constante en la barra donde estas son consideradas.

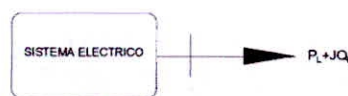


Figura II- 10 Cargas conectadas a la red

2.6. Métodos de solución para el problema de flujos de potencia en sistemas de distribución

2.6.1. Consideraciones Generales

El problema de flujo de carga, consiste del cálculo de las magnitudes de voltaje y sus ángulos de fase en los buses de un sistema, así como los flujos de potencia activa y reactiva en las líneas. Asociadas con cada barra (bus) de la red, hay cuatro cantidades que son:

- La Magnitud de Voltaje (V).
- El ángulo de Fase del Voltaje (θ).
- La Potencia Real (P).
- La Potencia Reactiva (Q).

Dos pueden especificarse, y los otros dos calculados.

Para la mayoría de barras, se especifican P y Q, y se calculan V y θ . Obviamente, P y Q no puede especificarse en todas las barras porque eso implicaría que las pérdidas del sistema son conocidas a priori. (Ventosilla , 1982)

2.6.2. Tipos de barras (bus)

Todas las barras de un sistema eléctrico de potencia se clasifican por lo general en tres categorías, que son: Barras de generación, Barras de carga y Barra compensador o slack, y dos de las cuatro cantidades que se mencionaron antes, se especificarán en cada una de estas barras.

2.6.2.1. Barras de generación

También conocido como barra de voltaje controlado o barra P - V, es una barra donde se especifican la magnitud del voltaje V, y la potencia activa P.

2.6.2.2. Barras de carga

Conocido también como barra P - Q debido a que en este se especifican la potencia activa (P) y reactiva (Q)

2.6.2.3. Barra compensador o slack o swing

También se le conoce como barra de referencia, y es donde se especifican la magnitud de voltaje V y el ángulo de fase.

Esta barra se selecciona para suministrar las potencias activa y reactiva adicionales, demandadas por las pérdidas en el sistema de transmisión, por lo que los valores de P y Q en la barra slack se conocen, hasta que se ha obtenido la solución final. Si no se especifica una barra compensadora, entonces se toma una barra de generación con un valor alto de potencia activa (P), como compensador. Para un sistema dado puede haber más de una barra compensadora.

Por consiguiente, el problema del flujo de potencia debe incluir una "barra de balance" (barra swing) en el que P puede asumir cualquier valor de manera que él "hace a" las pérdidas del sistema.

La barra swing normalmente es un gran generador céntricamente localizado cuya magnitud de voltaje y ángulo de la fase (usualmente = 0°) se especifican.

Aunque puede especificarse cualquiera de dos de los cuatro parámetros, la manera usual en que las barras del sistema de potencia se clasifican se ven en la tabla adjunta. (Tecsup, 2015)

Cuadro II-2 Tipos de barra en un sistema eléctrico

CLASIFICACION	CONOCIDOS	INCOGNITAS
PQ (barra de carga)	P, Q	V, δ
PV (barra generador)	P, V	Q, δ
V δ (barra SWING)	V, δ	P, Q

Fuente: Tecsup, 2015

2.7. Modelo Matemático para el Estudio de Flujos (Ventosilla , 1982)

2.7.1. Formación de matrices

Las ecuaciones matriciales básicas de las redes eléctricas son:

$$[V] = [Z][I] \quad (11)$$

$$[I] = [Y][V] \quad (12)$$

$$[S] = [V][I]^* \quad (13)$$

Se observa que las ecuaciones contiene la matriz $[Z]$ o $[Y]$, que corresponde a la red pasiva.

2.7.2. Matriz de admitancia

Existen diversos métodos para la construcción de la matriz, la formación de la matriz se realizará mediante la aplicación directa de la ley de corrientes de kirchoff “la corriente de inyección al nodo p es igual a la suma de corrientes saliendo del nodo p”, este método es denominado método de nodal.

Para la demostración del procedimiento seguido en la formación de la matriz $[Y]$ no se consideran las admitancias shunt de las líneas. La corriente noval I_p es la corriente total de inyección que entra a la red e el nodo p , esta corriente puede ser una sentar de corriente entregada por una planta de generación o el consumo de una carga en determinada subestación.

S_p = Potencia Aparente de inyeccion a la barra p .

I_p = Corriente de inyeccion a la barra p .

I_{pq} = Corriente de la barra p a la barra q .

Z_{pq} = Impedancia serie de la linea $p - q$

V_p = Tension de la barra p .

Todos los valores son complejos y unitarios.

$$I_p = I_{p1} + I_{p2} + \dots + I_{pq} + \dots + I_{pn} \quad (14)$$

$$I_p = \frac{V_p - V_1}{Z_{p1}} + \frac{V_p - V_2}{Z_{p2}} + \dots + \frac{V_p - V_q}{Z_{pq}} + \dots + \frac{V_p - V_n}{Z_{pn}} \quad (15)$$

$$I_p = -\frac{V_1}{Z_{p1}} - \frac{V_2}{Z_{p2}} - \dots - \frac{V_q}{Z_{pq}} - \dots - \frac{V_n}{Z_{pn}} + \left(\frac{1}{Z_{p1}} + \frac{1}{Z_{p2}} + \dots + \frac{1}{Z_{pq}} + \dots + \frac{1}{Z_{pn}} \right) V_p \quad (16)$$

En el método nodal es conveniente usar las admitancias en vez de impedancias.

$$I_p = -Y_{p1}V_1 - Y_{p2}V_2 - \dots - Y_{pq}V_q - \dots + (Y_{p1} + Y_{p2} + \dots + Y_{pq} + \dots + Y_{pn})V_p \quad (17)$$

$$I_p = -Y_{p1}V_1 - Y_{p2}V_2 - \dots + \sum_{q=1}^n Y_{pq}V_q - \dots - Y_{pn}V_n \quad (18)$$

Expresando en términos de elementos de la matriz:

$$I_p = Y_{p1}V_1 + Y_{p2}V_2 + \dots + Y_{pp}V_p + \dots + Y_{pn}V_n \quad (19)$$

En forma general:

$$I_p = Y_{p1}V_1 + Y_{p2}V_2 + \dots + Y_{pp}V_p + \dots + Y_{pn}V_n \quad (20)$$

$$\frac{P_p - jQ_p}{V_p^*} = Y_{p1}V_1 + Y_{p2}V_2 + \dots + Y_{pp}V_p + \dots + Y_{pn}V_n \quad (21)$$

Para $p = 1, 2, 3, \dots, n$

En forma matricial

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_p \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1p} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2p} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ Y_{p1} & Y_{p2} & \dots & Y_{pp} & \dots & Y_{pn} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{np} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_p \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (22)$$

En forma compacta:

$$[I] = [Y][V] \quad (23)$$

$[I]$ = Vector de corriente de inyección.

$[V]$ = Vector de tensión de barra.

$[Y]$ = Matriz de admitancia de barras.

La matriz de admitancia de barra $[Y]$ tiene las siguientes propiedades:

- Es cuando es cuadrado $n \times n$.
- Es simétrica, puesto que $Y_{pq} = Y_{qp}$.
- Es compleja.

- El elemento fuera de la diagonal Y_{pq} es el negativo de la admitancia entre las barras p y q. en ausencia de transformadores fase cuadratura

$$Y_{pq} = Y_{qp} \quad p \neq q \quad (24)$$

$$Y_{pq} = -Y_{qp} \quad (25)$$

- El elemento de la diagonal Y_{pp} es la sumatoria de todas las admitancias conectadas al nodo p.

$$Y_{pp} = \sum_{q=1}^n Y_{pq} \quad (26)$$

2.7.3. Estudio de un sistema radial de dos barras.

Para una mejor comprensión de la problemática del flujo de carga, se analizará un sistema radial de dos barras.

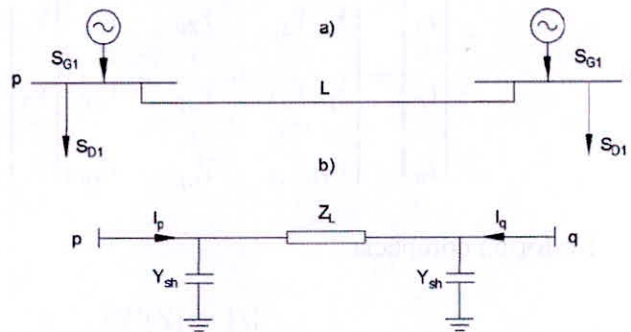


Figura II- 11 a) sistema de dos barras. b) representación pi de la línea entre barra p-q

$$S_{G1} = P_{G1} + jQ_{G1} \quad (27)$$

$$S_{G2} = P_{G2} + jQ_{G2} \quad (28)$$

$$S_{D1} = P_{D1} + jQ_{D1} \quad (29)$$

$$S_{D2} = P_{D2} + jQ_{D2} \quad (30)$$

$$S_p = P_{G1} - P_{D1} + j(Q_{G1} - Q_{D1}) \quad (31)$$

$$S_q = P_{G2} - P_{D2} + j(Q_{G2} - Q_{D2}) \quad (32)$$

$$V_p = |V_p| \angle \delta_1 \quad (33)$$

$$V_q = |V_q| \angle \delta_2 \quad (34)$$

$$Z_L = |Z_L| \angle \theta \quad (35)$$

$$Y_{sh} = |Y_{sh}| \angle 90^\circ \quad (36)$$

Aplicando las ecuaciones generales de flujo de carga a las dos barras, se tendrá:

En la barra "p"

$$I_p = \left(\frac{1}{Z_L} + Y_{sh} \right) V_p + \left(-\frac{1}{Z_L} \right) V_q \quad (37)$$

$$I_p = \frac{S_p^*}{V_p^*} \quad (38)$$

$$S_p^* = |V_p|^2 \left(\frac{1}{Z_L} + Y_{sh} \right) - \frac{V_p^* V_q}{Z_L} \quad (39)$$

En la barra "q"

$$I_q = \left(\frac{1}{Z_L} + Y_{sh} \right) V_q - \left(\frac{1}{Z_L} \right) V_p \quad (40)$$

$$I_q = \frac{S_q^*}{V_q^*} \quad (41)$$

$$S_q^* = |V_q|^2 \left(\frac{1}{Z_L} + Y_{sh} \right) - \frac{V_q^* V_p}{Z_L} \quad (42)$$

Desarrollando la ecuación compleja, 39 para la barra p.

$$S_p^* = |V_q|^2 \left(\frac{1}{|Z_L| \angle \theta} + |Y_{sh}| \angle 90^\circ \right) - \frac{|V_p| \angle -\delta_p |V_q| \angle \delta_q}{|Z_L| \angle \theta} \quad (43)$$

$$S_p^* = |V_q|^2 \left(\frac{1}{|Z_L|} - \theta + |Y_{sh}| \angle 90^\circ \right) - \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} [-\delta_p + \delta_q - \theta] \quad (44)$$

$$P_p - jQ_p = |V_q|^2 \left(j|Y_{sh}| + \frac{1}{|Z_L|} (\cos \theta - j \sin \theta) \right) \quad (45)$$

$$- \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} (\cos -\delta_p + \delta_q - \theta) + j \sin -\delta_p + \delta_q - \theta$$

$$P_p = P_{G1} - P_{D1} = \frac{|V_p|^2}{|Z_L|} \cos \theta - \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} \cos((\delta_p - \delta_q) + \theta) \quad (46)$$

$$Q_p = Q_{G1} - Q_{D1} = \frac{|V_p|^2}{|Z_L|} \sin \theta - |V_p|^2 |Y_{sh}| \quad (47)$$

$$- \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} \sin((\delta_p - \delta_q) + \theta)$$

$$\text{Sean: } \theta = \pi/2 \quad (48)$$

$$\cos(\theta + (\delta_p - \delta_q)) = \sin(\alpha - (\delta_p - \delta_q)) \quad (49)$$

$$\sin(\theta + (\delta_p - \delta_q)) = \cos(\alpha - (\delta_p - \delta_q)) \quad (50)$$

$$\sin(\theta) = \cos(\alpha) \quad (51)$$

$$\cos(\theta) = \sin(\alpha) \quad (52)$$

Reemplazando las identidades en las ecuaciones 46 y 47

$$P_{G1} - P_{D1} - \frac{|V_p|^2}{|Z_L|} \sin \alpha + \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} \sin(\alpha - (\delta_p - \delta_q)) = 0 \quad (53)$$

$$Q_{G1} - Q_{D1} - \frac{|V_p|^2}{|Z_L|} \cos \alpha + \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} \cos(\alpha - (\delta_p - \delta_q)) + |V_p|^2 |Y_{sh}| = 0 \quad (54)$$

Similarmente desarrollando la ecuación 42, para la barra q

$$P_{G2} - P_{D2} - \frac{|V_q|^2}{|Z_L|} \sin \alpha + \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} \sin(\alpha + (\delta_p - \delta_q)) = 0 \quad (55)$$

$$Q_{G2} - Q_{D2} - \frac{|V_q|^2}{|Z_L|} \cos \alpha + \frac{|V_p||V_q|}{|Z_L|} \cos(\alpha + (\delta_p - \delta_q)) + |V_p|^2 |Y_{sh}| = 0 \quad (56)$$

Sumando las ecuaciones 53 con 55, se obtiene el balance total de potencia activa.

$$\underbrace{P_{G1} + P_{G2}}_{\text{Generación}} = \underbrace{P_{D1} + P_{D2}}_{\text{Carga}} + \underbrace{\frac{\sin \alpha}{|Z_L|} (|V_p|^2 + |V_q|^2 - 2 |V_p||V_q| \cos(\delta_p - \delta_q))}_{\text{Pérdida activa en la línea}} \quad (57)$$

Sumando las ecuaciones 54 con 56 se obtienen el balance total de la potencia reactiva

$$\underbrace{Q_{G1} + Q_{G2}}_{\text{Generación}} = \underbrace{Q_{D1} + Q_{D2}}_{\text{Carga}} + \underbrace{\frac{\cos \alpha}{|Z_L|} (|V_p|^2 + |V_q|^2 - 2 |V_p||V_q| \cos(\delta_p - \delta_q))}_{\text{Pérdida reactiva en la línea}} - \underbrace{(|V_p|^2 + |V_q|^2) |Y_{sh}|}_{\text{Aporte de las líneas}} \quad (58)$$

De las ecuaciones se observa que:

- Las ecuaciones son algebraicas, no diferenciales. Por representar a un sistema estático o un sistema operando en estado estacionario por haber supuesto la frecuencia constante. En la práctica los sistemas aceptan variaciones de su frecuencia nominal.
- Las ecuaciones algebraicas de la res no son lineales, por lo que su solución se efectúa mediante métodos iterativos.
- En el balance de potencia activa se verifica que la generación activa total es igual a la carga activa total más las perdidas activas en la línea.
- En el balance de potencia reactiva se verifica que la generación reactiva total más el aporte de las líneas es igual a la carga reactiva total más las perdidas reactivas de la línea.

- Las pérdidas son funciones del voltaje:

$$\Delta P = \Delta P(|V_p|, |V_q|, \delta_p, \delta_q) \quad (59)$$

$$\Delta Q = \Delta Q(|V_p|, |V_q|, \delta_p, \delta_q)$$

- En las ecuaciones los ángulos de las tensiones aparecen en las ecuaciones como una diferencia, lo cual permite considerar uno de ellos como referencia.
- Las ecuaciones son relaciones entre tensión y potencias.

2.7.4. Clasificación de las variables

- **Las variables no controlables o de disturbio:**

Las demandas de potencia, tanto activas como reactivas, dependen del usuario y por lo tanto son incontrolables. A estas variables se le definen mediante el vector de disturbio (p).

$$[P] = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{D1} \\ Q_{D1} \\ P_{D2} \\ Q_{D2} \end{bmatrix} \quad (60)$$

- **Variables de estado**

Son aquellas que definen la condición de operación del sistema en cualquier instante y mediante los cuales es posible determinar cualquier situación futura.

$$[x] = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_p \\ |V_q| \\ \delta_q \\ |V_p| \end{bmatrix} \quad (61)$$

- **Variables de control**

$$[p] = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_{2n-1} \\ p_{2n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{D1} \\ Q_{D1} \\ \vdots \\ P_{Dn} \\ Q_{Dn} \end{bmatrix}$$

En forma compacta:

$$f_p(\vec{x}, \vec{\mu}, \vec{x}) = \vec{0} \quad (67)$$

$$p: 1, 2, \dots, n, n + 1, \dots, 2n$$

Para hallar la solución de un sistema de “n” nodos, se supondrá que se tiene “k” nodos de generación y “n-k” nodos de carga.

K: Potencias activas de generación. Para las n-k nodos de carga, dichas potencias son nulas.

K: Potencias reactivas de generación. Para las n-k nodos de carga, dichas potencias son nulas.

n: Módulos de voltaje de las barras.

n: Módulos de voltaje de las barras.

Total: $\overline{2(n+k)}$ de incógnitas.

Como se tiene 2n ecuaciones, es necesario especificar 2k variable y determinar 2n variables.

Se especifican

1: Angulo de voltaje de la barra de referencia $\delta_1 = 0$. Barra tipo $|V| - \delta$

1: módulo de voltaje $|V|$ de la barra de referencia. Barra tipo $|V| - \delta$

k-1: módulo de voltaje $|V|$ de las barras de generación. Barra tipo $P - |V|$

K-1: potencia activa de generación barra tipo $P - |V|$

Total: $2k$ variable específicas.

Se determinan:

1: potencia activa de la barra de referencia

1: potencia reactiva de la barra de referencia

$n-k$: módulo de voltaje $|V|$ de las barras de referencia

$n-1$: Angulo de voltaje de las barras de generación más barras de carga.

$k-1$: potencias reactivas de generación de las barras $P - |V|$

Total: $2n$ incógnitas por determinar

2.8.Método iterativo en la solución de las ecuaciones de flujo

En sus inicios las redes eléctricas funcionaron como unidades separadas, es decir generación que alimentaba directamente a una carga. La aparición de otros puntos se carga dio lugar a la interconexión y enmallamiento de las redes, dando lugar a una complejidad en el manejo de la información.

Por muchos años los ingenieros de sistema de potencia utilizaron el analizador de redes para efectuar el estudio de flujo de carga, mediante el cual se podía representar al sistema eléctrico en forma monofásica y a pequeña escala, sin embargo, el ajuste de la red imagen y la lectura de datos requería mucho tiempo. Con el advenimiento de la computadora digital las ecuaciones de flujo empezaron a ser resueltas mediante rutinas técnicas. En los últimos veinte años se han efectuado grandes esfuerzos en el desarrollar métodos de solución eficiente y que a la vez disminuyan el tiempo de proceso y costo de cálculo.

En la ecuación 21 es la formulación matemática para un sistema de n barras, las variables son tensiones de nodos complejos y la potencia neta de inyección, estas dos variables se encuentran relacionadas mediante la matriz de admitancia. Como

se observa las ecuaciones de flujo para sistemas de más de dos barras, resulta casi imposible de efectuarlo mediante calculadoras manuales, por esta razón el uso de la computadora digital resulta impensable en la actualidad.

La ecuación 21 y las restricciones señaladas en anteriormente definen matemáticamente y completamente el problema de flujo de carga. El conjunto de las ecuaciones son no lineales, por lo que su solución se efectúa normalmente mediante procesos iterativos.

Existente varios métodos de iterativos, pero en este caso solo detallaremos en método iterativo de newton.

2.8.1. Método iterativo de Newton

Este método se empezó a utilizarse en la solución de las ecuaciones de flujo de carga en el año 1959. Las ecuaciones no lineales de flujo son transformadas en un conjunto de ecuaciones lineales, las cuales nos permiten alcanzar la solución del problema original. Este método se basa en la expansión en serie de Taylor de las ecuaciones no lineales.

Se tiene un conjunto de n ecuaciones de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 F_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= C_1 \\
 F_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= C_2 \\
 &\vdots \quad \quad \quad \vdots \\
 F_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= C_n
 \end{aligned}
 \tag{68}$$

Estimamos un vector solución inicial:

$$x_1^\circ, x_2^\circ, \dots, x_n^\circ$$

Estimamos un vector de incremento inicial:

$$\Delta x_1^\circ, \Delta x_2^\circ, \dots, \Delta x_n^\circ$$

Por lo tanto la ecuación primitiva será:

$$F_p(x_1^\circ + \Delta x_1^\circ, x_2^\circ + \Delta x_2^\circ, \dots, x_n^\circ + \Delta x_n^\circ) = C_p \quad (69)$$

$$p = 1, 2, 3, \dots, n$$

Expandiéndose estas “n” ecuaciones por la aplicación directa del teorema de Taylor, tenemos

$$F_p(x_1^\circ + \Delta x_1^\circ, x_2^\circ + \Delta x_2^\circ, \dots, x_n^\circ + \Delta x_n^\circ) = F_p(x_1^\circ, x_2^\circ, \dots, x_n^\circ) \quad (70)$$

$$\Delta x_1^\circ \left. \frac{\partial F_p}{\partial x_1} \right|_0 + \Delta x_2^\circ \left. \frac{\partial F_p}{\partial x_2} \right|_0 + \dots + \Delta x_n^\circ \left. \frac{\partial F_p}{\partial x_n} \right|_0 + \Phi_p = C_p \quad (71)$$

$$p = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde Φ es una función que considera las derivadas de orden superior de la función p.

Despreciando las derivadas de orden superior, las ecuaciones en forma matricial serán:

$$[F^\circ] + [J^\circ][\Delta X^\circ] = [C] \quad (72)$$

$$[F^\circ] = \begin{bmatrix} F_1(x_1^\circ, x_2^\circ, \dots, x_n^\circ) \\ \vdots \\ F_n(x_1^\circ, x_2^\circ, \dots, x_n^\circ) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1\left(\begin{matrix} \rightarrow \\ x_1^\circ \end{matrix}\right) \\ \vdots \\ F_n\left(\begin{matrix} \rightarrow \\ x_n^\circ \end{matrix}\right) \end{bmatrix} \quad (73)$$

$$[J^\circ] = \begin{bmatrix} \left. \frac{\partial F_1}{\partial x_1} \right|_0 & \dots & \left. \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \right|_0 \\ \vdots & & \vdots \\ \left. \frac{\partial F_n}{\partial x_1} \right|_0 & \dots & \left. \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \right|_0 \end{bmatrix} \quad (74)$$

$$[\Delta x^{\circ}] \begin{bmatrix} \Delta x_1^{\circ} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta x_n^{\circ} \end{bmatrix} \quad (75)$$

$$[C] \begin{bmatrix} C_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} \quad (76)$$

De la ecuación 72

$$[\Delta X^{\circ}] = -[J^{\circ}]^{-1}\{[F^{\circ}] - [C]\} \quad (77)$$

$$[\Delta X^{\circ}] = -[J^{\circ}]^{-1}[\Delta F^{\circ}] \quad (78)$$

Generalizando para cualquier iteración tendremos:

$$[\Delta X^k] = -[J^k]^{-1}[\Delta F^k] \quad (79)$$

El algoritmo para la revaluación de las variables es:

$$x_p^{k+1} = x_p^k + \Delta x_p^k \quad (80)$$

2.8.2. Ilustraciones grafica de la convergencia

En las figuras que siguen se muestra la secuencia seguida en la determinación de la raíz que satisfaga la función $F(x)=0$

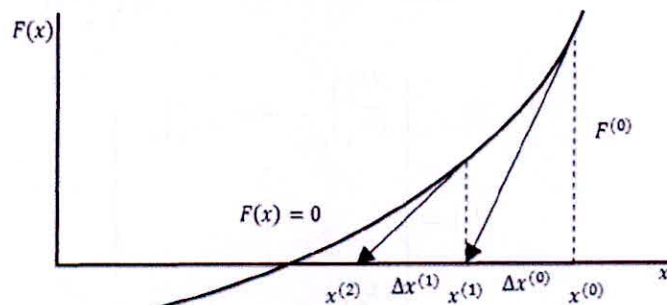


Figura II- 12 Forma de aproximación a la raíz

En $x^{(0)} \rightarrow$ la función $F(x^{(0)}) = \Delta F^{(0)}$

$$\rightarrow \text{la tangente } F'(x^{(0)}) = -\frac{\Delta F^{(0)}}{\Delta x^{(0)}}$$

En la figura II-12 se observa que de acuerdo a la forma de la función $F(x)$ y del valor inicial supuesto, la aproximación sucesiva a la raíz deseada tiene diferentes formas, así mismo dependiendo del valor inicial se determinan diferentes raíces. Figura II-13 o en todo caso ninguna raíz figura II-15

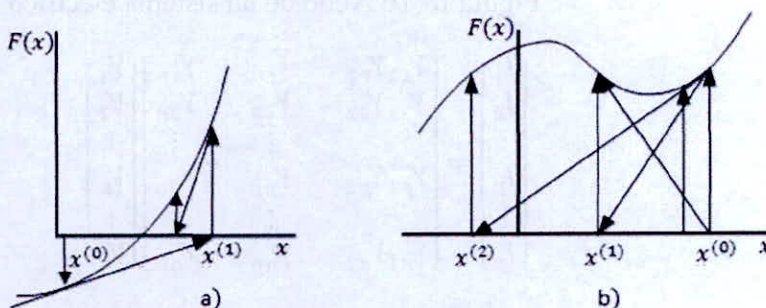


Figura II- 13 Convergencia oscilante

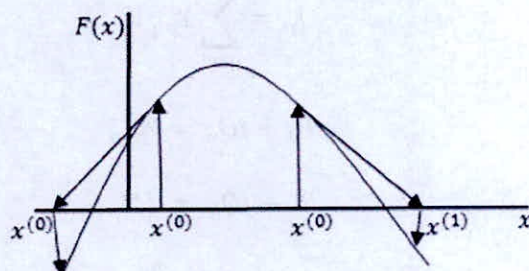


Figura II- 14 Raíces diferentes de acuerdo a x^0

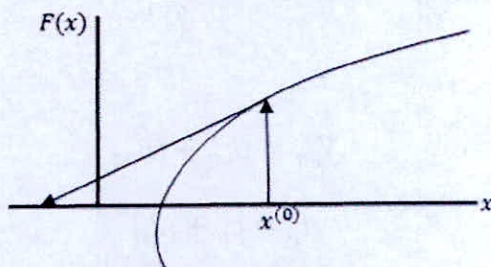


Figura II- 15 No hay solución

2.8.3. Método de Newton-Rapson cartesiano con barras tipo P-Q usando matriz de admitancia de barra

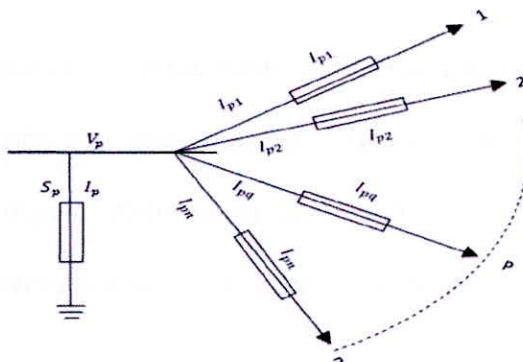


Figura II- 16 Nodo de un sistema eléctrico

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_p \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1p} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2p} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{p1} & Y_{p2} & \dots & Y_{pp} & \dots & Y_{pn} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{np} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_p \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (81)$$

Las ecuaciones de flujo para la barra "p"

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \quad (82)$$

$$P_p + jQ_p = V_p I_p^* \quad (83)$$

$$P_p - jQ_p = V_p^* I_p \quad (84)$$

$$P_p - jQ_p = V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \quad (85)$$

Sea:

$$Y_{pq} = G_{pq} + jB_{pq} \quad (86)$$

$$I_p = c_p + jd_p \quad (87)$$

$$V_p = e_p + jf_p \quad (88)$$

La ecuación 85 se transforma en:

$$P_p - jQ_p = (e_p - jf_p) \sum_{q=1}^n (G_{pq} + jB_{pq})(e_p + jf_p) \quad (89)$$

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n (e_p - jf_p)(G_{pq} + jB_{pq})(e_p + jf_p) \quad (90)$$

De donde:

$$P_p = e_p(G_{pp}e_p - B_{pp}f_p) + f_p(B_{pp}e_p + G_{pp}f_p) + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n (e_p(G_{pq}e_p - B_{pq}f_p) + f_p(B_{pq}e_p + G_{pq}f_p)) \quad (91)$$

$$Q_p = f_p(G_{pp}e_p - B_{pp}f_p) - e_p(B_{pp}e_p + G_{pp}f_p) + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n (f_p(G_{pq}e_q - B_{pq}f_p) - e_p(B_{pq}e_q + G_{pq}f_p)) \quad (92)$$

Además

$$I_p = C_p + jd_p = \sum_{q=1}^n (Y_{pq}V_p) = \sum_{q=1}^n (G_{pq} + jB_{pq})(e_p + jf_p) \quad (93)$$

De donde

$$C_p = e_p G_{pp} - B_{pp} f_p + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n (G_{pq} e_q - B_{pq} f_p) \quad (94)$$

$$d_p = e_p B_{pp} + B_{pp} f_p + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n (B_{pq} e_q + G_{pq} f_p) \quad (95)$$

Las ecuaciones de potencia 91 Y 92 pueden representarse en función de las tensiones en la forma:

$$P_p = P_p(e_1, e_2, \dots, e_n, f_1, f_2, \dots, f_n) \quad (96)$$

$$Q_p = Q_p(e_1, e_2, \dots, e_n, f_1, f_2, \dots, f_n) \quad (97)$$

$$p = 1, 2, 3, \dots, n$$

Estimando un vector solución de estado inicial $V_1^\circ, V_2^\circ, \dots, V_n^\circ$ para las ecuaciones 96

Y 97 y aplicando el teorema de Taylor a ambas ecuaciones, tendremos:

$$P_p = P_p(e_1^\circ, e_2^\circ, \dots, e_n^\circ, f_1^\circ, f_2^\circ, \dots, f_n^\circ) \quad (98)$$

$$P_p = \left. \frac{\partial P_p}{\partial e_1} \right|^{(0)} \Delta e_1^{(\circ)} + \left. \frac{\partial P_p}{\partial e_2} \right|^{(0)} \Delta e_2^{(\circ)} + \dots + \left. \frac{\partial P_p}{\partial e_n} \right|^{(0)} \Delta e_n^{(\circ)} + \left. \frac{\partial P_p}{\partial f_1} \right|^{(0)} \Delta f_1^{(\circ)} \\ + \left. \frac{\partial P_p}{\partial f_2} \right|^{(0)} \Delta f_2^{(\circ)} + \dots + \left. \frac{\partial P_p}{\partial f_n} \right|^{(0)} \Delta f_n^{(\circ)} \quad (99)$$

$$p = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$Q_p = Q_p(e_1^\circ, e_2^\circ, \dots, e_n^\circ, f_1^\circ, f_2^\circ, \dots, f_n^\circ) \quad (100)$$

$$Q_p = \left. \frac{\partial Q_p}{\partial e_1} \right|^{(0)} \Delta e_1^{(\circ)} + \left. \frac{\partial Q_p}{\partial e_2} \right|^{(0)} \Delta e_2^{(\circ)} + \dots + \left. \frac{\partial Q_p}{\partial e_n} \right|^{(0)} \Delta e_n^{(\circ)} \\ + \left. \frac{\partial Q_p}{\partial f_1} \right|^{(0)} \Delta f_1^{(\circ)} + \left. \frac{\partial Q_p}{\partial f_2} \right|^{(0)} \Delta f_2^{(\circ)} + \dots + \left. \frac{\partial Q_p}{\partial f_n} \right|^{(0)} \Delta f_n^{(\circ)} \quad (101)$$

$$p = 1, 2, 3, \dots, n$$

Haciendo

$$\Delta P_p^{(\circ)} = P_p - P_p^{(\circ)}(e_1^{(\circ)}, e_2^{(\circ)}, \dots, e_n^{(\circ)}, f_1^{(\circ)}, f_2^{(\circ)}, \dots, f_n^{(\circ)}) \quad (102)$$

$$\Delta Q_p^{(\circ)} = Q_p - Q_p^{(\circ)}(e_1^{(\circ)}, e_2^{(\circ)}, \dots, e_n^{(\circ)}, f_1^{(\circ)}, f_2^{(\circ)}, \dots, f_n^{(\circ)}) \quad (103)$$

$$p = 1, 2, 3, \dots, n$$

Para la solución de las ecuaciones de flujo se obtiene la diferencia de potencia en una barra, como el caso de los métodos de gauss, se define a la barra "n", como barra swing, al cual se le asigna una tensión y ángulo

$V_s = |V_s| \angle \delta_s$, por lo tanto a esta barra no se considera en las soluciones iterativas.

Finalmente las ecuaciones 99 y 101 se representan matricialmente.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \vdots \\ \Delta P_{n-1} \\ \vdots \\ \Delta Q_1 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial e_1} & \frac{\partial P_1}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial f_1} & \frac{\partial P_1}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_1} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_1} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial Q_1}{\partial e_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial f_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial e_1} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial f_1} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial f_{n-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e_1 \\ \vdots \\ \Delta e_{n-1} \\ \vdots \\ \Delta f_1 \\ \vdots \\ \Delta f_{n-1} \end{bmatrix} \quad (104)$$

En forma compacta.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta f \end{bmatrix} \quad (105)$$

Determinación del Jacobiano

Los elementos del jacobiano se determinan de las ecuaciones de potencia 96 y 97

➤ Formación de la submatriz H

$$\frac{\partial P_p}{\partial e_q} = H_{pq} = e_p G_{pq} + f_p B_{pq} \quad p \neq q \quad (106)$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial e_p} = H_{pp} = e_p G_{pp} + f_p B_{pp} + c_p \quad (107)$$

➤ Formación de la submatriz N

$$\frac{\partial P_p}{\partial f_q} = N_{pq} = -e_p B_{pq} + f_p G_{pq} \quad p \neq q \quad (108)$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial f_q} = N_{pq} = -e_p B_{pp} + f_p G_{pp} + d_p \quad (109)$$

➤ **Formación de la submatriz J**

$$\frac{\partial Q_p}{\partial e_q} = J_{pq} = f_p G_{pq} + e_p B_{pq} \quad p \neq q \quad (110)$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial e_q} = J_{pq} = f_p G_{pp} + e_p B_{pp} + d_p \quad (111)$$

➤ **Formación de la submatriz L**

$$\frac{\partial Q_p}{\partial f_q} = L_{pq} = -f_p B_{pq} - e_p G_{pq} \quad p \neq q \quad (112)$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial f_p} = L_{pq} = -e_p G_{pp} - f_p B_{pp} + c_p \quad (113)$$

La solución de la ecuación 104 para Δe y Δf se obtiene directamente de

$$\begin{bmatrix} \Delta e^k \\ \Delta f^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P^k \\ \Delta Q^k \end{bmatrix} \quad (114)$$

Con estos valores se recalcula

$$e^{k+1} = e_p^k + \Delta e_p^k \quad (115)$$

$$f^{k+1} = f_p^k + \Delta f_p^k \quad (116)$$

$$p = 1, 2, \dots, n - 1$$

Usando estos valores se determinan $P_{p(calc)}^k$ y $Q_{p(calc)}^k$ de las ecuaciones 96 y 97 respectivamente. Estos valores de potencias calculados se comparan con los valores especificados.

$$\Delta P_p^{k+1} = P_{p(esp)} - P_p^{k+1} \quad (117)$$

$$\Delta Q_p^{k+1} = Q_{p(esp)} - Q_p^{k+1} \quad (118)$$

Si el modulo del mayor valor de estas diferencias es menor a la tolerancia especificada se detiene el proceso iterativo, caso contrario se continua con la iteración.

2.8.4. Método de Newton Rapon cartesiano con barras de tipo P.V usando la matriz de admitancia de barras

El procedimiento seguido en la determinación de los elementos del jacobiano, es similar a lo efectuado para las barras tipo P-Q, en este caso las ecuaciones empleadas para la derivación son:

$$P_p = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n (e_p(G_{pp}e_p - B_{pp}f_p) + f_p(B_{pq}e_q + G_{pq}f_p)) \quad (119)$$

$$|V_p|^2 = e_p^2 + f_p^2 \quad (120)$$

Como se observa la ecuación 119 reemplaza a la ecuación de potencia reactiva 92, por lo tanto, aplicando el teorema de taylor a ambas ecuaciones se obtiene:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \vdots \\ \Delta P_{n-1} \\ \dots \\ \Delta |V_p|^2 \\ \vdots \\ \Delta |V_p|^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial e_1} & \frac{\partial P_1}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial f_1} & \frac{\partial P_1}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_1} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_1} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial |V_p|^2}{\partial e_1} & \frac{\partial |V_p|^2}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial |V_p|^2}{\partial f_1} & \frac{\partial |V_p|^2}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial |V_{n-1}|^2}{\partial e_1} & \frac{\partial |V_{n-1}|^2}{\partial e_{n-1}} & \frac{\partial |V_{n-1}|^2}{\partial f_1} & \frac{\partial |V_{n-1}|^2}{\partial f_{n-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e_1 \\ \vdots \\ \Delta e_{n-1} \\ \dots \\ \Delta f_1 \\ \vdots \\ \Delta f_{n-1} \end{bmatrix} \quad (121)$$

En forma compacta

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_5 & J_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta f \end{bmatrix} \quad (122)$$

Determinación del jacobiano

Los elementos del jacobiano se determinan de las ecuaciones 110 y 120.

Formación de las submatrices K y M, estas se determinan mediante el procedimiento anterior.

➤ Formación de la submatriz K

$$\frac{\partial |V_p|^2}{\partial e_q} = K_{pq} = 0 \quad p \neq q \quad (123)$$

$$\frac{\partial |V_p|^2}{\partial e_q} = K_{pq} = 2e_p \quad (124)$$

➤ Formación de la submatriz M

$$\frac{\partial |V_p|^2}{\partial f_q} = M_{pq} = 0 \quad p \neq q \quad (125)$$

$$\frac{\partial |V_p|^2}{\partial f_q} = M_{pp} = 2f_p \quad (126)$$

El cambio de magnitudes para la barra p

$$\Delta P_p^k = P_{p(esp)} - P_{p(cal)} \quad (127)$$

$$\Delta |V_p^k|^2 = |V_{p(esp)}|^2 - |V_p^k|^2 \quad (128)$$

$$p = 1, 2, \dots, n - 1$$

En general si en la red eléctrica se encuentran presentes las barras tipo P-Q y

P-V, las ecuaciones compactas matricial de cambio serán:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \dots \\ \Delta Q \\ \dots \\ \Delta |V|^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & \vdots & J_2 \\ \dots & \vdots & \dots \\ J_3 & & J_4 \\ \dots & \vdots & \dots \\ J_5 & & J_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e \\ \dots \\ \Delta f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & \vdots & N \\ \dots & \vdots & \dots \\ J & & L \\ \dots & \vdots & \dots \\ K & & M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e \\ \dots \\ \Delta f \end{bmatrix} \quad (129)$$

CAPITULO III

MATERIALES Y METODO

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Materiales

En este proyecto se utilizan los siguientes materiales:

- Software AutoCAD 2014.
- Microsoft Office 2013 (Word y Excel).
- Software Power Factory DIGSILENT V14.1.
- Catálogo de parámetros eléctricos de transformadores.
- Pinza Amperimétrica Digital en MT marca Halo.
- Voltímetro en MT marca HD Electronic Company.

3.2. Metodología de la investigación

3.2.1. Método de investigación

Los métodos empleados en la presente investigación fueron:

- **Método Analítico – Sintético.** Permitió precisar las posibles causas y soluciones de la problemática planteada.
- **Método Analítico – Comparativo.** Permitió establecer semejanzas y diferencias de las distintas formas posibles.
- **Método Descriptivo – Explicativo:** Permitió lograr una mejor comprensión de la realidad de la toma de lectura de Electro Oriente S.A.
- **Método Inductivo – Deductivo:** Permitió determinar la particularidad de la problemática a través del razonamiento mental; asimismo de analizar la particularidad, a todos los problemas que se presentaran en el estudio.

3.2.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo **APLICADA**: porque busca el conocer para hacer, para actuar (modificar, mantener, reformar o cambiar radicalmente algún aspecto de la realidad). Es decir, se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos.

3.2.3. Procedimiento de la investigación

El procedimiento de la investigación, dado su naturaleza comprendió el desarrollo y ejecución de las siguientes etapas con la finalidad de alcanzar lo establecido:

- a) Búsqueda de puntos críticos y mediciones de máxima demanda, tensión y corriente en el alimentador BE-S04.
- b) Realización del levantamiento de todo el alimentador BE-S04 en el software AutoCAD 2014.
- c) Insertar datos y parámetros eléctricos en el Software Power Factory DIGSILENT V14.1.
- d) Consolidación de la base de datos del alimentador BE-S04 insertada en el Software Power Factory DIGSILENT V14.1.
- e) Preparación de los flujos de potencia para cada escenario de referencia, considerando los despachos y la distribución de demanda.
- f) Análisis de los resultados obtenidos en el Software Power Factory DIGSILENT V14.1. y los resultados obtenidos al realizar el cambio de Taps en los transformadores para comprobar la hipótesis.

3.2.4. Diseño de investigación

El diagrama es el siguiente:

O1 ----- X ----- O2

Dónde:

01: Sistema eléctrico de bellavista actual

02: Sistema eléctrico de bellavista con variador de tensión

X: Regulador de tensión

3.2.5. Población y muestra

La población la conforman los distintos alimentadores de las empresas distribuidoras de energía eléctrica y la muestra es el alimentador BE-S04 del sistema eléctrico Bellavista-Electro Oriente S.A.

3.2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicó las siguientes técnicas:

- Análisis documental de las tecnologías de los sistemas de medición existentes
- Indagación de cada una de las tecnologías de la investigación.
- Conciliación de datos y resultados
- Tabulación de cuadros con cantidades y porcentajes
- Elaboración de Balances e indicadores.
- Otras.

3.2.7. Técnicas, Procedimiento y Análisis de los Resultados

Se aplicó las siguientes técnicas de procesamientos de datos:

- Ordenamiento y clasificación de información relevante para la investigación.
- Registro manual de cada una de los detalles que ocurran en la investigación.
- Proceso computarizado así como el empleo de los siguientes software: DigsilentPower Factory V14.1, AutoCAD 2014 y Microsoft Office 2013.

CAPITULO IV

CALCULOS Y RESULTADOS

IV. CALCULOS Y RESULTADOS

4.1. Problemática actual

El alimentador de salida de la barra de 22.9kV de la SET – BELLAVISTA de código BE-S04 (Picota) en su topología de la red cuenta con las siguientes Sub estaciones de distribución.

Cuadro IV-1 Cantidad de subestaciones de distribución propias

Radial	Propietario	Tipo Subestación	Cantidad
BE - S04 (PICOTA)	Concesionaria	Distribución	101
	Particulares	Utilización	59

Fuente: GIS e Iscom de ELOR.

Así mismo para el mes de noviembre del año 2014, en la salida de la SET – BELLAVISTA en barra de 22.9 kV se tuvo la mayor demanda en el alimentador de Picota con un registro de Máxima demanda de 4.83 MW en el día 28 a horas 11:45 tal como se muestra en gráfico a continuación:

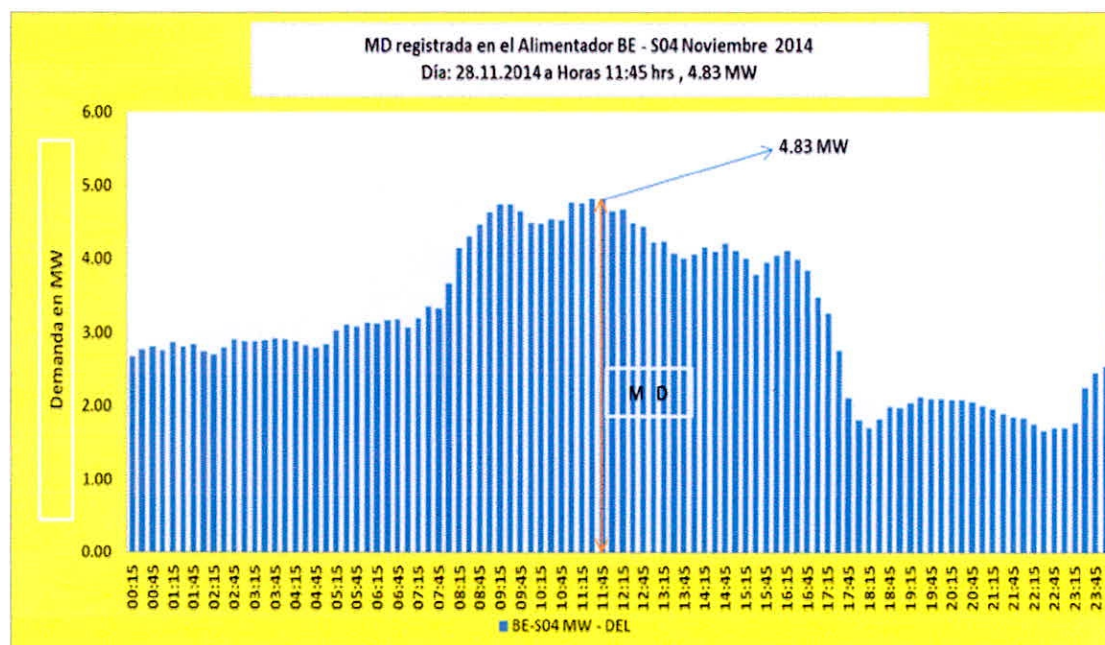


Figura IV- 1 Máxima demanda registrada el día 28/11/2014

Fuente: Registro de sala de control de ELOR.

No obstante, en el alimentador Picota tiene una demanda insatisfecha de 2.87 MW perteneciente a 4 clientes cartera mayores activos tal como se muestra en cuadro IV-02 a continuación:

Cuadro IV-2 Demanda insatisfecha de clientes mayores del alimentador BE-S04

Contrato	Nombre	Sectores	Demanda Solicitada (kW)	Demanda Utilizada (kW)	Demanda Insatisfecha (kW)
220177089	DON POLLO TROPICAL S.A.C.	Picota	900	504	396
220178771	DON POLLO TROPICAL S.A.C	Pucacaca	1,260	123	1,137
220180116	GONZALES LOPEZ FRANGEL	Ponaza	680	274	406
220074567	COMERC. AGRICOLA EL PROGRESO SRLTDA	Limon	500	139	361
220177623	INDUAMERICA TRADE S.A.	San José	1,100	530	570
Total			4,440	1,570	2,870

Fuente: Registro de lecturas de sala de control de ELOR.

Además la empresa tiene proyectos aprobados y en proceso de ejecución una demanda pendiente en atención comercial de 2.36 MW los cuales se detallan en cuadro IV-03 a continuación:

Cuadro IV-3: Lista de proyectos de utilización aprobados

Ítem	Proyectos Nuevos - Sistemas de Utilización	Demanda (MW)
1	Procesador de Aceite Arnulfo Jiménez	0.18
2	Hospital Rural Picota	0.27
3	Ladrillera Roca Porvenir	0.18
4	Agregados Elías	0.14
5	Chancadora de Piedra Edwin Alberto	0.27
6	Sistema de Bombeo Don Pollo	0.28
7	Molino de Arroz Luis Homero	0.54
8	Bombeo de Agua y Alcantarillado Picota	0.27
9	Molino Ligabue	0.23
Total		2.36

Fuente: Registro de documentos del area comercial ELOR.

Se puede resumir que existe una demanda de 5.23 MW pendiente por la empresa tal como se muestra en cuadro IV-4.

Cuadro IV-4 Demanda pendiente por atender

Item	Descripción	Demanda (MW)
1	Demanda Insatisfecha de clientes	2.87
2	Demanda Por Proyectos de Sistemas de Utilización	2.36
Total		5.23

Fuente: Area comercial ELOR.

Demanda que no se esta atendiendo por la presencia problemas de sobrecarga del alimentador Picota, restringiendo del uso de su carga a los clientes cartera Mayores Don Pollo Tropical S.A y Induamercica Trade SA en horas del día entre las 08:00 y 18:00 hrs.

4.2.Parámetros medidos para el análisis.

De los resultados de las mediciones efectuadas se concluye que los registros de tensión en la bahía de la SET comparado con el registro de valores mostrados en la celda de la SET en el mismo instante son menores tal como se muestra en Cuadro IV- 06, con una diferencia de 1 punto en la tensión respecto a lo registrado en la CELDA de la SET.

Así mismo es de precisar que los valores más críticos de los registros de tensión se encuentran en la derivación al Valle de Ponaza tal como se muestra en Cuadro IV- 05, encontrándose este sector con registro de valores de tensión en el límite del rango de calidad de tensión es $\pm 5\%$ respecto a su tensión nominal, poniendo en riesgo de que en cualquier momento se supere los valores permitidos de la caída de tensión según norma.

Cuadro IV-5 : Mediciones de parámetros de tensión y corriente en PDS

SECTOR	FECHA / HORA	MD (MW)	LOCAL						SET (CABECERA)					
			TENSIÓN (kV)			CORRIENTE (A)			TENSIÓN (kV)			CORRIENTE (A)		
			RS	ST	RT	R	S	T	RS	ST	RT	R	S	T
SAN RAFAEL	5/12/2014 11:10	3.70	22.30	22.50	22.40	80.80	86.60	86.70	22.93	23.00	23.10	97.00	103.00	99.50
PUERTO RICO	5/12/2014 11:45	4.01	22.10	22.30	22.70	49.60	51.80	55.10	23.20	23.20	23.20	100.30	106.30	104.50
CASPIZAPA	5/12/2014 11:59	3.97	22.20	22.70	22.70	41.40	46.50	42.00	23.90	23.30	23.30	99.40	103.00	99.90
PICOTA DERIVACIÓN A PONAZA	5/12/2014 13:40	3.99	21.90	21.80	21.60	18.70	12.40	12.70	23.30	23.30	23.30	101.30	100.00	99.50
SAN JUAN LA BOCA	5/12/2014 14:25	4.01	21.10	21.30	21.40	7.10	7.30	8.20	23.50	23.40	23.40	101.00	103.00	103.00
BUENOS AIRES	5/12/2014 14:51	3.94	20.80	20.80	20.90	0.70	0.80	1.20	23.20	23.27	23.10	99.90	101.00	102.00
MIRADOR SHAMBOYACU	12/12/2014 12:30	4.05	20.90	20.80	20.40				23.50	23.10	23.00			
LEONCIO PRADO	12/12/2014 13:28	3.88	20.60	20.70	20.60				23.10	23.50	23.00			
BARRANQUITA	12/12/2014 14:14	3.95	20.60	20.50	20.50				23.00	23.00	22.98			

Fuente: Registro de mediciones control de perdidas ELOR.

Cuadro IV-6 Mediciones de parámetros de tensión y corriente en barra

BARRA 22.9 KV Salida BE - S04						CELDA					
TENSIÓN (kV)			CORRIENTE (A)			TENSIÓN (kV)			CORRIENTE (A)		
RS	ST	RT	R	S	T	RS	ST	RT	R	S	T
24.20	24.20	24.00	67.00	66.40	72.00	23.10	23.30	23.20	62.70	64.00	68.90

Fuente: Registro de mediciones control de perdidas ELOR.

Nota: Los registros de medición de parámetros de tensión y corrientes fueron realizados con instrumentos como son Pinza Amperimétrica Digital y Voltímetro de MT asignados al Área de Distribución de la UN Bellavista, así mismo los valores de tensión en cabecera se sumaron en 1 por la diferencia de los registros entre el instrumento y valores de Celda.

Cuadro IV-7 Características de Instrumentos de media tensión.

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE
Pinza Amperimétrica Digital	Halo	9391	2HF3711065
Voltímetro de MT.	HD Electronic Company	DVM-80	80KDV5011111

Fuente: Placa de datos.

4.3. Tipos de escenarios para el Análisis.

Los escenarios se realizarán con la ayuda del software Digsilent Power Factory 14.1 donde se tiene modelado todo el Alimentador BE-S04.y sus posibles alternativas de solución a la caída de tensión o de potencia

- Escenario actual 2014.
- Escenario “A”. (Sin reforzamiento con un regulador de tensión).
- Escenario “B”. (Reforzamiento de AAAC 95 a 120mm² y cargas nuevas).
- Escenario “C”. (Línea 22.9kv hasta san Hilarión con cargas nuevas).
- Escenario “D”. (Línea 22.9kv hasta Picota con cargas nuevas).
- Escenario “E”. (LT 60KV hasta Picota con cargas nuevas).
- Escenario “F”. (Sin reforzamiento, estado actual con cargas nuevas).

4.4. Resultados de simulación

Para el realizar las simulaciones de los flujos de potencia se tomará el en condición de operación normal:

Límites de tensión admisibles en barras: $\pm 5\%$ Vn. Independientemente de la potencia transmitida los niveles de tensión deben estar comprendidos en el rango indicado.

Para iniciar la simulación, se ingresó los datos correspondientes en cada nodo, línea, carga. etc. para el análisis de las simulaciones, primero debemos saber la situación actual del alimentador a estudiar para luego determinar la mejor alternativa de solución al problema

Escenario 2014

El escenario 2014 es el estado actual del problema, para ello se ingresó los datos correspondientes de tensión, potencia activa, potencia reactiva, etc.

En la figura N°01 del Anexo G, se muestra el diagrama unifilar y la simulación del alimentador BE-S04, del cual se extrae la siguiente figura:

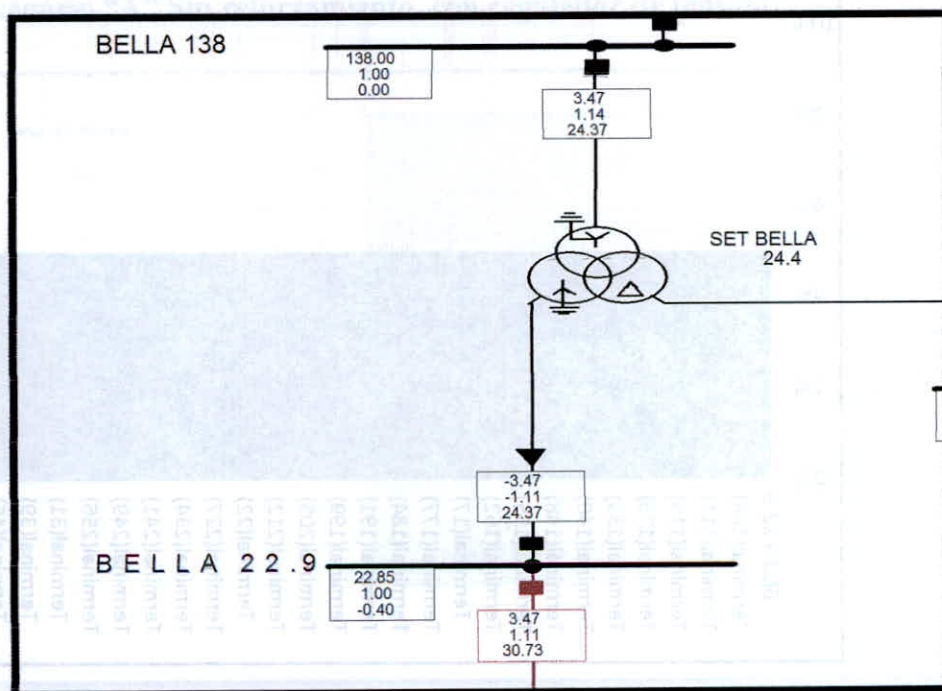


Figura IV- 2 Valores de simulación en el inicio del alimentador BE-S04

Además, en la Figura IV-7 se puede decir que el perfil de tensión del alimentador BE-S04, tiene una caída hasta en 9% tensión nominal. Esto implica que no está respetando la norma establecida y solo perjudica a un 35% de las cargas del alimentador BE-S04. Con la instalación del regulador se estabiliza al 65% de la demanda. Ver figura IV-8.

Escenario "B" Reforzamiento de AAAC 95 a 120mm² y cargas nuevas.

Según la Figura N° 03 del Anexo G, Escenario B, se observa el alimentador BE-S04 con reforzamiento de AAAC 95 a AAAC 120mm², con la inclusión de cargas nuevas.

Realizada la simulación del escenario B, el software nos proporciona una serie de resultados para el análisis, pero en nuestro caso solo analizaremos la caída de tensión, en la figura IV-10, tenemos el perfil de la caída de tensión del alimentador a estudiar. Además, se ha tomado unos puntos de referencia para detectar cuanto es la caída de tensión, en el inicio, mitad y fin de línea del alimentador, como se observa en el cuadro IV-10.

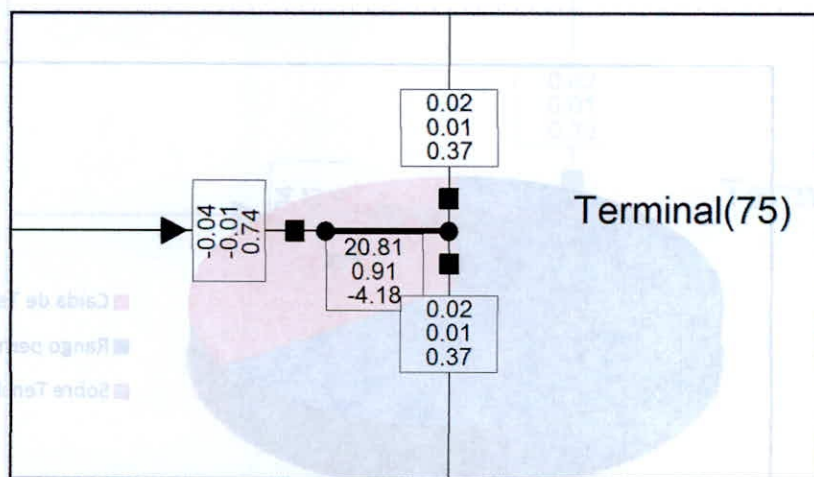


Figura IV- 9 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires. Escenario B.

Cuadro IV-10 Parámetros eléctricos en escenario B

MAGNITUDES	INICIO BELLAVISTA	MITAD SAN ANTONIO	FINAL BUENOS AIRES
Tension (Kv)	22.84	20.98	20.81
Potencia Activa (Mw)	3.68	1.74	0.09
Potencia Reactiva (Mvar)	1.21	0.47	0.02
Maximo Nivel de Carga (%)	28.77	16.41	1.11

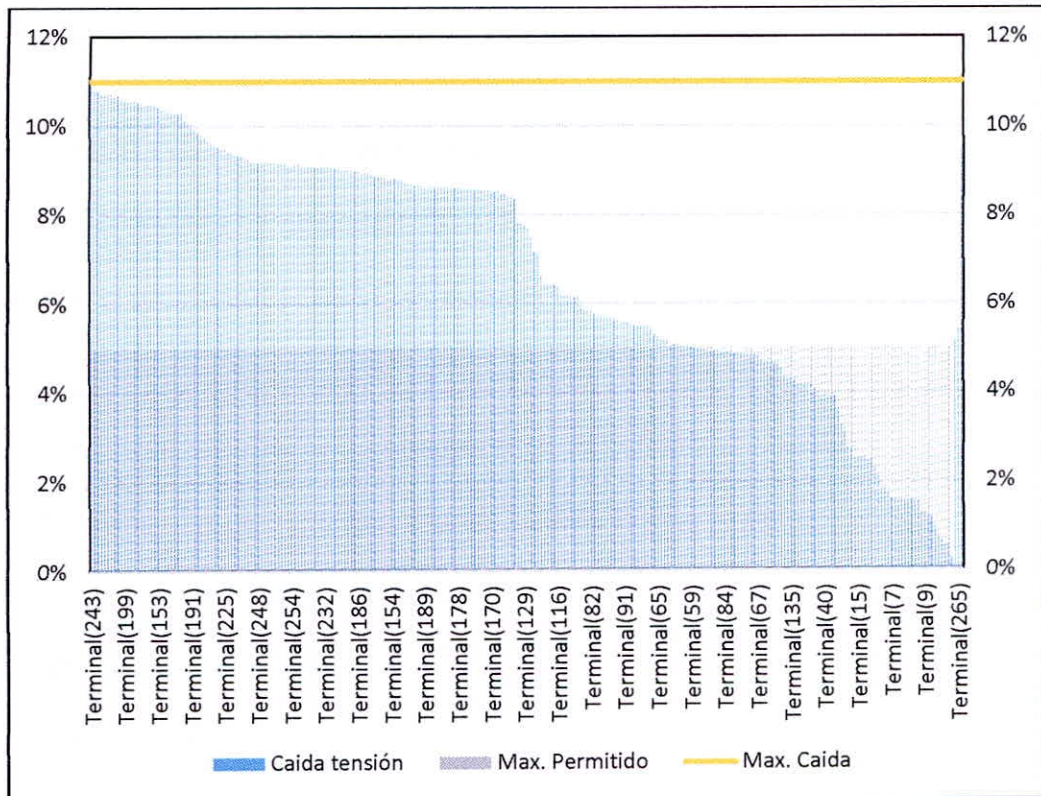


Figura IV- 10 Perfil de tensión del escenario B. en el alimentador BE-S04

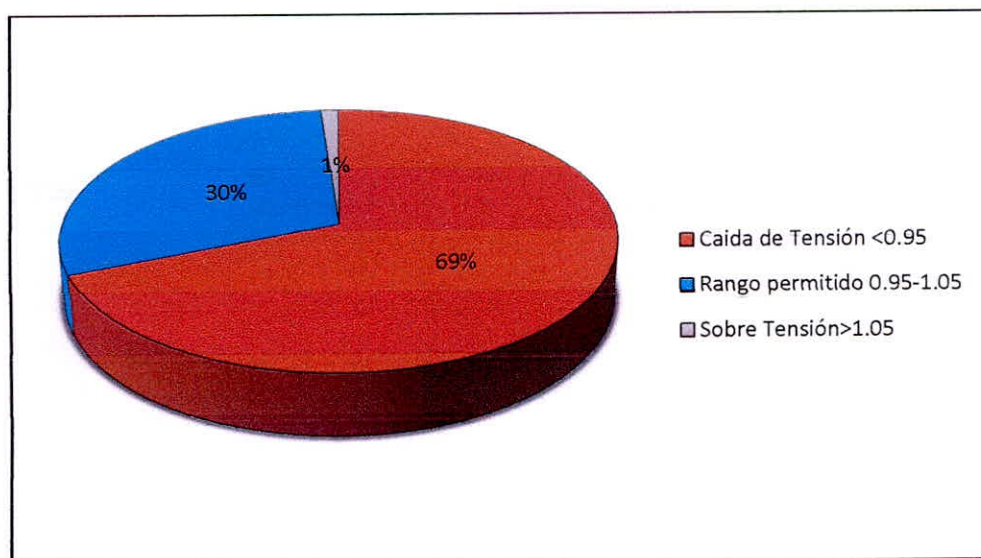


Figura IV- 11 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario B

Además, en la Figura IV-10 se puede decir que el perfil de tensión del alimentador BE-S04, tiene una caída máxima en 11% tensión nominal. Esto implica que no está respetando la norma establecida y está perjudicando al 69% de cargas del alimentador BE-S04. Solo hay un 30% de carga en el límite permitido. Ver figura IV-11.

Escenario “C” Línea 22.9kV hasta San Hilarión con cargas nuevas.

Según la Figura N°04 del Anexo G, Escenario C, se observa el alimentador BE-S04 con una línea 22.9kv paralela de AAAC 120mm2 hasta San Hilarión con la inclusión de nuevas cargas.

Realizada la simulación del escenario C, el software nos proporciona una serie de resultados para el análisis, pero en nuestro caso solo analizaremos la caída de tensión, en la figura IV-13, tenemos el perfil de la caída de tensión del alimentador a estudiar. Además, se ha tomado unos puntos de referencia para detectar cuanto es la caída de tensión, en el inicio, mitad y fin de línea del alimentador, como se observa en el cuadro IV-11.

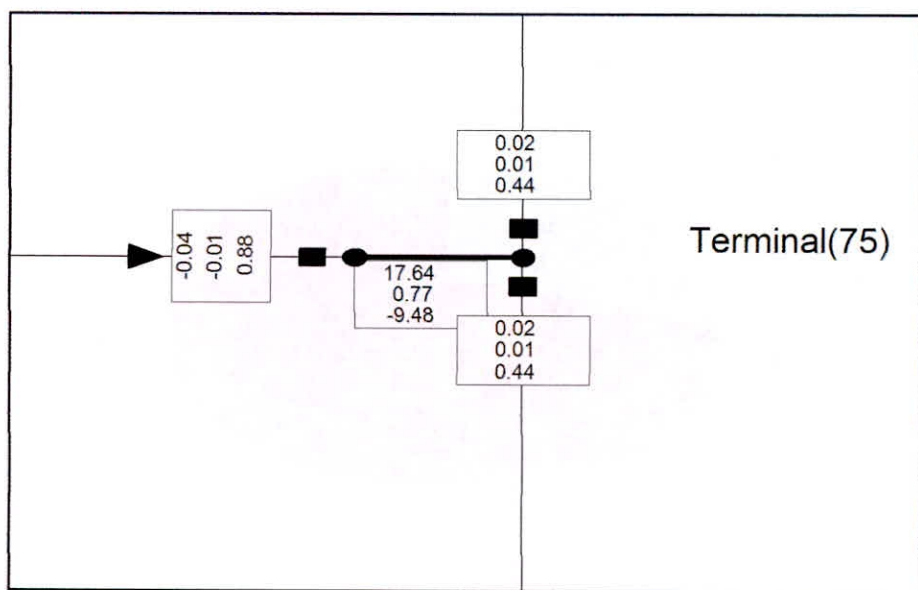


Figura IV- 12 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires. Escenario C.

Cuadro IV-11 Parámetros eléctricos en escenario C

MAGNITUDES	INICIO BELLAVISTA	MITAD SAN ANTONIO	FINAL BUENOS AIRES
Tension (Kv)	22.77	17.94	17.64
Potencia Activa (Mw)	4.98	3.87	0.09
Potencia Reactiva (Mvar)	2.32	1.28	0.02
Maximo Nivel de Carga (%)	41.09	42.87	1.32

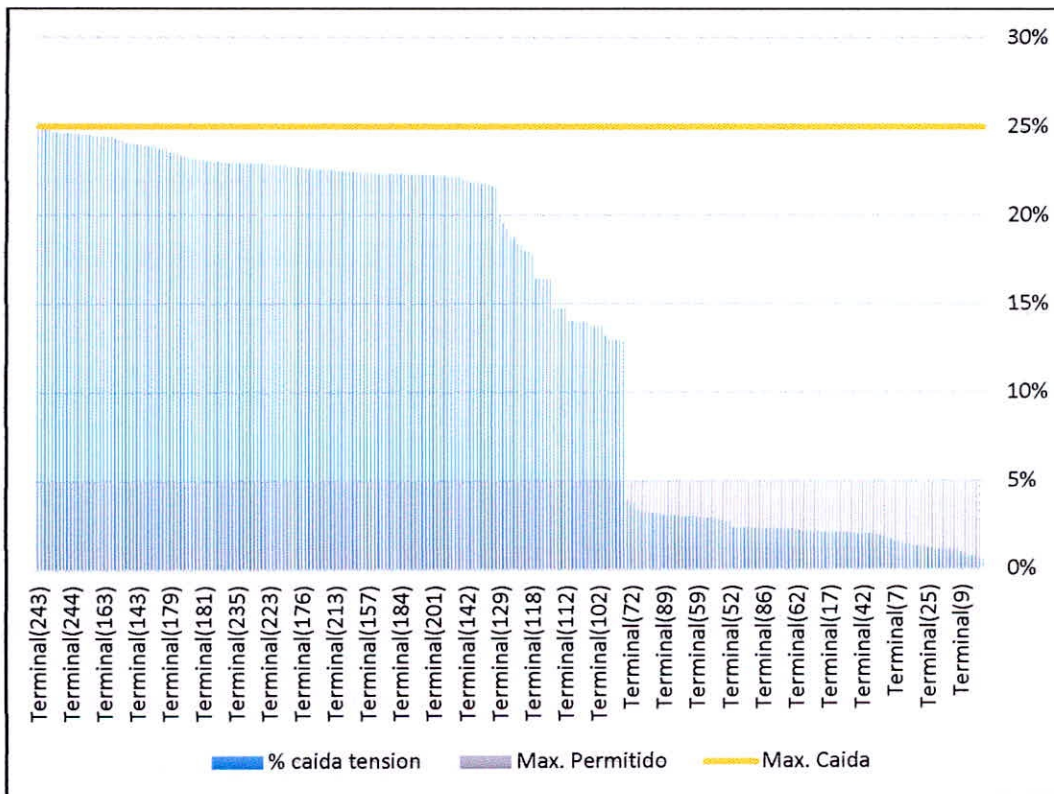


Figura IV- 13 Perfil de tensión del escenario C. en el alimentador BE-S04

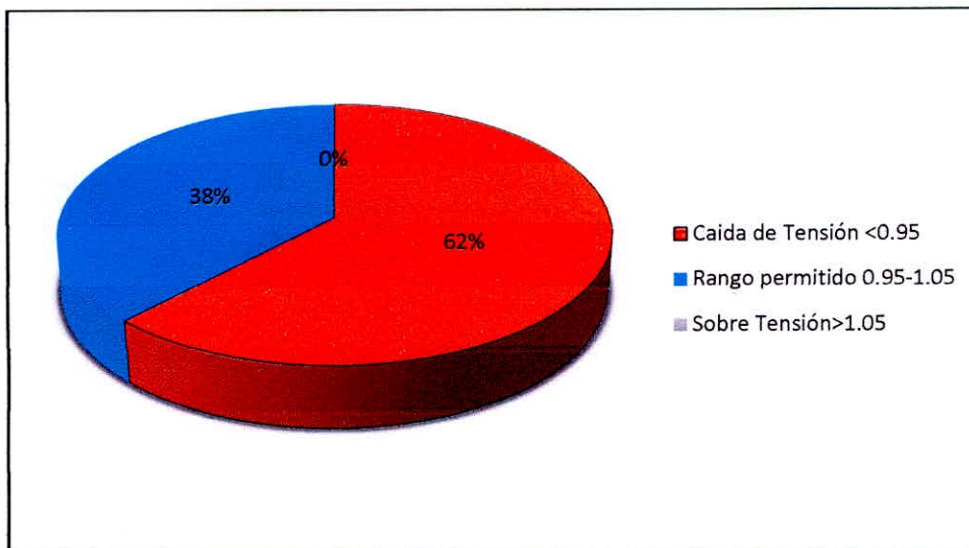


Figura IV- 14 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario C

Además, en la Figura IV-13 se puede decir que el perfil de tensión del alimentador BE-S04, tiene una caída máxima en 25% tensión nominal. Esto implica que no está respetando la norma establecida y está perjudicando al 62% de cargas del alimentador BE-S04. Solo hay un 38% de carga en el límite permitido. Ver figura IV-14.

Escenario “D” Línea 22.9kV hasta San Picota con cargas nuevas.

Según la Figura N° 05 del Anexo G, Escenario D, se observa el alimentador BE-S04 con una línea 22.9kv Paralela de AAAC 120mm² hasta Picota con la inclusión de nuevas cargas.

Realizada la simulación del escenario D, el software nos proporciona una serie de resultados para el análisis, pero en nuestro caso solo analizaremos la caída de tensión, en la figura IV-16, tenemos el perfil de la caída de tensión del alimentador a estudiar. Además, se ha tomado unos puntos de referencia para detectar cuanto es la caída de tensión, en el inicio, mitad y fin de línea del alimentador, como se observa en el cuadro IV-12.

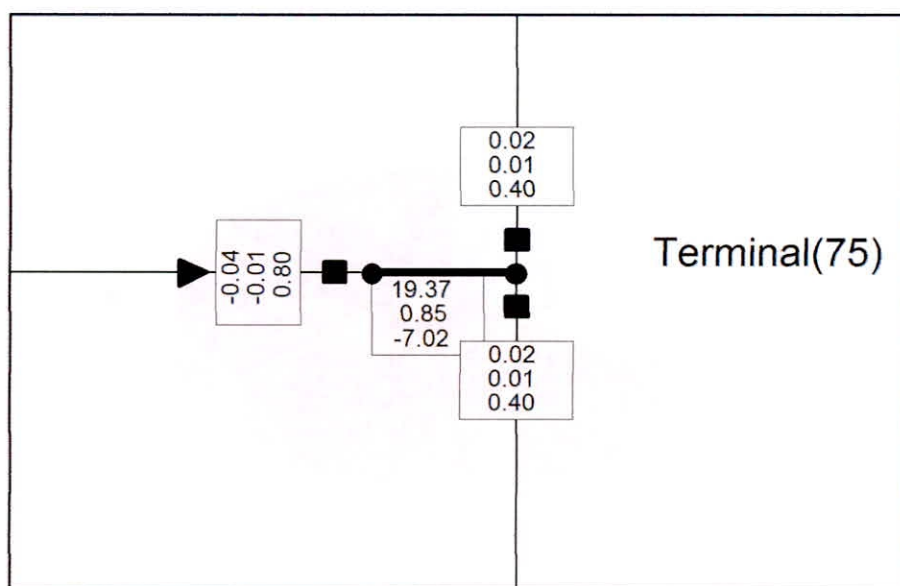


Figura IV- 15 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires. Escenario D.

Cuadro IV-12 Parámetros eléctricos en escenario D

MAGNITUDES	INICIO BELLAVISTA	MITAD SAN ANTONIO	FINAL BUENOS AIRES
Tension (Kv)	22.8	19.53	19.37
Potencia Activa (Mw)	3.5	2.82	0.09
Potencia Reactiva (Mvar)	1.47	0.91	0.02
Maximo Nivel de Carga (%)	28.54	37.26	1.2

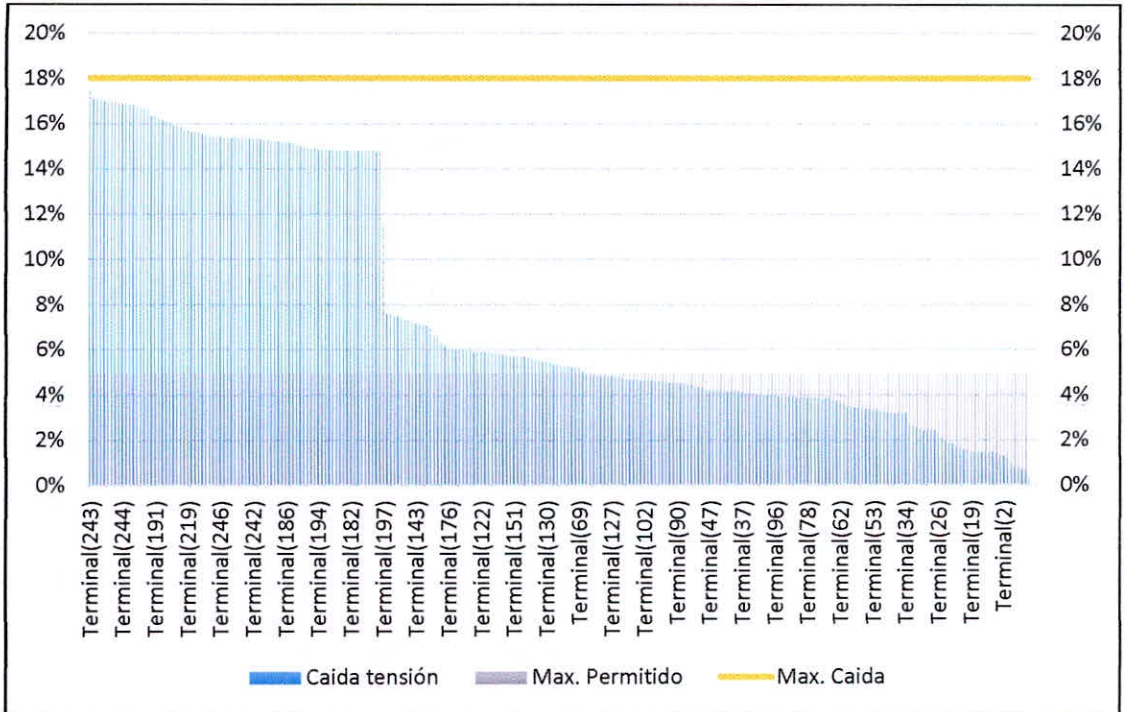


Figura IV- 16 Perfil de tensión del escenario D. en el alimentador BE-S04

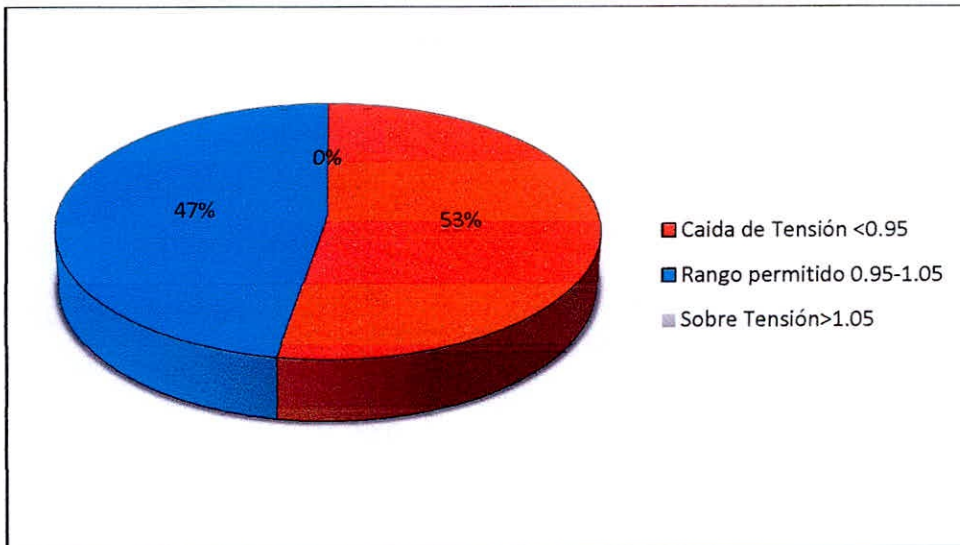


Figura IV- 17 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario D

Además, en la Figura IV-16 se puede decir que el perfil de tensión del alimentador BE-S04, tiene una caída máxima en 17% tensión nominal. Esto implica que no está respetando la norma establecida y está perjudicando al 52% de cargas del alimentador BE-S04. Solo hay un 47% de carga en el límite permitido. Ver Figura IV-17

Escenario “E” LT 60kV hasta Picota con cargas nuevas.

Según la Figura N°06 del anexo G, Escenario E, se observa el alimentador BE-S04 con una Línea de Transmisión. 60kv Paralela de AAAC 150mm2 hasta Picota con la inclusión de nuevas cargas.

Realizada la simulación del escenario E, el software nos proporciona una serie de resultados para el análisis, pero en nuestro caso solo analizaremos la caída de tensión, en la figura IV-19, tenemos el perfil de la caída de tensión del alimentador a estudiar. Además, se ha tomado unos puntos de referencia para detectar cuanto es la caída de tensión, en el inicio, mitad y fin de línea del alimentador, como se observa en el cuadro IV-13.

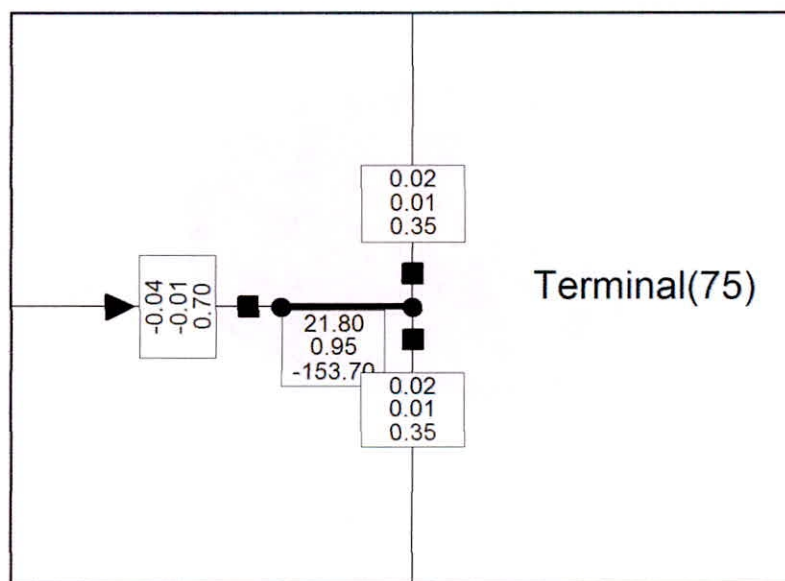


Figura IV- 18 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires. Escenario E.

Cuadro IV-13 Parámetros eléctricos en escenario E

MAGNITUDES	INICIO BELLAVISTA	MITAD SAN ANTONIO	FINAL BUENOS AIRES
Tension (Kv)	22.87	21.77	21.8
Potencia Activa (Mw)	2.5	0.66	0.09
Potencia Reactiva (Mvar)	0.72	0.12	0.02
Maximo Nivel de Carga (%)	21.92	5.94	1.05

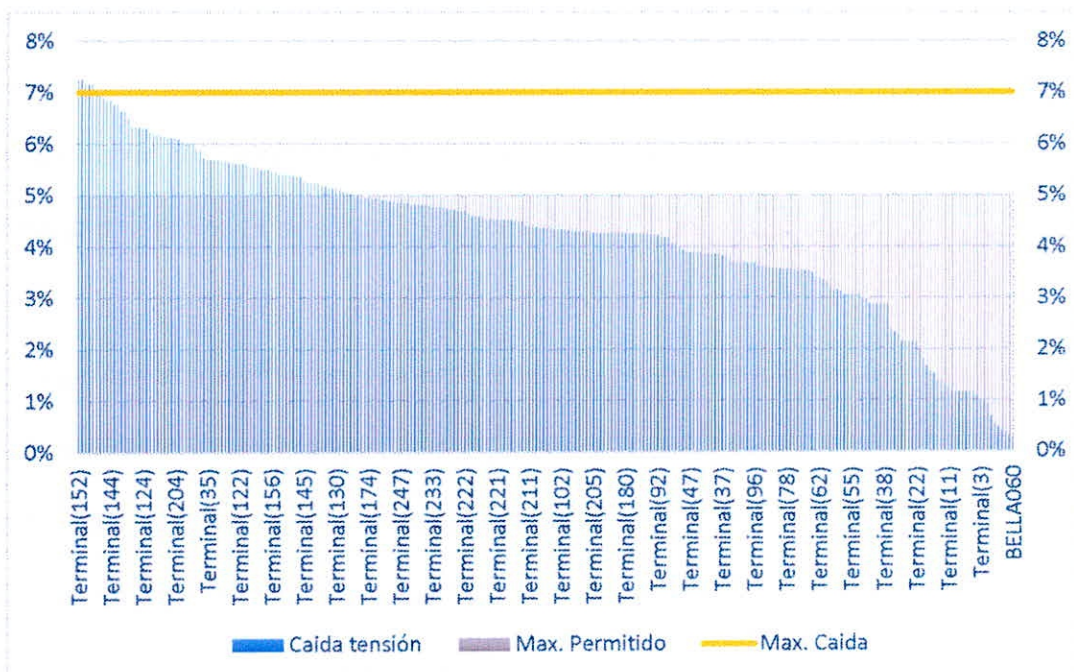


Figura IV- 19 Perfil de tensión del escenario E. en el alimentador BE-S04

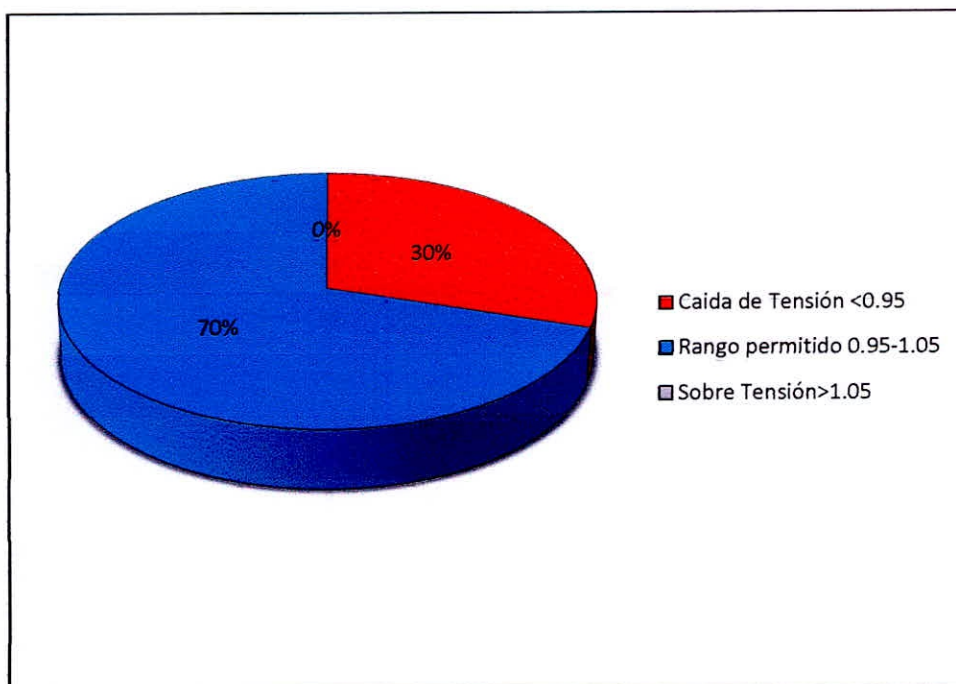


Figura IV- 20 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario E

Además, en la Figura IV-19 se puede decir que el perfil de tensión del alimentador BE-S04, tiene una caída máxima en 7% tensión nominal. Esto implica que no está respetando la norma establecida y está perjudicando al 30% de cargas del alimentador BE-S04. hay un 70% de carga en el límite permitido. Ver figura IV-20.

Escenario “F” Sin Reforzamiento, estado actual con cargas nuevas.

Según la Figura N°07 del Anexo G, Escenario F, se observa el alimentador BE-S04 sin reforzamiento con la inclusión de nuevas cargas.

Realizada la simulación del escenario F, el software nos proporciona una serie de resultados para el análisis, pero en nuestro caso solo analizaremos la caída de tensión, en la figura IV-22, tenemos el perfil de la caída de tensión del alimentador a estudiar. Además, se ha tomado unos puntos de referencia para detectar cuanto es la caída de tensión, en el inicio, mitad y fin de línea del alimentador, como se observa en el cuadro IV-14.

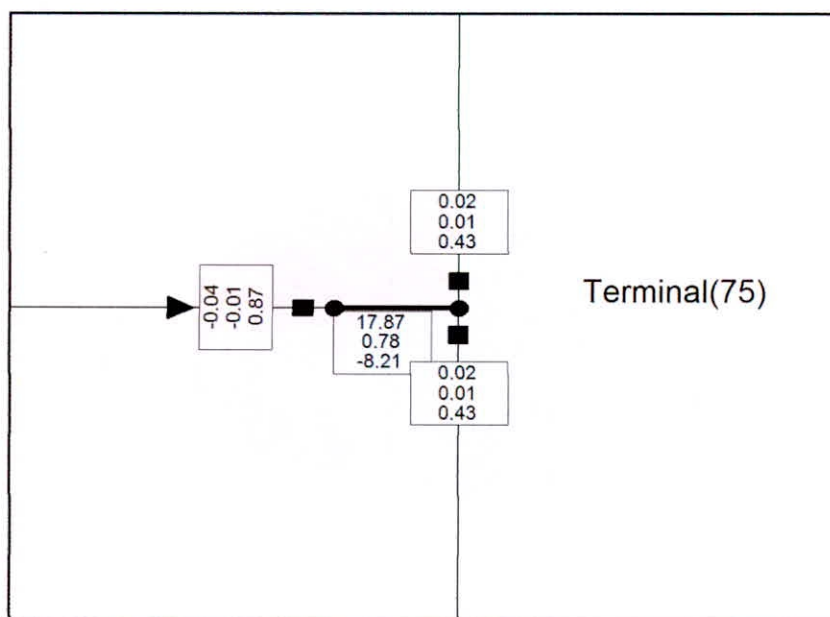


Figura IV- 21 Valores de simulación en fin de línea de Buenos Aires. Escenario F.

Cuadro IV-14 Parámetros eléctricos en escenario F

MAGNITUDES	INICIO BELLAVISTA	MITAD SAN ANTONIO	FINAL BUENOS AIRES
Tension (Kv)	22.77	18.17	17.87
Potencia Activa (Mw)	6.49	3.87	0.09
Potencia Reactiva (Mvar)	2.77	1.27	0.02
Maximo Nivel de Carga (%)	59.6	42.3	1.3

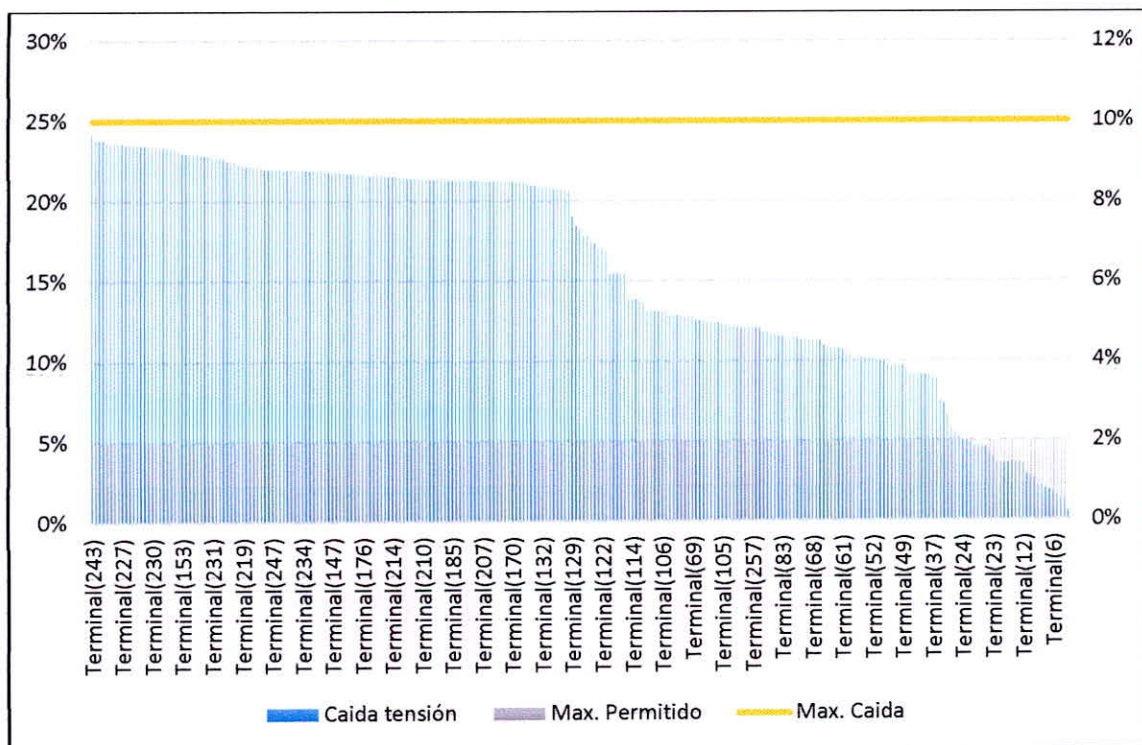


Figura IV- 22 Perfil de tensión del escenario F. en el alimentador BE-S04

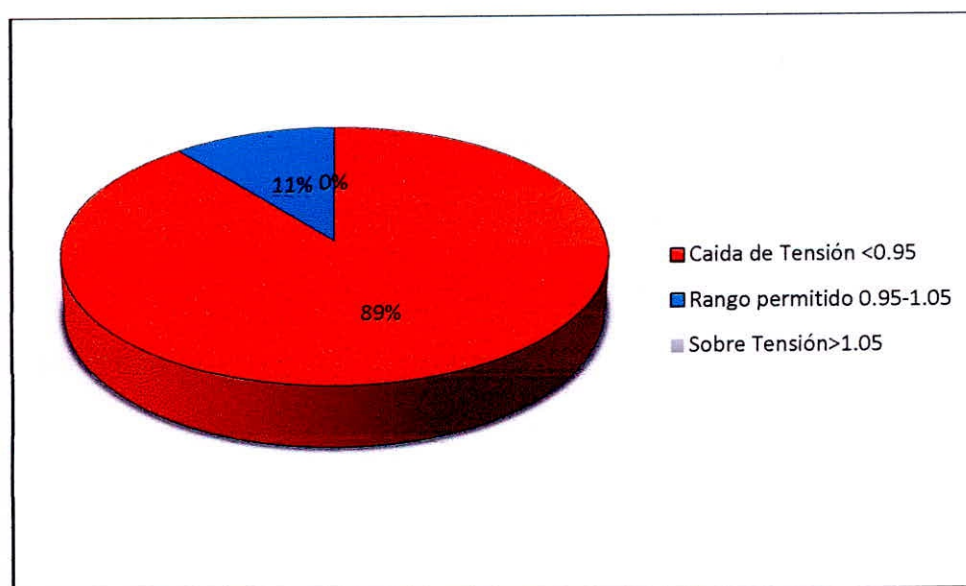


Figura IV- 23 Porcentaje de cargas en los niveles de tensión-Escenario F

Además, en la Figura IV-22 se puede decir que el perfil de tensión del alimentador BE-S04, tiene una caída máxima en 25% tensión nominal. Esto implica que no está respetando la norma establecida y está perjudicando al 89% de cargas del alimentador BE-S04. Solo hay un 11% de carga en el límite permitido. Ver figura IV-23.

4.5. Análisis de los resultados

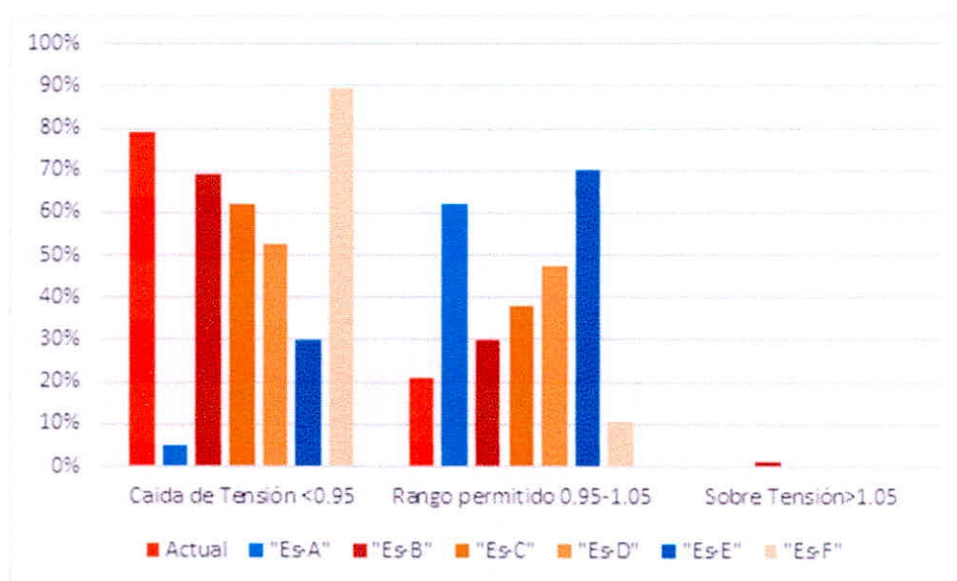


Figura IV- 24 Comparación de porcentaje de los límites de tensión en función de las cargas.

Según los escenarios estudiados hay dos opciones que nos brindan una mejora en la calidad de tensión en el sistema la cuales son:

Escenario "E" LT 60KV hasta Picota con cargas nuevas: Ejecutar esta alternativa de solución demandaría de un costo de inversión alto a largo plazo, el cual no es una mejor opción.

Escenario "A" Sin reforzamiento con un regulador de tensión: Ejecutar esta alternativa de solución demandaría de un costo bajo y a corto plazo, por lo que la hace una mejor opción.

De las opciones tomadas, la mejor opción es la de instalar un regulador de tensión, por lo que de aquí en adelante se realizará la evolución para la compra e instalación de un regulador de tensión que permitirá la mejora en la calidad de tensión del alimentador estudiado.

En líneas de distribución es más común utilizar un banco de reguladores monofásicos que uno trifásico, esto se debe generalmente a que las fases de la red no están balanceadas y es mejor que se haga la regulación independiente de cada fase, aunque si las fases se encuentran debidamente balanceadas los reguladores trifásicos son igualmente eficientes.

4.5.1. Estudio de mercado

Se realizó la cotización según especificaciones técnicas y de mercado a la empresa ELECTROWERKE el cual se encuentra en el anexo D:

Cuadro IV-15 Resumen de cotización de reguladores de tensión

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	MONEDA	REC. UNI	TOTAL
1	Tensión nominal del sistema: 22.9KV	3	US\$	25,000.00	75,000.00
	03 reguladores de tensión monofásica 14.4KV, 100A, 150kV-BIL, 144KVA				
2	Tensión nominal del sistema: 22.9KV	3	US\$	34,000.00	102,000.00
	03 reguladores de tensión monofásica 14.4KV, 200A, 150kV-BIL, 288KVA				

Fuente: Electro Werke

De las opciones cotizadas el item 2 cumple con las características técnicas de instalación y funcionamiento para el sistema estudiado.

4.5.2. Metrado general de instalación del regulador de tensión (ítem 2).

Cuadro IV-16 Resumen de presupuesto de instalación de regulador de tensión.

ITEM	DESCRIPCION	TOTAL SOLES (S / .)
A	SUMINISTRO DE MATERIALES	310,399.00
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	25,534.93
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	62,079.80
D	COSTO DIRECTO (C.D.)	398,013.73
E	GASTOS GENERALES (10% C.D.)	39,801.37
F	SUB-TOTAL SIN IGV	437,815.10
COSTO TOTAL DEL PROYECTO S/.		437,815.10

Fuente: Área de Proyectos.

4.6. Medición de parámetros de tensión después de la instalación del regulador.

Después de la instalación del regulador se necesitó realizar las mediciones correspondientes de los parámetros de tensión para saber en cuanto se mejoró la tensión de los cuales los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro IV-17 Comparación de medición de tensión antes y después de la instalación.

SECTOR	ANTES DEL REGULADOR			DESPUES DEL REGULADOR			PORCENTAJE DE MEJORA		
	TENSION (kV)			TENSION (kV)					
	RS	ST	RT	RS	ST	RT	RS	ST	RT
PICOTA DERIVACIÓN A PONAZA	21.90	21.80	21.60	23.30	23.30	23.30	6.01%	6.44%	7.30%
SAN JUAN LA BOCA	21.10	21.30	21.40	23.50	23.40	23.40	10.21%	8.97%	8.55%
BUENOS AIRES	20.80	20.80	20.90	23.80	24.00	24.10	12.61%	13.33%	13.28%
MIRADOR SHAMBOYACU	20.90	20.80	20.40	23.50	23.10	23.00	11.06%	9.96%	11.30%
LEONCIO PRADO	20.60	20.70	20.60	23.10	23.50	23.00	10.82%	11.91%	10.43%
BARRANQUITA	20.60	20.50	20.50	23.00	23.00	22.98	10.43%	10.87%	10.79%

Del cuadro anterior se puede concluir que el porcentaje de mejora en el fin de línea del alimentador BE-S04 de la Unidad de Negocio Bellavista es:

Cuadro IV-18 Porcentaje de mejora en fin de línea.

LOCALIDAD	ANTES DEL REGULADOR			DESPUES DEL REGULADOR			PORCENTAJE DE MEJORA			PROMEDIO
	TENSIÓN (kV)			TENSIÓN (kV)			RS	ST	RT	%
	RS	ST	RT	RS	ST	RT				
BUENOS AIRES (FIN DE LINEA)	20.80	20.80	20.90	23.80	24.00	24.10	12.61%	13.33%	13.28%	13.07%

Todas las vistas fotográficas de la instalación y medición de parámetros de tensión antes y después de la instalación del regulador se encuentran documentadas en el anexo G.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizó la recopilación de las cargas actuales y cargas futuras del alimentador en media tensión BE-S04 del sistema eléctrico Bellavista, los cuales fueron:
 - Demanda máxima actual : 4.83 MW
 - Demandas futuras : 2.36 MW
- Se realizó las mediciones de los parámetros de tensión y corriente en los diferentes puntos de seccionamientos cuyos resultados se muestran en el cuadro N° IV-05, con los instrumentos descritos en el cuadro N° IV-07, para la comparación de los resultados obtenidos con el estudio de flujo de carga, de los cuales se concluye:

ESCENARIOS	TENSION NOMINAL kV	TENSION EN SITUACION ACTUAL kV	TENSION DESPUES DE LA SIMULACION kV	VARIACION DE TENSION %	MEJORA DE TENSION %	PROMEDIO DE MEJORA MEDICION REAL DESPUES DE LA INTALACION DEL REGULADOR %
A	22.9	20.81	23.92	4.26	13.00	13.07
B			20.81	-9.13	0.00	-
C			17.64	-22.97	-17.97	-
D			19.37	-15.41	-7.43	-
E			21.80	-4.80	4.54	-
F			17.87	-21.97	-16.45	-

- Con el despacho de cargas del alimentador BE-S04 cada 15 minutos, se determinó el promedio de demanda en dicho alimentador que es de 4.44 MW para el año 2014 en el **anexo "B"**.
- Con esta mejora se obtuvo una mejor calidad del producto (Tensión en niveles óptimos según NTCSE) al usuario final, así como la imagen de empresa responsable.

- Se determinó mediante el estudio de flujo de carga del alimentador BE-S04 del sistema eléctrico Bellavista en los diferentes escenarios analizados, que el **escenario “A”**, que consiste en la instalación de un regulador de tensión de en el tramo Caspizapa-Picota es la mejor opción, dado que mejora la tensión en un 13.07% en fin de línea con respecto a la tensión del escenario actual, obteniendo una variación de 0.07% con respecto a la hipótesis propuesta de mejora de hasta un 13%, el cual es aceptable para nuestro estudio.

5.2.Recomendaciones:

- Realizar un plan de trabajo que permita realizar la configuración adecuada de los TAPs de los transformadores de distribución de la concesionario y terceros del alimentador BE-S04 en 22.9 kV, ya que de esta manera tendrán una operación óptima.
- De los resultados del escenario E, se recomienda realizar el estudio técnico económico que permita tener un expediente técnico del proyecto y de sus configuraciones, dado el crecimiento en la demanda y kilómetros de línea en el alimentador BE-S04 tendría que tenerse en cuenta.
- Realizar el mantenimiento preventivo al regulador de tensión cada cierto tiempo para mantener en condiciones óptimas de operación.
- Se recomienda tener en cuenta la inyección de potencia al sistema por grupos electrógenos, dado que los controladores del regulador son sensibles a variaciones de tensión y corriente.

MATERIALES DE REFERENCIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayala, K. (2017). *Asignación de caídas de voltaje por zonas en el área de servicio de la empresa Electro Quito*. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional.
- Brokering Christie, W., Palma Behnke, R., & Vargas Díaz, L. (2008). *Los Sistema Eléctrico de Potencia*. Santiago de Chile: Prentice Hall-Pearson Educación.
- Chumbi, R. & Verdugo, T.(2015).*Integración con CYMDIST de las redes de media tensión y subtransmisión del sistema de la Centrosur*.(Tesis de grado).Universidad de Cuenca-Ecuador
- Código Nacional de Electricidad. (2011). *Suministro*. Lima.
- Dirección General de Electrificación. (jueves de Marzo de 2002). Terminología de Electricidad. *El Peruano*, pág. 220124.
- Hernandez, I & Monroy, D. (2017).*Simulación de flujo de potencia en sistemas eléctricos de distribución*. (Tesis de grado).Instituto Politécnico Nacional-México.
- Izquierdo, J. (2002). *Estudio de flujo de potencia y análisis de fallas en sistemas eléctricos de distribución radial*.(Grado de maestro). Universidad Autónoma de Nuevo León-España.
- Gutiérrez, Daniel. (2016).*Diseño e implantación de una herramienta de software para el análisis de confiabilidad de Sistema Eléctrico de potencia basada en el método de simulación de Montecarlos*.(Tesis de grado).Escuela Politécnica Nacional- Quito.

Quiroga, P. J. (2010). *Estudios de flujos de potencia y cortocircuitos para la implementación de los Registradores Automáticos de Perturbaciones en la subestación Pascuales 230/138/69 kV*. Guayaquil-Ecuador.

Tecsup. (2015). *Flujo de Potencia(Unidad 9) en Sistema electrico de potencia*. Lima.

Ventosilla Zevallos, M. (1982). Sistema Electrico de Potencia. En M. Ventosilla Zevallos, *Flujo de Carga* (págs. 3-10). Lima.

(4 de Diciembre de 2017). Obtenido de nichese: <http://www.nichese.com/transconex.html>

apuntescientificos. (jueves de Noviembre de 2017). Obtenido de *apuntescientificos*: <http://apuntescientificos.org/redes.html>

ANEXOS

ANEXO A: Subestaciones-Alimentadores BE-S04

SUBESTACIONES - ALIMENTADOR BE-S04

ITEM	TIPO	CODIGO	PROP.	FASES	LOCALIDAD	PDA	POTENCIA	URG.	PROYECTO	RTT	SUMINISTRO
1	SAM	422405	E	3φ	SHAMBOYACU	4B108	80 KVA			22.9/0.40-0.23	
2	SAM	422403	E	3φ	SHAMBOYACU	4B068	50 KVA			22.9/0.40-0.23	
3	SAM	422408	E	3φ	SHAMBOYACU	4B069	37.5 KVA			22.9/0.40-0.23	
4	SAM	422415	E	1φ	CHAMBIRA	4B114	10 KVA			13.2/0.46-0.23	
5	SAM	422410	E	1φ	SIMON BOLIVAR	4B112	25 KVA			13.2/0.46-0.23	
6	SAM	422405	T	3φ	SHAMBOYACU	4B108	25 KVA		MUNICIPALIDAD DISTRITAL	22.9/0.40-0.23	220174393
7	SAB	421447	T	3φ	HUAÑIPO	4B058	75 KVA		DIGSON QUIJANO	22.9/0.44-0.22	220177590
8	SAM	421445	E	1φ	SAN ANTONIO	4B058	10 KVA			13.2/0.46-0.23	
9	SAM	421450	E	3φ	HUAÑIPO	4B065	40 KVA			22.9/0.40-0.23	
10	SAM	421460	E	3φ	ALFONSO UGARTE	4B058	50 KVA			22.9/0.40-0.23	
11	SAM	421455	E	1φ	PAUCAR	4B058	10 KVA			13.2/0.46-0.23	
12	SAM	422420	E	1φ	VISTA ALEGRE	4B114	15 KVA			13.2/0.46-0.23	
13	SAB	409405	T	3φ	PUCACACA	4B040	400 KVA		DON POLLO TROPICAL	22.9/0.40	220178771
14	SAM	409403	E	1φ	PUCACACA	4B046	10 KVA			13.2/0.44-0.22	
15	SAB	409405	E	3φ	PUCACACA	4B045	25 KVA			22.9/0.38-0.22	
16	SAB	409415	E	3φ	PUCACACA	4B044	75 KVA			22.9/0.38-0.22	
17	SAB	409410	E	3φ	PUCACACA	4B044	75 KVA			22.9/0.38-0.22	
18	SAB	408460	T	3φ	PICOTA	4B038	250 KVA		DON POLLO LORETO	22.9/0.38-0.22	220156936
19	SAB	408445	T	3φ	PICOTA	4B038	50 KVA		VILLA TOSCANO	22.9/0.39-0.23	220156325
20	SAB	408445	T	3φ	PICOTA	4B038	250 KVA		VILLA TOSCANO	22.9/0.38-0.22	220156325
21	SAB	408455	T	3φ	PICOTA	4B038	100 KVA		ENA F. DIAS CUBAS	22.9/0.40-0.23	220170968
22	SAM	408470	E	1φ	VILLANUEVA DEL RIO	4B155	37.5 KVA			13.2/0.46-0.22	
23	SAM	408475	E	1φ	VILLANUEVA REUBICADA	4B156	37.5 KVA			13.2/0.46-0.22	
24	SAM	421440	E	1φ	LEONCIO PRADO	4B098	15 KVA			13.2/0.46-0.23	
25	SAB	421403	E	3φ	WINGE	4B092	100 KVA			22.9/0.40-0.23	
26	SS	421420	T	3φ	WINGE	4B092	700 KVA		COMISION DE REGANTES	22.9/0.40-0.23	220161807
27	SAM	421405	E	3φ	BARRANQUITA	4B054	50 KVA			22.9-10/0.40-0.23	
28	SAM	421430	T	1φ	BARRANQUITA	4B054	25 KVA		TELEFONICA MOVILES	13.2/0.46-0.23	220162084
29	SS	421425	T	3φ	BARRANQUITA	4B054	500 KVA		FRANGEL GONZALES	22.9/0.46-0.23	220180116
30	SAM	421410	T	3φ	WINGE	4B092	75 KVA		LUIS PIZARRO DELGADO	22.9/0.40-0.23	220171225
31	SS	408440	T	3φ	PICOTA	4B038	800 KVA		DON POLLO	22.9/0.46-0.23	220157544
32	SAB	408435	T	3φ	PICOTA	4B038	250 KVA		JF INVERSIONES	22.9/0.40-0.23	220156314
33	SAB	408438	T	3φ	PICOTA	4B038	300 KVA		DON POLLO	22.9/0.38-0.22	220177089
34	SAB	421405	T	3φ	PICOTA	4B035	160 KVA		CARRANZA SEGURA GABINO	22.9/0.40-0.23	220161112
35	SAB	421402	T	3φ	PICOTA	4B035	125 KVA		FLAVIO ESPINO BARDALES	22.9/0.38-0.22	220177185
36	SAM	421408	E	1φ	SANTO TOMAS	4B055	25 KVA			13.2/0.44-0.22	
37	SAM	421419	E	1φ	NUEVA ESPERANZA	4B056	25 KVA			13.2/0.40-0.23	
38	SAM	421417	T	1φ	NUEVA ESPERANZA	4B056	15 KVA		LUIS E. KOCH MULLER	13.2/0.46-0.23	220167090
39	SAM	421425	E	3φ	AYPENA	4B096	50 KVA			22.9/0.40-0.23	
40	SAM	421435	E	3φ	LEONCIO PRADO	4B098	40 KVA			22.9/0.40-0.23	
41	SAM	421430	E	1φ	NUEVO AMERICA	4B035	5 KVA			13.2/0.40-0.23	
42	SAM	421417	E	1φ	PUCUSHCAYACU	4B056	10 KVA			13.2/0.40-0.23	
43	SAM	421413	T	1φ	MARISCAL CASTILLA	4B035	15 KVA		AMERICA MOVILES	13.2/0.40-0.23	220171857
44	SAB	421410	E	3φ	CEDROPAMPA	4B054	40 KVA			22.9/0.40-0.23	
45	SAB	421415	E	3φ	MARISCAL CASTILLA	4B094	50 KVA			22.9-10/0.40-0.23	
46	SAM	421420	E	3φ	TINGO DE PONAZA	4B095	40 KVA			22.9/0.40-0.23	
47	SAB	421415	T	3φ	MARISCAL CASTILLA	4B094	250 KVA		AGRO SAN MARTIN	22.9/0.40-0.23	220167256
48	SAB	409413	T	3φ	PUCACACA	4B044	1000 KVA		TRES ROSAS	22.9/0.40	220177056
49	SAM	422433	E	1φ	SANTA ROSA	4B110	25 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
50	SAM	422430	E	1φ	NUEVA ALIANZA	4B100	15 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
51	SAM	422435	E	1φ	NUEVO CONTAMANA	4B100	10 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
52	SAM	422440	E	1φ	NUEVO PROGRESO	4B100	15 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
53	SAM	422438	E	1φ	LOS ANGELES	4B100	10 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
54	SAM	422425	E	1φ	NUEVO PIURA	4B105	5 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
55	SAM	468465	E	1φ	23 DE MAYO	4B087	5 KVA		SER Tarapoto III Etapa	13.2/0.46-0.23	
56	SAM	468458	E	1φ	NUEVO CHACHAPOYAS	4B088	15 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
57	SAM	468452	E	1φ	PROGRESO	4B084	5 KVA		SER Tarapoto III Etapa	13.2/0.46-0.23	
58	SAM	422426	E	1φ	NUEVO PIURA	4B105	5 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
59	SAM	468454	E	1φ	NUEVO BAGUA	4B084	10 KVA		SER Tarapoto III Etapa	13.2/0.46-0.23	
60	SAM	422445	E	1φ	PORVENIR CORDILLERA AZUL	4B115	15 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
61	SAM	422480	E	2φ	FLOR DE CAFE	4B142	37.5 KVA		SER Picota I Etapa	22.9/0.46-0.23	
62	SAM	422475	E	1φ	EL DORADO	4B143	10 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
63	SAM	422485	E	2φ	PARAISO	4B140	25 KVA		SER Picota I Etapa	22.9/0.46-0.23	
64	SAM	422495	E	1φ	MIRAFLORES	4B147	10 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
65	SAM	422490	E	1φ	ALTO PONAZA	4B145	5 KVA		SER Picota I Etapa	22.9/0.46-0.23	
66	SAM	422470	E	1φ	OJECILLO	4B136	15 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
67	SAM	422453	E	1φ	CHOBACO	4B120	10 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
68	SAM	422450	E	2φ	LEJIA	4B122	25 KVA		SER Picota I Etapa	22.9/0.46-0.23	
69	SAM	422455	E	2φ	NUEVO AMAZONAS	4B120	25 KVA		SER Picota I Etapa	22.9/0.46-0.23	
70	SAM	422465	E	1φ	NUEVO JAEN	4B134	10 KVA		SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	

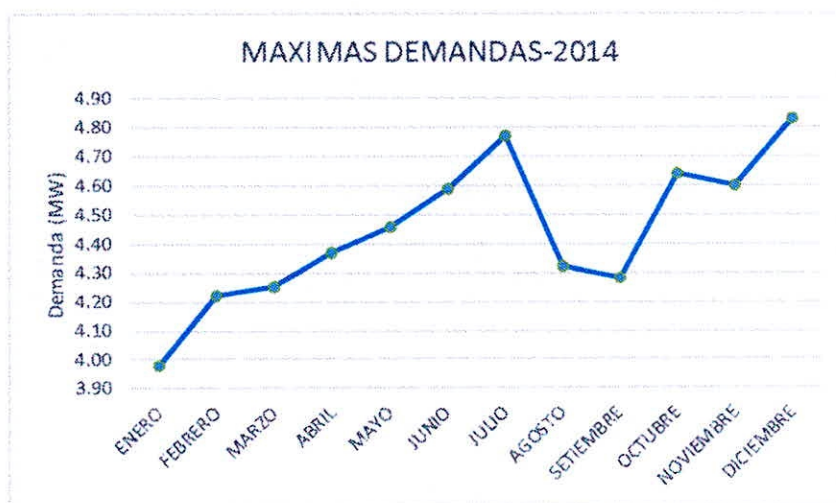
71	SAM	422460	E	1φ	JORGE CHAVEZ	4B132	15	kVA	SER Picota I Etapa	13.2/0.46-0.23	
72	SAB	461415	T	3φ	LIMON	4B002	200	kVA	CHANCADORA EDWIN ALBERTO	22.9/0.40	220188286
73	SAM	468405	E	3φ	BUENOS AIRES	4B052	50	kVA		22.9/0.38-0.23	
74	SAB	409460	T	3φ	SHIMBILLO	4B040	250	kVA	JORGE SABAS HEREDIA	22.9/0.40	220184414
75	SAB	468410	E	3φ	BUENOS AIRES	4B052	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
76	SAM	468415	E	3φ	BUENA FE	4B051	25	kVA		22.9/0.38-0.23	
77	SAM	468415	T	3φ	PAUJILZAPA	4B051	25	kVA	RAUL R. RODRIGUEZ RAMIREZ	22.9/0.38-0.22	220162880
78	SAB	409450	T	3φ	SHIMBILLO	4B040	250	kVA	AGROINDUSTRIAS SAN JORGE	22.9/0.38-0.22	220162079
79	SAM	409420	E	3φ	CHINCHA ALTA	4B040	50	kVA		22.9-10/0.38-0.22	
80	SAB	409415	T	3φ	CHINCHA ALTA	4B040	250	kVA	INDUSTRIAL SAN ANTONIO	22.9/0.40-0.22	220158028
81	SAM	409435	E	3φ	NUEVO CODO	4B160	37.5	kVA		22.9/0.38-0.22	
82	SAM	409425	E	3φ	SHIMBILLO	4B162	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
83	SAM	409430	E	3φ	NUEVO CODO	4B160	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
84	SAM	468420	E	3φ	SANTO TOMAS	4B051	25	kVA		22.9/0.38-0.23	
85	SAM	468455	E	1φ	EL MIRADOR	4B085	25	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	13.2/0.46-0.23	
86	SAM	468450	E	1φ	FORTALEZA	4B083	15	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	13.2/0.46-0.23	
87	SAM	468460	E	1φ	SAN CRISTOBAL	4B085	25	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	13.2/0.46-0.23	
88	SAM	422403	T	3φ	PAUCAR	4B058	25	kVA	M.D. SHAMBOYACU	22.9/0.40	220186443
89	SAB	409455	T	3φ	SHIMBILLO	4B040	100	kVA	AGROINVERSIONES SAN SEBASTIAN	22.9/0.38-0.22	220170967
90	SAM	468445	E	1φ	FIRMEZA	4B083	10	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	13.2/0.46-0.23	
91	SAM	468435	E	1φ	NUEVO TRUJILLO	4B082	5	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	13.2/0.46-0.23	
92	SAM	468425	E	3φ	SAN ANTONIO DE PAUJILZAPA	4B051	50	kVA		22.9/0.38-0.23	
93	SAM	468437	E	1φ	NUEVO TRUJILLO	4B082	10	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	13.2/0.46-0.23	
94	SAM	468470	E	1φ	NUEVO MEXICO	4B090	10	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	13.2/0.46-0.23	
95	SAM	468465	E	3φ	SANTA ROSILLO	4B080	40	kVA	MEM Grupo 17 Item 04	22.9/0.38-0.23	
96	SAM	460445	E	1φ	PANAMA	4B020	25	kVA		13.2/0.44-0.22	
97	SAB	460440	T	3φ	SAN RAFAEL	4B016	75	kVA	MUNICIPALIDAD DE SAN RAFAEL	22.9/0.39-0.23	220163044
98	SAB	460445	T	3φ	PUENTE SISA	4B021	250	kVA	SANTA MONICA	22.9/0.40-0.23	220157145
99	SAB	410405	T	3φ	SAN HILARION	4B021	250	kVA	PILADORA SAN JORGE	22.9/0.40-0.23	220094524
100	SAM	460450	E	1φ	PUENTE RIO SISA	4B021	25	kVA		13.2/0.44-0.22	
101	SAM	460440	E	3φ	SAN RAFAEL	4B016	50	kVA		22.9/0.38-0.23	
102	SAM	460425	E	3φ	LA LIBERTAD	4B012	50	kVA		22.9/0.38-0.23	
103	SAM	460430	E	3φ	LA LIBERTAD	4B012	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
104	SAM	460420	E	3φ	LA LIBERTAD	4B012	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
105	SAM	460435	E	3φ	SAN RAFAEL	4B016	50	kVA		22.9/0.39-0.23	
106	SAM	460420	T	3φ	LA LIBERTAD	4B012	37.5	kVA	MUNICIPALIDAD DE SAN RAFAEL	22.9/0.39-0.23	220163045
107	SAB	410407	T	3φ	SAN HILARION	4B021	100	kVA	PILADORA REAL	22.9/0.39-0.23	220161218
108	SAM	410413	E	1φ	CANAAN	4B022	15	kVA		13.2/0.46-0.23	
109	SAM	410412	E	1φ	MORROPON I	4B024	15	kVA		13.2/0.46-0.23	
110	SAB	410408	T	3φ	SAN HILARION	4B021	250	kVA	AGROINDUSTRIAS PIERO	22.9/0.39-0.23	220168946
111	SS	410415	T	3φ	SAN HILARION	4B021	200	kVA	MOLINERA LEON ROJO	22.9/0.40-0.23	220163261
112	SAM	410409	T	3φ	SAN HILARION	4B021	15	kVA	AMERICA MOVIL PERU	22.9/0.44-0.22	220161680
113	SAM	410410	E	3φ	NUEVO EGIPTO	4B025	50	kVA		22.9/0.38-0.23	
114	SAM	410404	E	1φ	BARRIO SAN JUAN	4B015	10	kVA		13.2/0.44-0.22	
115	SAM	410406	E	1φ	BARRIO SAN JUAN	4B014	15	kVA		13.2/0.46-0.23	
116	SAM	410405	E	3φ	NUEVA ESPERANZA	4B027	50	kVA		22.9/0.38-0.23	
117	SAM	410408	E	1φ	NUEVO EGIPTO	4B018	15	kVA		13.2/0.38-0.23	
118	SAM	410407	E	1φ	MORROPON	4B013	10	kVA		13.2/0.44-0.22	
119	SAM	460415	E	3φ	LA LIBERTAD	4B012	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
120	SAM	461425	E	3φ	LIMON	4B005	50	kVA		22.9/0.38-0.23	
121	SAB	461412	T	3φ	BELLAVISTA	4B002	250	kVA	MOLINO EL PAISITA	22.9/0.39-0.23	220168188
122	SAM	461430	E	3φ	LIMON	4B005	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
123	SAM	461420	E	3φ	LIMON	4B008	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
124	SAM	461415	E	3φ	LIMON	4B008	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
125	SAB	461410	T	3φ	BELLAVISTA	4B002	250	kVA	COMERCIAL EL PROGRESO	22.9/0.39-0.23	220074567
126	SAB	461403	E	3φ	BELLAVISTA	4B002	50	kVA		22.9/0.39-0.22	
127	SAB	461405	T	3φ	BELLAVISTA	4B002	100	kVA	MOLINO EL TIEMPO	22.9/0.39-0.23	220161806
128	SAB	461405	E	3φ	BELLAVISTA	4B002	100	kVA		22.9/0.39-0.22	
129	SAB	461407	T	3φ	BELLAVISTA	4B002	275	kVA	CAMPOS RAFAEL NESTOR	22.9/0.38-0.23	220171914
130	SAB	461410	E	3φ	BELLAVISTA	4B002	75	kVA		22.9/0.40-0.23	
131	SAB	460408	T	3φ	SANTA CATALINA	4B002	200	kVA	OIL NALA SAC	22.9/0.40	220185142
132	SS	460419	T	3φ	SAN JOSE	4B002	500	kVA	SUDAMERICA SELVA	22.9/0.40	220177174
133	SAM	460413	E	3φ	SAN JOSE	4B010	25	kVA		22.9/0.38-0.23	
134	SS	460417	T	3φ	SANTA CATALINA	4B002	567	kVA	INDUAMERICA TRADE	22.9/0.46	220177623
135	SAB	460421	T	3φ	SAN RAFAEL	4B002	250	kVA	MOLINO SAN PABLO	22.9/0.40-0.23	220180537
136	SS	460422	T	3φ	SANTA CATALINA	4B002	500	kVA	MOLINO LUIS OMIERO	22.9/0.40	220185246
137	SAM	460410	E	3φ	SAN JOSE	4B002	37.5	kVA		22.9/0.38-0.22	
138	SAB	460415	T	3φ	SANTA CATALINA	4B002	250	kVA	MALON CALDAS MOISES E.	22.9/0.39-0.23	220161009
139	SAB	460410	T	3φ	SANTA CATALINA	4B002	250	kVA	COMITE DE USUARIOS CONSTANCIA	22.9/0.40-0.23	220174406
140	SAM	460405	E	1φ	SANTA CATALINA	4B002	25	kVA		13.2/0.40-0.22	
141	SAB	460416	T	3φ	SANTA CATALINA	4B002	200	kVA	SANTA LIDIA SAC	22.9/0.40-0.23	220185315
142	SAM	460418	T	3φ	SANTA CATALINA	4B002	50	kVA	MALON CALDAS MOISES E.	22.9/0.39-0.23	220162874
143	SAB	410411	T	3φ	SAN HILARION	4B021	350	kVA	ATENCIO SAC PILADORA	22.9/0.40-0.23	220167088
144	SAB	408430	E	3φ	PICOTA	4B036	50	kVA		22.9/0.40-0.23	
145	SAB	408425	E	3φ	PICOTA	4B050	100	kVA		22.9/0.40-0.23	
146	SAB	408440	E	3φ	PICOTA	4B053	100	kVA		22.9/0.38-0.22	
147	SAB	408435	E	3φ	PICOTA	4B036	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
148	SAM	408438	E	3φ	PICOTA	4B053	37.5	kVA		22.9/0.38-0.22	
149	SAB	408420	E	3φ	PICOTA	4B050	100	kVA		22.9/0.40-0.23	
150	SAM	408410	E	1φ	SANTA ROSILLO	4B064	25	kVA		13.2/0.44-0.22	
151	SAM	408405	E	3φ	SAN ANTONIO	4B062	75	kVA		22.9-10/0.40	
152	SAB	408410	T	3φ	PICOTA	4B034	200	kVA	INDUSTRIAS ANMY	22.9/0.40-0.23	220154484
153	SAB	408415	T	3φ	PICOTA	4B034	100	kVA	IE ALBERTO LEVEAU	22.9/0.39-0.23	220183482
154	SAB	408415	E	3φ	PICOTA	4B034	50	kVA		22.9/0.40-0.23	
155	SAB	408445	E	3φ	PICOTA	4B036	100	kVA		22.9/0.40-0.23	

156	SAM	408495	E	3φ	PICOTA	48037	75	kVA		22.9/0.38-0.22	
157	SAM	408480	E	1φ	PICOTA	48150	15	kVA		13.2/0.46-0.22	
158	SAM	408407	T	3φ	PICOTA	48037	37.5	kVA	TELEFONICA MOVILES	22.9/0.39-0.23	220161986
159	SAB	408420	T	3φ	PICOTA	48038	150	kVA	PARQUETERA DEL ORIENTE	22.9/0.40-0.23	220073460
160	SAB	408498	E	3φ	PICOTA	48039	50	kVA		22.9-10/0.40	
161	SAB	408405	T	1φ	PICOTA	48034	25	kVA	TELEFONICA MOVILES	13.2/0.46-0.23	220162083
162	SAB	408450	E	3φ	PICOTA	48036	100	kVA		22.9/0.40-0.22	
163	SS	408454	T	3φ	PICOTA	48036	50	kVA	BANCO DE LA NACION	22.9/0.23	220166154
164	SAB	408455	E	3φ	PICOTA	48036	160	kVA		22.9/0.40-0.23	
165	SAB	408465	E	3φ	PICOTA	48036	75	kVA		22.9/0.40-0.23	
166	SAB	408460	E	3φ	PICOTA	48036	50	kVA		22.9/0.40-0.23	
167	SAM	412420	T	1φ	NUEVA UNIÓN	48021	25	kVA	TELEFONICA MOVILES SA	13.2/0.46-0.23	220162085
168	SAM	410415	E	3φ	SAN HILARION	48060	100	kVA		22.9/0.38-0.22	
169	SAB	410433	T	3φ	SAN HILARION	48021	250	kVA	PILADORA MHIL	22.9/0.40-0.23	220167718
170	SAB	410420	E	3φ	SAN HILARION	48026	75	kVA		22.9/0.38-0.22	
171	SAM	410430	E	3φ	SAN HILARION	48026	50	kVA		22.9-10/0.40-0.23	
172	SAB	410425	E	3φ	SAN HILARION	48026	75	kVA		22.9/0.38-0.22	
173	SAB	410435	T	3φ	SAN HILARION	48021	250	kVA	PILADORA MHIL	22.9/0.40-0.23	220157971
174	SAB	410421	T	3φ	SAN HILARION	48021	400	kVA	AGROINDUSTRIAS	22.9/0.40-0.23	220167253
175	SAB	410412	T	3φ	SAN HILARION	48021	160	kVA	ATENCIO SAC SECADORA	22.9/0.40-0.23	220167079
176	SAB	410421	T	3φ	SAN HILARION	48021	250	kVA	AGROINDUSTRIAS	22.9/0.40-0.23	220167253
177	SAB	410430	T	3φ	SAN HILARION	48021	250	kVA	PILADORA MHIL	22.9/0.40-0.23	220073445
178	SAB	410425	T	3φ	SAN HILARION	48021	200	kVA	MOLINO SERVI ANGEL	22.9/0.39-0.22	220149898
179	SAM	410450	T	3φ	SAN HILARION	48026	15	kVA	MDSH	22.9/0.40-0.22	220181988
180	SAM	412405	E	3φ	CASPIZAPA	48032	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
181	SAB	412405	T	3φ	CASPIZAPA	48021	250	kVA	MOLINO LA HERRADURA	22.9/0.40-0.23	220168012
182	SAM	412410	E	3φ	CASPIZAPA	48032	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
183	SAM	412420	E	1φ	NUEVA UNIÓN	48021	25	kVA		13.2/0.44-0.22	
184	SAM	412415	E	3φ	CASPIZAPA	48032	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
185	SAM	452415	E	3φ	PUERTO RICO	48028	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
186	SAM	410440	E	3φ	SAN HILARION	48021	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
187	SAM	410435	E	3φ	SAN HILARION	48026	50	kVA		22.9-10/0.38-0.22	
188	SAM	452403	E	3φ	PUERTO RICO	48028	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
189	SAM	452410	E	3φ	PUERTO RICO	48028	50	kVA		22.9/0.38-0.22	
190	SAM	452405	E	3φ	PUERTO RICO	48028	50	kVA		22.9/0.38-0.22	

ANEXO B: Demandas máxima del alimentador S04

DEMANDAS MAXIMAS DEL ALIMENTADOR BE-S04 DEL SISTEMA ELECTRICO BELLAMSTA-2014

MES	DEMANDA (MW)
ENERO	3.98
FEBRERO	4.22
MARZO	4.25
ABRIL	4.37
MAYO	4.46
JUNIO	4.59
JULIO	4.77
AGOSTO	4.32
SEPTIEMBRE	4.28
OCTUBRE	4.64
NOVIEMBRE	4.60
DICIEMBRE	4.83



ANEXO C: Características de los conductores eléctricos.

Características de Conductores AAAC

Sección (mm ²)	Hilos (Nro)	Ø hilo (mm)	Peso (kg/km)	R 20°C (ohm/km)	Mod.Elas (kg/mm ²)	Coef.Dila (1/°C)	Sección (mm ²)	Ø ext (mm)	Amperaje en aire 40°C
120	19	2.83	329.0	0.2750	6200	0.000023	120.00	14.30	340.00
95	19	2.52	260.0	0.3520	6200	0.000023	95.00	12.60	300.00
70	19	2.15	190.0	0.4840	6200	0.000023	70.00	10.80	235.00
50	7	3.02	137.0	0.663	6200	0.000023	50.00	9.10	195.00
35	7	2.52	96.0	0.952	6200	0.000023	35.00	7.60	160.00
25	7	2.15	70.0	1.31	6200	0.000023	25.00	6.50	125.00

Características de Conductores Cu

Sección (mm ²)	Hilos (Nro)	Ø hilo (mm)	Peso (kg/km)	R 20°C (ohm/km)	Mod.Elas (kg/mm ²)	Coef.Dila (1/°C)	Sección (mm ²)	Ø ext (mm)	Amperaje en aire 40°C
50	19	1.78	429.0	0.395	12000	0.000017	50.00	8.90	277.00
35	7	2.52	317.0	0.534	12000	0.000017	35.00	7.60	229.00
25	7	2.14	228.0	0.741	12000	0.000017	25.00	6.40	188.00
16	7	1.70	144.0	1.17	12000	0.000017	16.00	5.10	141.00

Resistencia (R)- AAAC

Sección	25	35	50	70	95	Und
R 20°C	1.310	0.952	0.663	0.484	0.3520	Ohm/km
Alfa	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	°C -1
T Oper.	40	40	40	40	40	°C
R T Oper.	1.404	1.021	0.711	0.519	0.377	Ohm/km


Resistencia (R)- Cu

Sección	16	25	35	50	Und
R 20°C	1.170	0.741	0.534	0.395	Ohm/km
Alfa	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	°C -1
T Oper.	40	40	40	40	°C
R T Oper.	1.261	0.799	0.576	0.426	Ohm/km

Cálculo de la Reactancia Inductiva

Sección (mm ²)	Radio Hilo (m)	Radio Equi (m)	f (Hz)	X 3F/22.9 Trifásico (Ohm/km)
120	0.00142	0.00715	60	0.4219
95	0.00126	0.00630	60	0.4315
70	0.00108	0.00540	60	0.4431

ANEXO D: Cotización de tres reguladores de tensión monofásica 13.2KV.

	COTIZACION ELECTROWERKE		
	Codigo: SGC-FOR-023	Version N°: 1	Pagina: 1/1

COTIZACION PRESUPUESTAL Nro FL-1051-2			
RAZON SOCIAL	: ELECTRO ORIENTE-EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD DEL OR Av. Freyre 1168 Iquitos-Maynas-Loreto, Perú Tel.: +51 65 253500	Referencia:	
ATENCION	: Niño Pereira Torres	Fecha:	12/08/2014
PROYECTO	: Reguladores de tensión 22.9 kV	Ejecutivo:	

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	MON	UNIT.	TOTAL
1	Reguladores de tensión 22.9 kV Tension nominal del Sistema : 22.9KV 03 Reguladores de Tension Monofasico 14.4KV, 100A, 150KV-BIL, 144KVA, según norma ANSI Montaje: Exterior Modelo: SVR-1 Clase de Enfriamiento: AA (No Forzado) Resistencia Mecánica y Térmica a los cortocircuitos: 25 Veces la corriente nominal por 2 segundos. INCLUYE: - 1 pararrayo shunt y 1 by-pass - Unidad de control del regulador de tensión tipo UVR-1. - Indicador mecánico de posición de los taps. - Placa de datos. - Válvula de drenaje de aceite con tomador de muestras. - Aisladores de porcelana. - Motor eléctrico para accionamiento de taps. - Indicador de nivel de aceite. - 03 Seccionador By pass	3.00	USS	25,000.00	75,000.00
2	Reguladores de tensión 22.9 kV Tension nominal del Sistema : 22.9KV 03 Reguladores de Tension Monofasico 14.4KV, 200A, 150KV-BIL, 288KVA, según norma ANSI Montaje: Exterior Modelo: SVR-1 Clase de Enfriamiento: AA (No Forzado) Resistencia Mecánica y Térmica a los cortocircuitos: 25 Veces la corriente nominal por 2 segundos. INCLUYE: - 1 pararrayo shunt y 1 by-pass - Unidad de control del regulador de tensión tipo UVR-1. - Indicador mecánico de posición de los taps.	3.00	USS	34,000.00	102,000.00

ELECTROWERKE S.A.
Calle Maria Reiche 159, 4to. Piso Urb. Higuera - Surco Lima, Peru

RUC 20386239828

Teléfono : 271-2700
Fax : 355-2184

<ul style="list-style-type: none"> - Placa de datos. - Válvula de drenaje de aceite con tomador de muestras. - Aisladores de porcelana. - Motor eléctrico para accionamiento de taps. - Indicador de nivel de aceite. - 03 Seccionador By pass 				
				TOTAL: US\$ 177,000.00

CONDICIONES COMERCIALES:

Precios	:	Expresados en Dólares Americanos (USD).
Plazo de Entrega	:	140 días, contados desde la fecha de emisión de la Orden de Compra, de la fecha de aprobación de los planos y de la fecha del pago del adelanto; LO QUE OCURRA ÚLTIMO. Los planos para aprobación deberán ser devueltos en un plazo no mayor a siete (7) días.
Lugar de Entrega	:	En sus almacenes en Tarapoto.
Forma de Pago	:	50% de Adelanto, saldo contra entrega de los equipos.
Garantía	:	Los equipos están garantizados contra cualquier defecto de fabricación o mano de obra por un periodo de DOCE (12) MESES a partir de la entrega. Para la aplicación de la garantía, los equipos deberá contar con la constancia de supervisión de la instalación por nuestro especialista.
Validez	:	Treinta (30) días a partir de la fecha.
Costo de Cancelación del Pedido	:	

ANEXO E: Presupuesto total desagregado del proyecto de instalación del regulador de tensión.

METRADO Y PRESUPUESTO DE SUMINISTRO DE MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UND.	METRADO	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
A	SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS				
1.00	POSTES				8160.00
1.01	POSTE DE C.A.C 13m/400 daN	u	4.00	1300.00	5,200.00
1.02	CRUCETA DE C.A DE 1.5 m	u	2.00	130.00	260.00
1.03	MEDIAS LOZAS	u	6.00	260.00	1,560.00
1.04	MEDIAS PALOMILLAS	u	6.00	190.00	1,140.00
2.00	REGULADOR DE TENSION				297,636.00
2.01	REGULADOR DE TENSION MONOFASICO	u	3.00	99212.00	297,636.00
3.00	CABLES Y CONDUCTORES				450.00
3.01	CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO AAAC DE 90 mm ²	Km	0.050	9000.00	450.00
4.00	AISLADORES				1,572.00
4.01	AISLADOR POLIMERICO DE SUSPENSION 22.9KV	u	6.00	128.00	768.00
4.02	AISLADOR TIPO PIN DE PORCELANA CLASE ANSI 56-2	u	4.00	58.00	232.00
4.03	ESPIGA PARA CRUCETA TIPO PIN 56-2	u	4.00	23.00	92.00
4.04	AISLADOR POLIMERICO TIPO PIN 22.9KV	u	4.00	120.00	480.00
5.00	ACCESORIOS DE CABLES				354.00
5.01	GRAPAS TIPO PISTOLA	u	6.00	35.00	210.00
5.02	CONECTOR AL-AL 16-50mm	u	12.00	5.00	60.00
5.03	ALAMBRE DE AMARRE ALUMINIO RECOCIDO	m	30.00	2.80	84.00
6.00	ELEMENTOS DE FERRETERIA Y ACCESORIOS				449.00
6.01	PERNO OJO DE A°G° DE 16mm Ø X305 mm PROVISTAS DE TUERCA Y CONTRATURCA	u	13.00	15.00	195.00
6.02	PERNO OJO DE A°G° DE 16mm Ø X205 mm PROVISTAS DE TUERCA Y CONTRATURCA	u	14.00	13.00	182.00
6.03	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A°G° 57X57X5 mm AGUJERO DE 18 mm	u	60.00	1.20	72.00
7.00	PUESTA A TIERRA				1,778.00
7.01	ELECTRODO DE COBRE DE 16 mm Ø X2.40 m	u	3.00	220.00	660.00
7.02	CONECTOR TIPO AB PARA ELECTRODO DE 16 mm	u	3.00	5.00	15.00
7.03	PLANCHA DOBLADA DE COBRE PARA TOMA A TIERRA DE ESPIGAS Y/O PERNOS	u	8.00	6.00	48.00
7.04	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR DE 16 mm ²	u	10.00	5.00	50.00
7.05	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, DE 16 mm ²	m	60.00	14.00	840.00
7.06	CAJA DE REGISTRO PARA P.T DE 0.50 X0.50 X0.45 m.	u	3.00	55.00	165.00
TOTAL					310,399.00

ITEM	MONTAJE ELECTROMECÁNICO Y OBRAS CIVILES	UND.	CANT.	PRECIO	TOTAL S/.
1.00	OBRAS PRELIMINARES				
1.01	ESTUDIO DE INGENIERIA	Local.	1	15519.95	15519.95
1.02	REPLANTEO TOPOGRAFICO, INGENIERIA DE DETALLE	Local.	1	391.39	391.39
				SUB-TOTAL: 1	15911.34
2.00	INSTALACION DE POSTES DE CONCRETO				
2.01	TRANSPORTE DE POSTE DE CAC 13 m DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE	u	6	68.71	412.26
2.02	EXCAVACION EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)	m3	4.224	46.07	194.60
2.04	IZAJE, IDENTIFICACION Y SEÑALIZACION DE POSTE DE 13 m	u	6	65.46	392.76
2.05	CIMENTACION CON CONCRETO PARA POSTE DE 13 m	m3	3.858	57.1	220.29
				SUB-TOTAL: 2	1219.91
3.00	MONTAJE DE ARMADOS				
3.01	ARMADO TIPO PEDESTAL	u	1	750	750.00
				SUB-TOTAL: 3	750.00
4.00	MONTAJE DE REGULADOR				
4.01	INSTALACION DE REGULADOR DE TENSION	u	3	900	2700.00
				SUB-TOTAL: 4	2700.00
5.00	MONTAJE DE CONDUCTOR				
5.01	CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO AAAC DE 90 mm2	Km	0.050	2500	125.00
				SUB-TOTAL: 5	125.00
6.00	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA				
6.01	EXCAVACION EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)	m3	3.39	46.07	156.1773
6.02	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u	3	98.22	294.66
6.03	RELLENO Y COMPACTACION DE PUESTA A TIERRA	m3	3.39	41.23	139.7697
				SUB-TOTAL: 6	590.61
7.00	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO				
7.01	INSPECCIONES Y PRUEBAS	Local.	1	6207.98	6207.98
				SUB-TOTAL: 7	6207.98
TOTAL MONTAJE ELECTROMECANICO					S/. 25,534.93

**RESUMEN DE PRESUPUESTO DE INSTALACION REGULADOR
DE VOLTAJE EN MEDI ATENSION 22.9 kV**

ITEM	DESCRIPCION	TOTAL SOLES (S/.)
A	SUMINISTRO DE MATERIALES	310,399.00
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	25,534.93
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	62,079.80
D	COSTO DIRECTO (C.D.)	398,013.73
E	GASTOS GENERALES (10% C.D.)	39,801.37
F	SUB-TOTAL SIN IGV	437,815.10
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO S/.	437,815.10

ANEXO F: Vistas fotográficas.

Instalación de reguladores de tensión en San Antonio



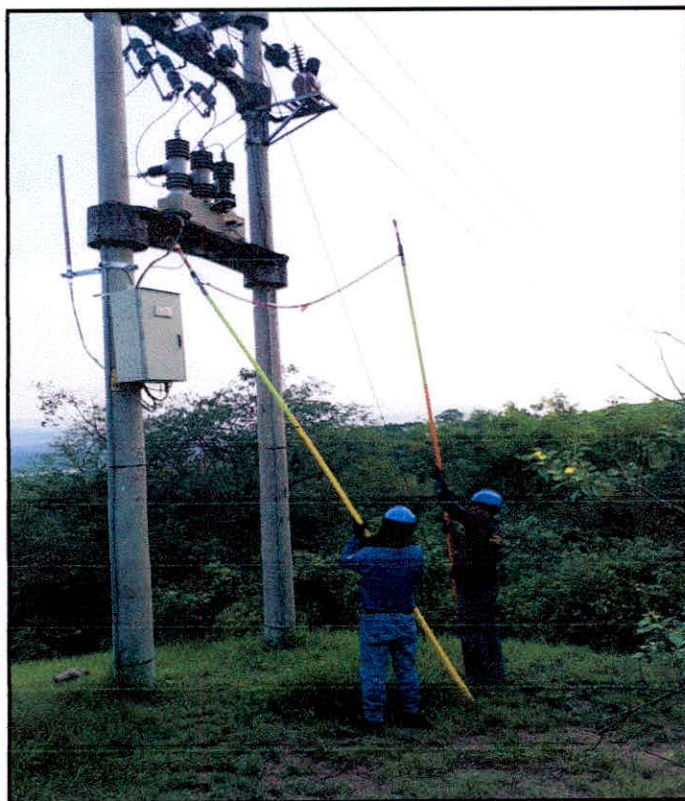
Reguladores de tensión en San Antonio



Medición de tensión en MT 22.9KV en Caspizapa BE-S04



Medición de tensión en MT 22.9KV derivación a Shamboyacu BE-S04



ANEXO G: Escenarios de estudio en formato A1 siguiente página.