

Dimensionamiento de centro de distribución para operación de red de distribución eléctrica

Stella Marys Brizuela Lezcano¹, Leticia Inés Páez Duarte² y Luis Carmelo Ramírez Vergara³

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este

Ciudad del Este, Paraguay

¹stellambl@outlook.com, ²letipaezduarte@gmail.com, ³luisramirezvergara100@gmail.com

Resumen

Todo Sistema Eléctrico de Potencia incluye las etapas: generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica. Su función principal es proveer energía desde los centros de generación a los de consumo, de forma segura y con buena calidad.

El gran crecimiento actual del consumo eléctrico de Paraguay está acentuando la saturación del sistema de transmisión y distribución eléctrica con que se cuenta actualmente. Este también es el caso de la ciudad Santa Rita, que al carecer de fuente de alimentación propia, padece baja calidad de suministro eléctrico que se refleja en elevados índices FEP y DEP.

El presente trabajo propone implementar un centro de distribución en dicha ciudad, como alternativa para mejorar la calidad y la fiabilidad del servicio.

El método empleado para evaluar la propuesta consistió en identificar la zona de mayor consumo, aplicando el concepto densidad de carga. Luego, mediante un *software* especializado, se analizó el flujo de carga para averiguar si un centro de distribución ayuda a mejorar los niveles de tensión de manera a validar la hipótesis formulada.

Como resultado de las simulaciones realizadas se concluye que la provisión de un centro de distribución puede suministrar energía eléctrica atendiendo satisfactoriamente la demanda actual de la ciudad Santa Rita. La confiabilidad del centro depende de diversos factores como: tipo de conductor a utilizar, tipo de servicio y cantidad de alimentadores expresos empleados.

Descriptores: centro de distribución, flujo de carga, densidad de carga.

Abstract

A Power Electrical System includes the following stages: generation, transmission, distribution and use of electrical energy. Its main function is to provide energy from the generation centers to the consumption centers, in a safe manner and with good quality.

The paraguayan electric consumption growth is accentuating its current transmission and distribution system saturation. This is also the case of Santa Rita city, which lacks a proper power supply. This causes a low quality electricity service, that is reflected in high FEP and DEP indices.

This work proposes the implementation of a distribution center in this city as an alternative to improve the service quality and reliability.

The method consisted in identifying the area with highest consumption, by applying load density concept. Then, using a special application, a load flow analysis was performed to see whether a distribution center can help improve voltage levels in order to validate the stated hypothesis.

As a result of the simulations performed, it is concluded that with the provision of a distribution center, the electric energy supply to Santa Rita city can meet satisfactorily the current demand. The operation reliability of the distribution center depends on several factors such as: type of conductor to be used, type of service and amount of express feeders to be used.

Keywords: distribution center, load flow, load density.

1. Introducción

Todo sistema de distribución de energía eléctrica tiene como objetivo transportar energía hasta los centros de consumo (ciudades, pueblos, par-

ques industriales, centros turísticos, etc.). Es necesario realizar este servicio al consumidor final de manera segura y eficiente. El logro de este objetivo requiere realizar estudios y diseños, grandes

inversiones de capital y aplicar normas nacionales e internacionales.

Esto involucra un riguroso planeamiento de: una amplia variedad de conceptos de Ingeniería Eléctrica, nuevas tecnologías, materiales más económicos y eficientes, buen procedimiento de construcción, y operación adecuada con riguroso mantenimiento.

El gran crecimiento del consumo de energía eléctrica que se está produciendo en Paraguay, debido tanto al aumento demográfico como al crecimiento del sector productivo del país, está generando una creciente saturación de la capacidad de los sistemas de transmisión y distribución eléctrica con que se cuentan en la actualidad. Una disponibilidad energética deficitaria puede desacelerar el actual crecimiento económico del país [1].

El objetivo primordial del Plan Maestro de Distribución de Energía Eléctrica de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) contempla formar un programa de desarrollo del sistema eléctrico de distribución basado en resultados de estudios de planificación de distribución de corto y medio plazo. Dicho plan propugna la optimización de las redes primaria y secundaria de distribución ya existentes. Asimismo; el plan promueve el desarrollo futuro del sistema eléctrico para atender el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en zonas ya incorporadas, y la expansión a zonas aún no servidas.

El Plan de obras de ANDE incluye un importante número de nuevas subestaciones. Para este año está prevista la construcción de la subestación de la ciudad Santa Rita, con niveles de tensión eléctrica de 220/23 KV y con una capacidad de 41,67 MVA.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar la conveniencia de construir un centro de distribución como alternativa para mejorar la calidad del servicio de suministro de energía eléctrica a la ciudad Santa Rita.

2.2. Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual de la calidad del servicio de energía eléctrica a la ciudad Santa Rita.
2. Seleccionar una ubicación estratégica para el centro de distribución.
3. Buscar alternativas eficientes para el transporte de energía eléctrica a media tensión.
4. Proponer opción para mejorar el índice de confiabilidad y eficiencia en el sistema de distribución.

3. Material y método

1. Desarrollo del diseño de la investigación

Se han recolectado datos de los alimentadores que atienden el microcentro de la ciudad Santa Rita. Primeramente se analizaron los índices de Frecuencia Equivalente de Interrupción por Potencia (FEP) y Duración Equivalente de Interrupción por Potencia (DEP) de la ciudad, de manera a obtener un panorama de la calidad del suministro de energía eléctrica de dicha ciudad. Luego se realizó una simulación del flujo de carga obteniéndose así información sobre la situación actual. Estudiando la densidad de carga se identificó la zona de mayor consumo (en kW/km^2) de manera a ubicar estratégicamente el Centro de Distribución [2]. Posteriormente se volvió a realizar el flujo de carga incluyendo el Centro de Distribución (Fig. 1).

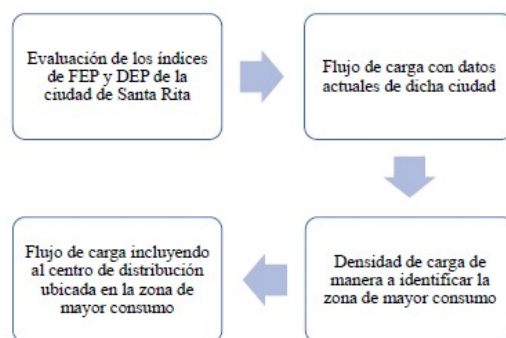


Figura 1. Organigrama de tareas.

2. Procedimiento.

A. Evaluación de los índices FEP y DEP de la ciudad Santa Rita.

Los datos de los índices FEP y DEP son útiles para obtener información sobre indicadores de continuidad del servicio de la empresa distribuidora de energía eléctrica (la ANDE), para evaluar la calidad del servicio y el desempeño del sistema de distribución. Cuando el distribuidor de energía eléctrica supera valores admitidos para cada indicador en cada etapa, se considera que no cumple con el nivel de calidad de servicio técnico.

Las empresas distribuidoras de energía buscan disminuir los valores de los índices FEP y DEP, de tal manera a mejorar la calidad del servicio prestado. Sin embargo, en la figura 2 se puede observar que en Santa Rita, estos valores aumentan con el correr de los años, lo que significa que el sistema de distribución es incapaz de acompañar el crecimiento de la demanda de energía eléctrica, lo cual hace que el sistema se vuelva menos confiable, ocurriendo cortes de suministro de energía eléctrica a los pobladores de dicha ciudad.

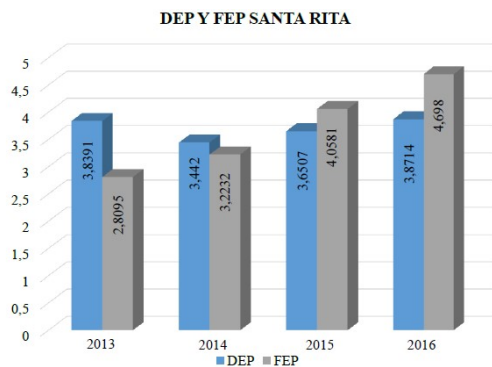


Figura 2. Índices FEP y DEP de la ciudad Santa Rita.

Con respecto a los índices FEP y DEP, actualmente Paraguay carece de reglamentación que establezca criterios y rangos que deben cumplirse, y tampoco hay un ente que los regule.

B. Flujo de carga con datos actuales de la ciudad

El sistema eléctrico de distribución del país es radial, esto es, el flujo de potencia de cada sistema de subestación nace de un solo nodo. Este nodo principal se reconoce como la subestación que alimenta al resto de la red. En la subestación se reduce el voltaje del nivel de alta tensión (A.T.) al de media tensión (M.T.). Sin embargo, la ciudad Santa Rita es actualmente energizada por alimentadores provenientes de tres subestaciones eléctricas: K-304 y K-307, colindantes con la ciudad, provenientes de la Estación K30 ubicada en el distrito Minga Guazú; NAR4, proveniente de la Subestación de Naranjal, ubicada en la ciudad Naranjal; y PBU3, proveniente de la Estación Paranambú, ubicada en el distrito Domingo Martínez de Irala. En la figura 3 se muestra el despliegue de las subestaciones de que se provee a la ciudad Santa Rita.

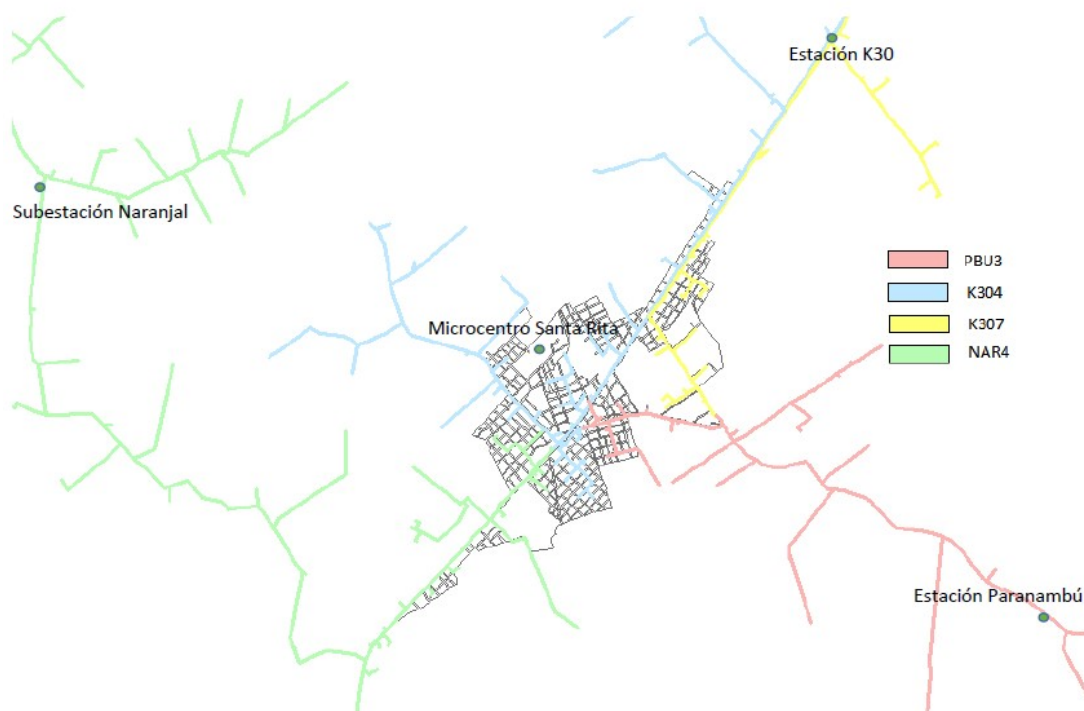


Figura 3. Ubicación geográfica de las subestaciones eléctricas desde las cuales parten las líneas que proveen a la ciudad Santa Rita

Para hallar una propuesta de solución al problema de flujo de carga se empleó el *software* CYMDIST, cuya licencia de utilización posee la ANDE, entidad que proveyó la información necesaria para poder realizar el análisis y los cálculos pertinentes.

Este *software*, utilizado para análisis de distribución eléctrica, consta de módulos de análisis, editores de red y bibliotecas personalizadas que

posibilitan realizar estudios predictivos por simulación, de tal manera que se puede evaluar el impacto de los cambios en la red.

Para la realización del análisis, primeramente, se cargaron los parámetros del sistema, siendo estos: frecuencia del sistema, potencia base, tensión base y temperatura exterior.

Como datos de entrada CYMDIST requiere las potencias activa y reactiva máximas o los perfiles

de carga. Cabe resaltar que este *software* utiliza los valores máximos debido a que calcula las pérdidas en la red, por lo que los resultados son obtenidos considerando circunstancias extremas a las que se puede encontrar sometido el sistema.

Con la información y los parámetros de cada una de las subestaciones desde donde parten las líneas con que se provee a la ciudad, se ingresaron los valores de tensión nominal, tensión de servicio e impedancia de cada una de estas subestaciones. Posteriormente se ingresaron los valores de corriente y el factor de potencia en la cabecera de cada una de las líneas alimentadoras.

Luego de cargar los datos necesarios en cada uno de los alimentadores, se hizo la distribución de carga, que asigna un valor definido de demanda a cada una de las fases, en función de los kVA conectados al alimentador.

Al hacer la distribución de carga se procedió a analizar el flujo de carga en cada uno de los alimentadores individualmente.

C. Densidad de carga para identificar la zona de mayor consumo

La ciudad Santa Rita carece de zona industrial, por lo que los silos e industrias se encuentran dispersos y distantes unos de otros. El análisis para la ubicación estratégica del centro de distribución fue delimitado al microcentro, que es donde la carga se encuentra concentrada. Para minimizar las pérdidas por conducción, los centros de distribución deben estar situados lo más próximo posible al mayor centro de carga. Identificar esta ubicación fue posible mediante el análisis de densidad de carga, en el cual la carga fue considerada distribuida uniformemente en cada kilómetro cuadrado [3].

La superficie considerada para la uniformización de carga se denomina área unitaria, por una cuestión de practicidad en este trabajo se la representó mediante la unidad kilómetro cuadrado (Km^2). Esta superficie está identificada por coordenadas geodésicas WGS84 (en castellano: Sistema Geodésico Mundial 1984) proyectadas a un modelo 2D mediante el sistema de proyección denominado UTM.

La asignación de áreas unitarias se realizó de forma conveniente, considerándose una distribución por cuadradas. Para calcular la demanda total por cuadrada se tuvo en cuenta la carga instalada, es decir, la sumatoria del consumo de cada usuario perteneciente a la cuadrada en cuestión, considerando un total de 26 meses, que abarca desde abril de 2016 hasta mayo de 2018.

Distribución de cuadradas y usuarios

Para cargar los datos de consumo en kW·h fue necesario enumerar las cuadradas, lo cual se logró con empleo del *software* de acceso libre QGIS. A fin

de realizar un cálculo con mayor precisión, fueron usados los números de NIS (*Network Information System*) de los usuarios, esto significa que si un usuario cuenta con más de un medidor todos ellos fueron considerados para calcular el consumo.

Los datos de consumo de los 26 meses incluidos, fueron cargados en una tabla. El mismo procedimiento se realizó para todas las cuadradas, que totalizan 176. Se hizo una recopilación de la sumatoria de los consumos mensuales por cuadrada para cada una de estas. En la tabla 1 se muestra un ejemplo de consumo mensual tabulado por cinco meses para una área unitaria.

Obtención de densidad de carga

Los datos proporcionados por la ANDE están dados en kW·h, por lo que fue necesario realizar la siguiente conversión:

$$\frac{CargaInstalada}{30días * 24horas} = \frac{kW \cdot h}{h} = kW$$

Los resultados de esta conversión fueron cargados en una tabla junto con la correspondiente área de la cuadrada a la que pertenece, estas áreas fueron extraídas a través del *software* mencionado previamente.

Las densidades de carga se obtuvieron a partir de la sumatoria del consumo de todos los usuarios pertenecientes a la misma región, dividida entre el valor de la superficie en cuestión, obteniéndose la densidad en kW/Km^2 , tal como indica la siguiente ecuación:

$$DensidadDeCarga = \frac{CargaInstalada}{areaDeLaZona}$$

Cada uno de estos valores fueron analizados para identificar las cinco primeras cuadradas de mayor consumo. Se realizó también la proyección de la demanda para verificar que estas cuadradas han de continuar con ese comportamiento.

Una vez que se identificó la región donde la demanda es más elevada, ésta fue ubicada en el mapa y se averiguó si la zona cuenta con un espacio donde ubicar el centro de distribución. Posteriormente se obtuvieron las coordenadas de la ubicación mencionada y mediante el *software* CYMDIST se comparó la situación anterior a la presencia de este centro, con la situación posterior a su presencia para averiguar eventuales mejoras en el sistema de distribución. Para el análisis de flujo de carga incluyendo al centro de distribución, los siguientes factores fueron considerados: tipo de material del conductor, tipo de servicio (aéreo y subterráneo) y cantidad de ternas del alimentador expreso (una terna y dos ternas).

4. Resultados

Los resultados fueron obtenidos del proceso de simulación al cual se ha sometido al sistema, po-

sibilitando un análisis y consecuentemente la propuesta de una solución factible al problema de la calidad del suministro de energía eléctrica a la ciudad Santa Rita.

El método elegido para hacer las simulaciones del sistema abarca dos escenarios: análisis del flu-

jo de carga de la situación actual de la ciudad y análisis del flujo de carga incluyendo al centro de distribución ubicado estratégicamente en la zona de mayor densidad de carga.

Tabla 1. Consumo total por área unitaria.

Coord X	Coord Y	NIS	Apellido	Nombre	Consumo[kW.h]				
					abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16
690788	7146218	2292327	Rohr	Cesar Luis	0	0	0	0	0
690745	7146196	2304545	Werner	Valcecir	0	0	0	0	0
690741	7146193	1878048	Knob	Edson Otto	5025	5517	5820	6178	6544
690741	7146215	2519791	Sanchez	Fulvia	47010	48145	48621	49097	49486
690715	7146225	2174569	Machado	Charles Luiz	1183	1541	1694	1848	2030
690713	7146218	2419772	De Sousa	Joana	847	1130	1340	1507	1560
690717	7146218	2398229	Schmidt	Edvino	4402	4734	5001	5268	5390
690705	7146232	2285225	Venceslau	Cilso A	2195	2862	3360	3746	4155
SUMA POR MES					60662	63929	65836	67644	69165

1. Flujo de carga de la situación actual de la ciudad Santa Rita.

El análisis de flujo de carga fue realizado en cada alimentador individualmente, debido a que estos no se encuentran interconectados, considerando información y parámetros correspondientes a cada uno de ellos.

Alimentadores K30-4, K30-7, NAR-4, PBU-3.

Los puntos que fueron tomados en consideración para el análisis de flujo de carga fueron situados en la salida de las subestaciones: punto 1, en la entrada de la ciudad (zona rural): punto 2, y en la entrada del microcentro (zona urbana): punto 3. Los valores obtenidos en el punto 1 del análisis, en la salida de los alimentadores, son aproximadamente los valores nominales del sistema. En la figura 4 se muestran los valores obtenidos en el punto 2 del análisis, en la entrada a la ciudad.

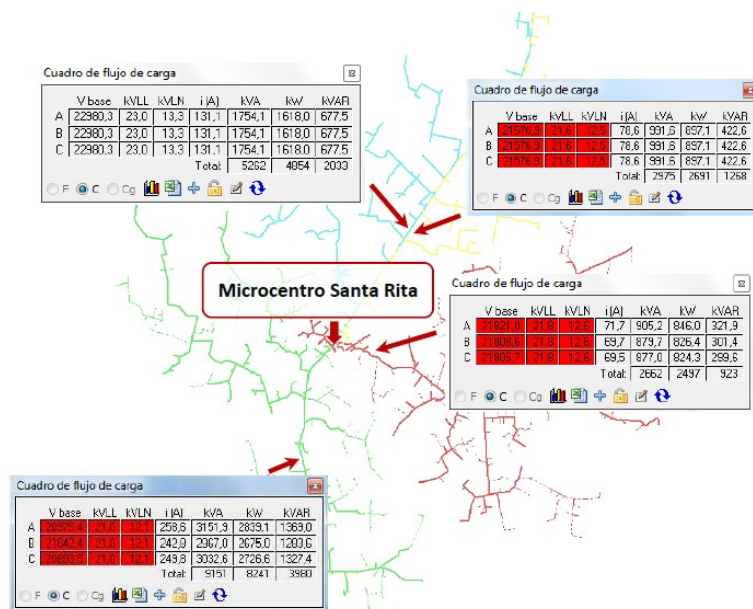


Figura 4. Resultados obtenidos del flujo carga en el punto 2, que representa la entrada a la ciudad Santa Rita.

El nivel de tensión del alimentador K30-4 en este punto, próximo a un regulador de tensión de 200 A, se encuentra dentro del rango admisible por el reglamento de media tensión de la ANDE

En periodos de alta demanda, los niveles de tensión de los alimentadores K30-7, NAR-4 y PBU-3 se encuentran por debajo de los límites establecidos por el reglamento de media tensión de la

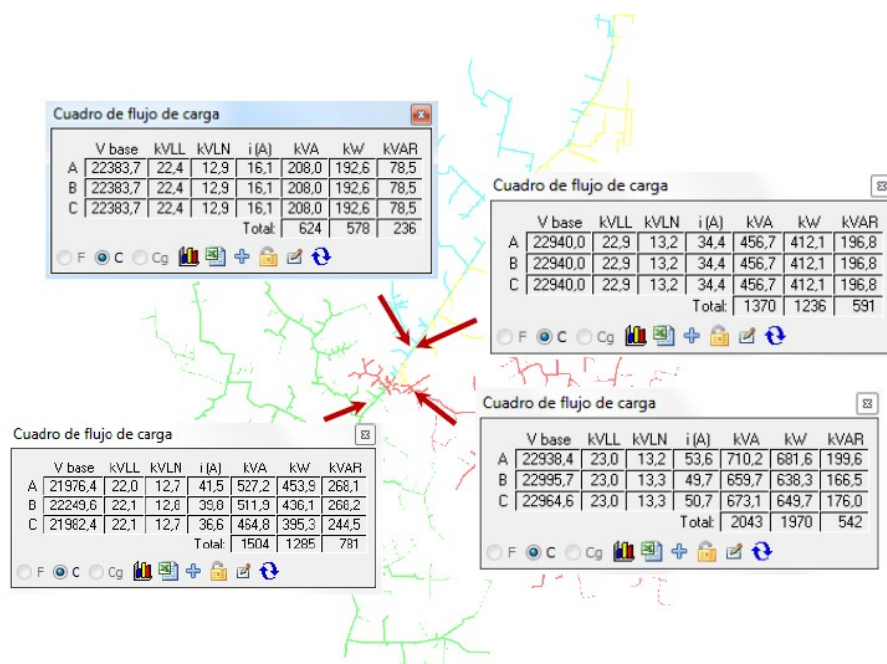


Figura 5. Resultados obtenidos del flujo carga en el punto 3, que representa la entrada al microcentro de la ciudad Santa Rita.

ANDE (5 % de la tensión nominal). Esta caída de tensión se debe a la cantidad de consumidores a que alimentan, a las pérdidas en el sistema (cables, reguladores, etc.) y a la longitud de cada línea de alimentación. En la figura 5 se muestran los valo-

res obtenidos en el punto 3 del análisis, en la entrada al microcentro de la ciudad. Los principales afectados por esta disminución de tensión son las industrias y los silos que se encuentran próximos a la entrada de la ciudad.

Los niveles de tensión en el punto de entrada al microcentro de la ciudad pueden disminuir bastante con respecto al valor nominal en periodos críticos, aunque todavía se encuentren dentro del límite operativo establecido en el reglamento de media tensión de la ANDE.

2. Flujo de carga incluyendo al centro de distribución.

Para este análisis se consideró al centro de distribución ubicado próximo a la cuadra con mayor consumo, resultado del análisis de densidad de carga. La red fue utilizada en su configuración actual, es decir, ningún equipo fue modificado, a excepción de algunos reguladores de tensión cuya utilización ya no fue necesaria en ciertos tramos.

Cabe destacar que debido a la poca disponibilidad de tipos de conductores en la base de datos de la ANDE empleada en el *software* CYMDIST, fue imposible analizar otros casos.

- Caso 1: Un alimentador expreso aéreo de cobre.

Para este caso se consideró un alimentador expreso aéreo de cobre, con sección de 150 mm^2 y un regulador de tensión de 100 A con

tap automático en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo ésta la demanda total del microcentro.

Aún en caso de utilizar el regulador de 100 A, con tap automático operando en su capacidad máxima, en estas condiciones el centro de distribución será incapaz de atender con calidad la demanda en situaciones críticas, en dos regiones del microcentro donde los niveles de tensión están por debajo de los límites de operación establecidos por la ANDE.

- Caso 2: Un alimentador expreso aéreo de aleación de aluminio.

Para este caso consideró un alimentador aéreo de aleación de aluminio, material actualmente utilizado en los alimentadores existentes (K304, K307, PBU3, NAR4), con sección de 150 mm^2 y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático en la

entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo ésta la demanda total del microcentro.

En estas condiciones, aún con el regulador de 100 A con tap automático operando en su capacidad máxima, es imposible garantizar un buen suministro de energía eléctrica. Los niveles de tensión en todos los troncales se encuentran muy por debajo de los límites de operación establecidos por la ANDE.

- Caso 3: Un alimentador expreso subterráneo de aluminio aislado.

En este caso se consideró un alimentador subterráneo de aluminio aislado, con sección de 240 mm^2 y con un regulador de tensión de 100 A, con tap automático en la entrada del centro de distribución, para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo ésta la demanda total del microcentro.

Utilizando este tipo de conductor, con la sección mencionada, el centro de distribución será incapaz de atender la demanda de manera confiable, ya que se tiene baja tensión en toda la zona alimentada por éste, no pudiendo de esta manera suministrar energía eléctrica con índices de calidad.

- Caso 4: Un alimentador expreso aéreo de preensamblado de aluminio.

En este caso se consideró un alimentador aéreo de aluminio aislado, con sección de 240 mm^2 y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo ésta la demanda total del microcentro.

En estas condiciones el centro de distribución sería capaz de atender la demanda aún en condiciones críticas con índices de calidad, es decir, con los niveles de tensión dentro del rango operativo establecido por la ANDE.

El inconveniente con esta propuesta es garantizar la confiabilidad del sistema, ya que

debido a que el centro de distribución está alimentado por un solo alimentador expreso y está constituido por una sola celda de media tensión, en caso de falla todo el microcentro es afectado hasta que el sistema sea restablecido.

- Caso 5: Dos alimentadores expresos aéreos de aleación de aluminio.

En este caso se consideraron dos alimentadores de aleación de aluminio con sección de 150 mm^2 cada uno y con un regulador de tensión de 100 A, con tap automático para cada alimentador, ubicados en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A cada una.

En estas condiciones, con la demanda dividida en dos alimentadores, el centro de distribución *es capaz* de atender la demanda en periodos críticos, encontrándose la tensión dentro del rango operativo establecido por la ANDE.

- Caso 6: Dos alimentadores expresos subterráneos de aluminio aislado.

En este caso se consideraron dos alimentadores subterráneos de aluminio aislado, con sección de 240 mm^2 cada uno y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático para cada alimentador, en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A cada una.

En estas condiciones es posible garantizar un buen suministro de energía eléctrica, los niveles de tensión están próximos a los nominales. Este tipo de conductor se caracteriza por tener impedancia mayor que otros conductores de la misma sección, por lo que la transmisión de energía se vuelve más deficiente.

- Caso 7: Dos alimentadores expresos aéreos de cobre.

En este caso se consideraron dos alimentadores aéreos de cobre, con sección de 150 mm^2 cada uno y con un regulador de tensión de

100 A, de tap automático para cada alimentador en la entrada del centro de distribución, para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A cada una.

En estas condiciones, con la demanda dividida entre dos alimentadores, el centro de distribución es capaz de atender la demanda en periodos críticos, encontrándose la tensión próxima al valor nominal. Debido a que la demanda está distribuida entre dos alimentadores, el sistema es mucho más confiable posibilitando de esta manera garantizar un buen suministro de energía eléctrica.

- Caso 8: Dos alimentadores expresos aéreos de preensamblado de aluminio.

En este caso se consideraron dos alimentadores aéreos de preensamblado de aluminio, con sección de 240 mm^2 cada uno y con un regulador de tensión de 100 A, de tap au-

tomático para cada alimentador, en la entrada del centro de distribución, para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Se consideró que el centro de distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A.

En estas condiciones, con la demanda dividida entre dos alimentadores, el centro de distribución es capaz de atender la demanda en periodos críticos, encontrándose la tensión próxima al valor nominal. Debido a que la demanda está distribuida en dos alimentadores, el sistema es más confiable.

En todos los casos mencionados anteriormente la carga desconectada de los alimentadores, que entonces sería atendida por el centro de distribución, es la misma (Fig. 6. en consecuencia produciría un alivio de carga en los alimentadores K30-4, K30-7, NAR-4 y PBU-3; lo cual se ve reflejado en sus respectivos niveles eventuales de tensión.

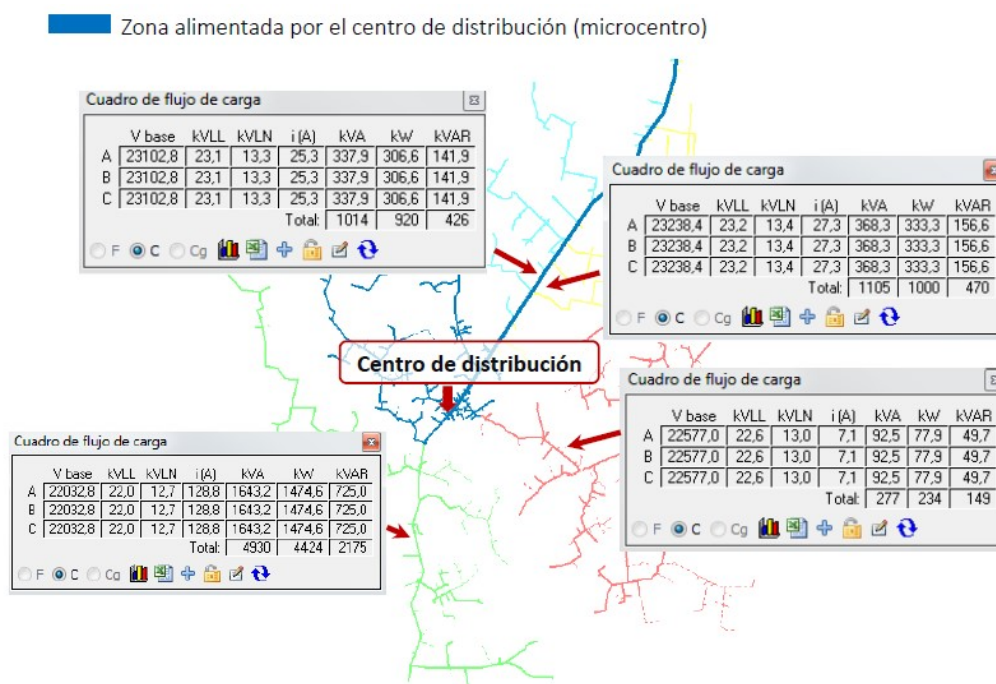


Figura 6. Flujo carga en el punto 3, en el microcentro de la ciudad Santa Rita, situando allí un centro de distribución.

Cabe destacar que las líneas fueron seccionadas para que en caso que ocurra falla de suministro del centro de distribución, los alimentadores K30-4, K30-7, NAR-4 y PBU-3 sean capaces de volver tomar dicha carga.

5. Conclusión

A partir de la interpretación de los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Los índices FEP y DEP son necesarios para poder obtener información sobre indicadores

de continuidad del servicio de la empresa distribuidora de energía eléctrica, de manera a evaluar la calidad del servicio prestado y el desempeño del sistema de distribución.

- La densidad de carga en el momento de realizar una instalación eléctrica en el sistema de distribución, sea subestación o centro de distribución, juega un papel importante ya que posibilita identificar la zona donde la carga esta mayormente concentrada de manera a minimizar las pérdidas por conducción.
- La implementación de un centro de distribución resulta conveniente para ciudades o pueblos que carezcan de subestación y cuyos consumidores se caractericen por ser mayormente de tipo residencial, comercial y/o pequeñas industrias, posibilitando garantizar un suministro de energía eléctrica con calidad.
- La eficiencia de un centro de distribución depende de factores como tipo de conductor a utilizar, tipo de servicio (aéreo o subterráneo) y demanda de la carga a ser alimentada.
- Dada la distancia que se tiene desde la fuente de alimentación hasta la carga, utilizando conductores de tipo aéreo aislado o de tipo subterráneo, se garantiza mayor calidad en el suministro, disminuyendo los cortes de energía eléctrica, ya que se evitan inconvenientes debidos accidentes vehiculares, tormentas y otros incidentes que puedan afectar como en el caso de las líneas convencionales, por lo que se logra mejorar considerablemente los indicadores FEP.
- En ciudades que no tengan definidas sus zonas industriales y cuyo crecimiento de producción sea elevado, como es el caso de la ciudad Santa Rita, la implementación de un centro de distribución es una solución alternativa para atender la demanda actual.
- Esta propuesta resulta importante debido a que posibilita monitorear en tiempo real los

perfiles de tensión de la red ya que cuenta con un sistema SCADA que posibilita el control a distancia.

En la investigación realizada se analizaron varios casos considerando distintos tipos de conductores y tipos de servicio (aéreo y subterráneo) como así también la cantidad de ternas del alimentador expreso, encontrándose varias opciones favorables para la solución a la problemática, que cumplan con los objetivos propuestos, es decir, garantizar el suministro de energía eléctrica con calidad.

Como se mencionó durante el trabajo, Santa Rita es una ciudad cuyo crecimiento industrial es elevado por lo que ya existe un proyecto de construcción de subestación. Este creciente desarrollo de la ciudad demanda implementar un centro de distribución como solución alternativa inmediata, ya que la baja calidad del servicio de energía en condiciones críticas representa pérdida para las industrias que están operando en la región actualmente.

Entre las variantes consideradas para la alimentación, se considera la de dos ternas de tipo preensamblado de aluminio con una sección de 240 mm² como la más conveniente, ya que es la que menor pérdida produce en la transmisión.

Referencias bibliográficas

- [1] ANDE. Análisis Ambiental Línea de Transmisión 500 kV CH Yacyreta-Ayolas-Villa Hayes. División de Gestión Ambiental, Administración Nacional de Electricidad. 2012. Obtenido de <http://www.ande.gov.py/documentos/InformeAmbientalANDELT.pdf>
- [2] D. González, D. Ubicación de subestaciones por medio de densidad de carga. Trabajo Final de grado, Univ. de San Carlos. Guatemala. 2006
- [3] E. Medina, E. Importancia de la densidad de carga para la planificación de transmisión y distribución, sugerencia de cálculo según escenario actual ANDE. IV Seminario del Sector Eléctrico Paraguay - CIGRE. Paraguay. 2010.