



Universidad
Tecnológica
de Pereira

LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE RECONECTADORES NORMALMENTE ABIERTOS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA

Autores:

Carlos Andrés Pulgarín F. Mario Aldemar Ríos

Camilo Andrés Acosta U. Ricardo Alberto Hincapié I.
Mauricio Granada E. Ramón Alfonso Gallego R.

**Subgerencia de Transmisión y Distribución
Empresa de Energía del Quindío
Armenia, Colombia**

**Grupo de Planeamiento Eléctrico
Programa de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

- En la actualidad los usuarios de la electricidad son cada vez más exigentes respecto a la disponibilidad y confiabilidad en el suministro de energía eléctrica, además las regulaciones son cada vez más estrictas y penalizan las interrupciones de servicio.
- La calidad del servicio y regulaciones en el Sector Eléctrico han motivado a que las empresas eléctricas de distribución realicen inversiones tecnológicas para mejorar su gestión y la prestación de servicio.
- Adaptar paulatinamente las redes eléctricas al concepto de redes inteligentes (*Smart Grids*), con el objetivo de auto-recuperarse (detectar, analizar, responder y restaurar el servicio), optimizar el uso de los activos y minimizar los costos de operación y maniobra mientras se mantiene la seguridad de operación de la red.
- Los reconectores normalmente abiertos (NA) son además utilizados en los sistemas de distribución primaria para diversas aplicaciones como reconfiguración de la red, en el cual se pueden considerar aspectos como reducción de pérdidas de potencia, mejoramiento de perfiles de tensión y disminución de la energía no servida, entre otros.
- Cumplimiento de la resolución CREG 082/2008.

Una ubicación inadecuada de estos elementos se puede ver reflejada en los siguientes problemas:

- Continuos cortes en el suministro de energía.
- Pérdidas económicas debido al valor de la energía no servida.
- Empeoramiento de los índices de confiabilidad.
- Penalizaciones a las empresas distribuidoras por parte de los entes reguladores.

De acuerdo a lo anterior y tomando conciencia de los nuevos desafíos para las compañías del sector eléctrico, la Empresa de Energía del Quindío (EDEQ SA ESP) en la formulación de sus planes de inversión ha decidido en conjunto con la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), el desarrollo de una metodología que permita integrar a sus redes y activos existentes reconectores normalmente abiertos (RNA) para transferencia de carga, cuando existan condiciones anormales en el sistema.

CONSIDERACIONES GENERALES

- Este problema es formulado como un modelo de programación no lineal entero mixto multiobjetivo.
- Es un modelo general que puede ser adaptado a sistemas de distribución con diferentes topologías y tamaños.
- Los objetivos propuestos en este trabajo son:
 - Minimizar los costos fijos (instalación de los reconectores NA).
 - Minimizar los costos asociados al valor de la energía no servida (ENS).
- La ENS es cuantificada utilizando tres criterios:
 - Simulación de contingencias n-1.
 - Regulación de tensión.
 - Capacidad de transferencia entre áreas.
- La ubicación de reconectores normalmente cerrados (NC) y fusibles se asume conocida.
- En el modelo matemático se considera solamente la instalación de reconectores NA.

DATOS DE ENTRADA

Datos de líneas

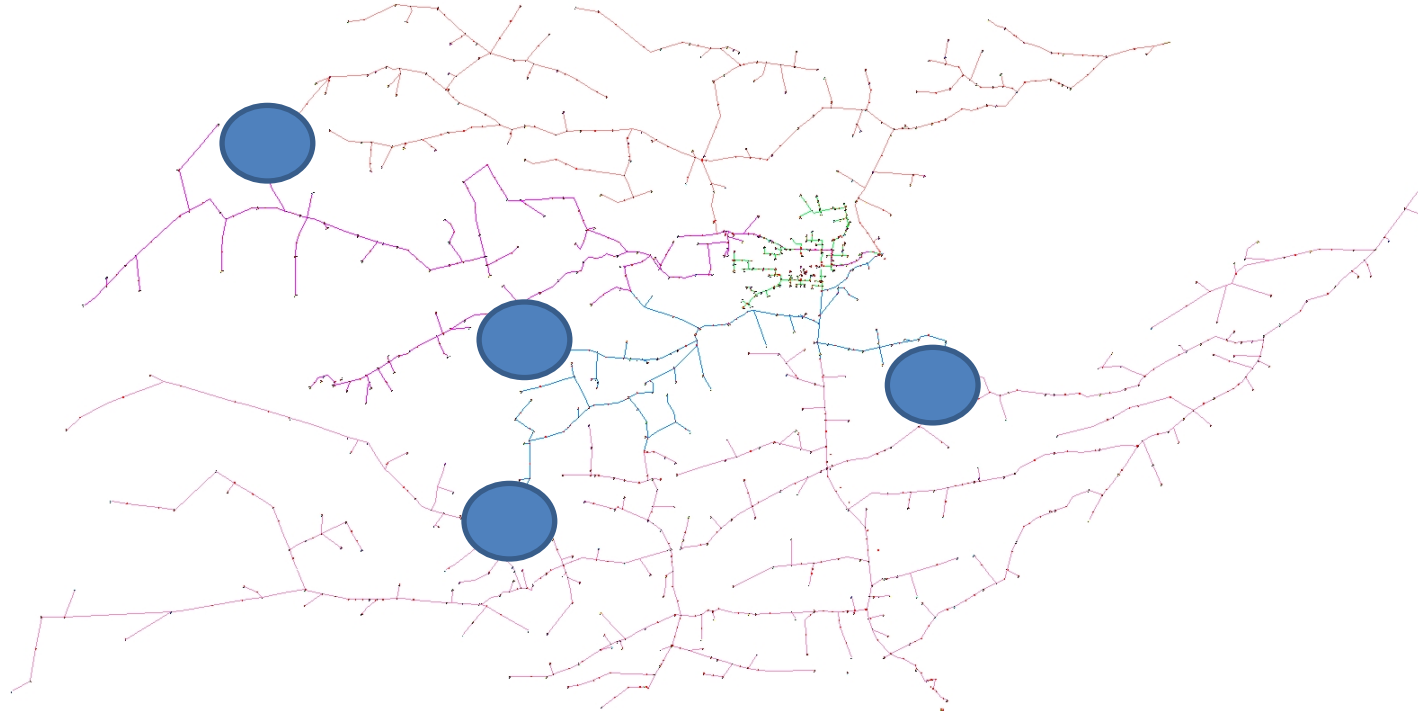
| | | | | | |
|-------|--------|------|-----|--------|------|
| Envío | Recibo | Long | RNC | Tfalla | Trep |
|-------|--------|------|-----|--------|------|

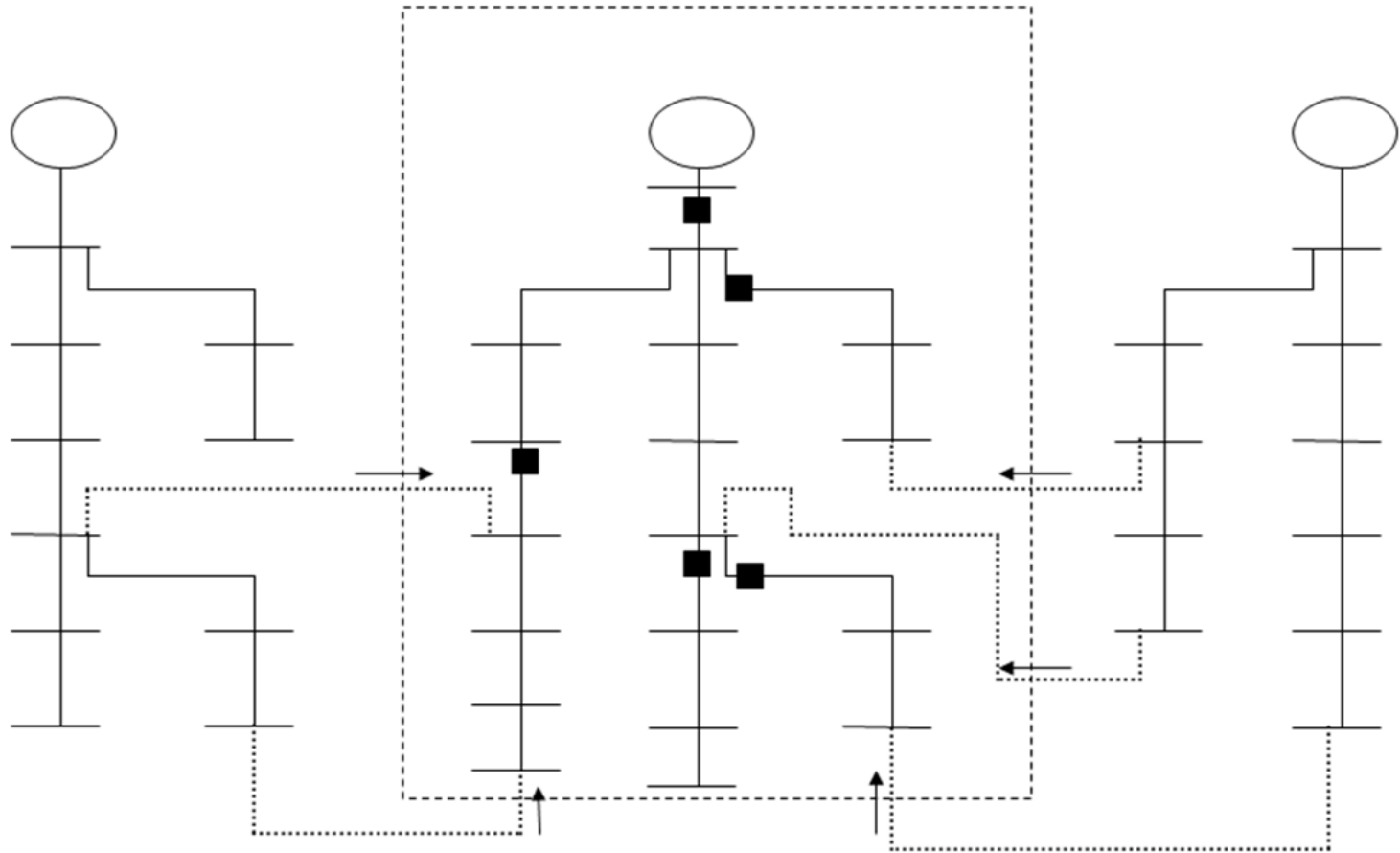
Datos nodales

| | |
|------|---------|
| Nodo | Demanda |
|------|---------|

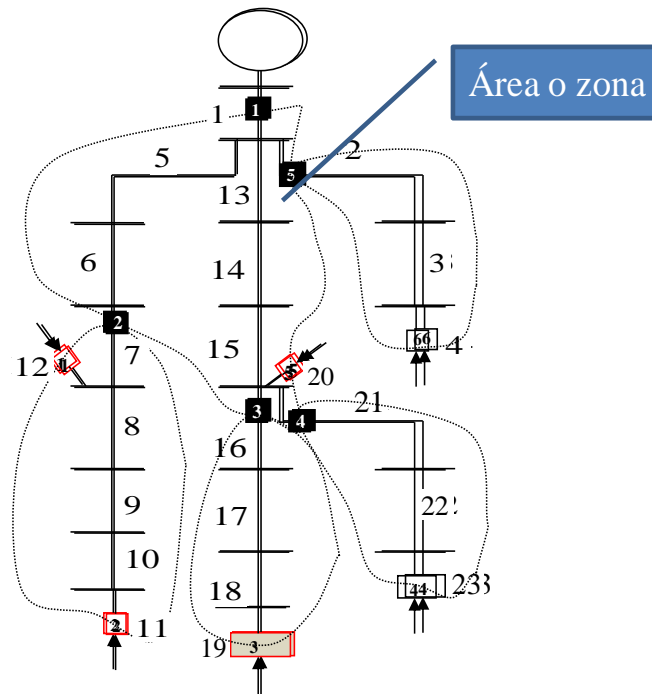
Datos de los reconectores NA

| | | |
|--------|---------|---------|
| Aenvio | Arecibo | \$Costo |
|--------|---------|---------|



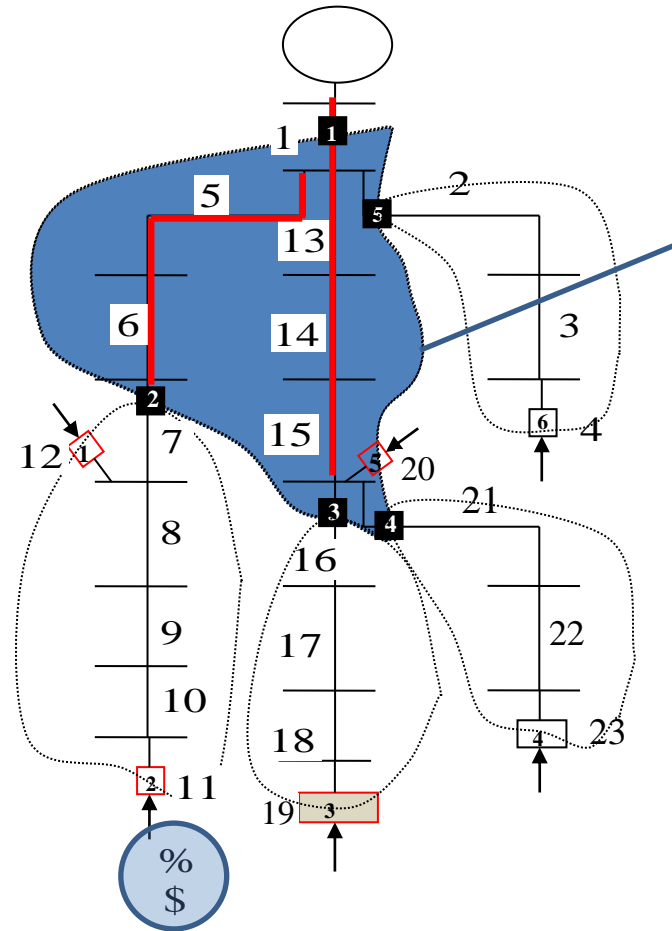


1RA ETAPA: INFORMACIÓN POR ÁREAS



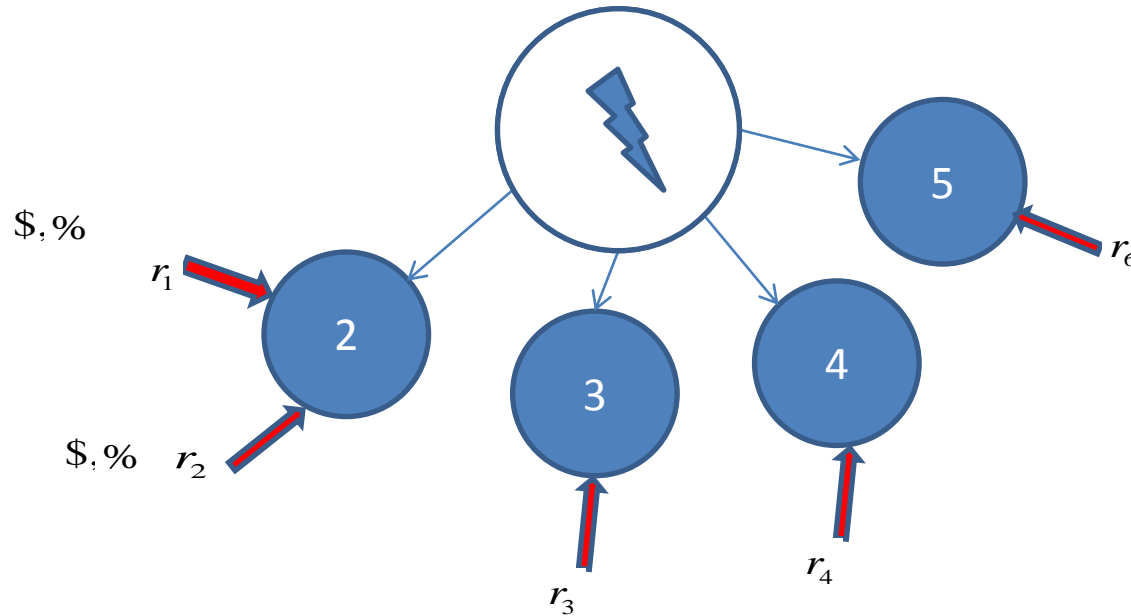
Debido a que la operación de los reconectores NA y NC delimitan unas áreas operativas, el sistema puede ser dividido por zonas. Por lo tanto:

2DA ETAPA: NENS por área



NENS: criterio n-1

2DA ETAPA: NENS por área



Posición
asociada
al RNA₁

Posición
asociada
al RNA₂

Posición
asociada
al RNA₃

Posición
asociada
al RNA_n

| | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|
| R _{NA 1} | R _{NA 2} | R _{NA 3} | --- | R _{NA n} |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|

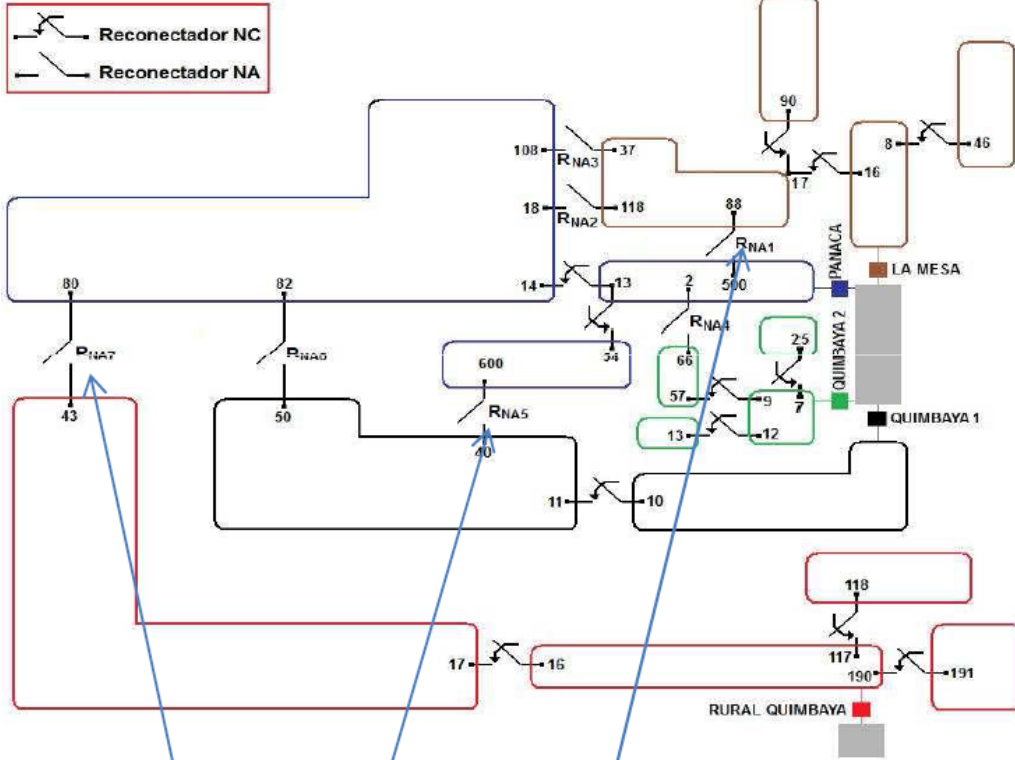
$$FO_1 = \min \sum_{j=1}^{NZ} NENS_j \cdot (1 - Z_j)$$

$$FO_2 = \min \sum_{k=1}^{NR} C_k \cdot X_k$$

Restricciones:

- Límites de tensión: el voltaje de los nodos del sistema considera límites máximos y mínimos.
- Capacidad de transferencia entre áreas: flujo máximo de corriente que pueden soportar los alimentadores y sus elementos de red.
- Capacidad de subestaciones: potencia máxima que pueden entregar las subestaciones.

2DA ETAPA: NENS por área

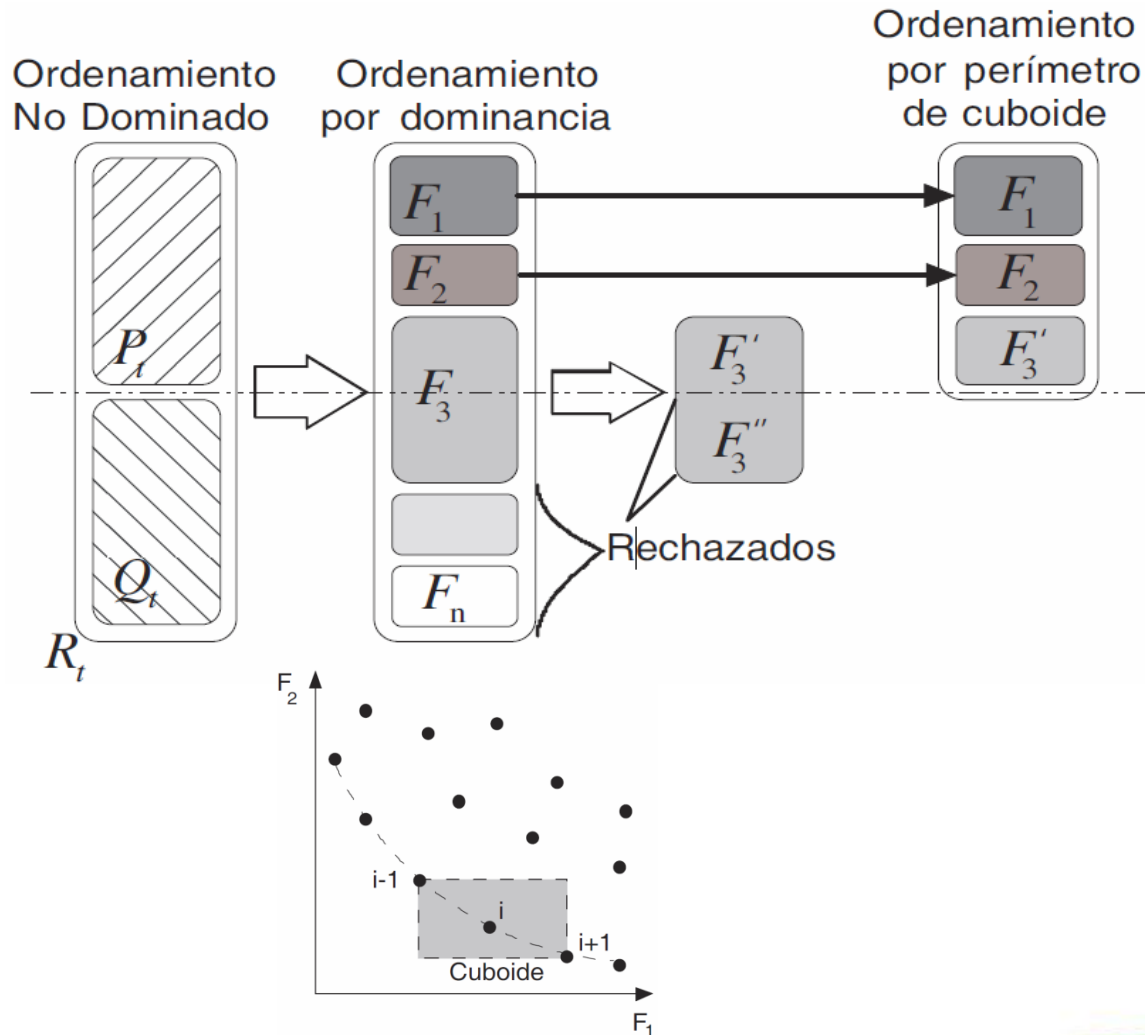


| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

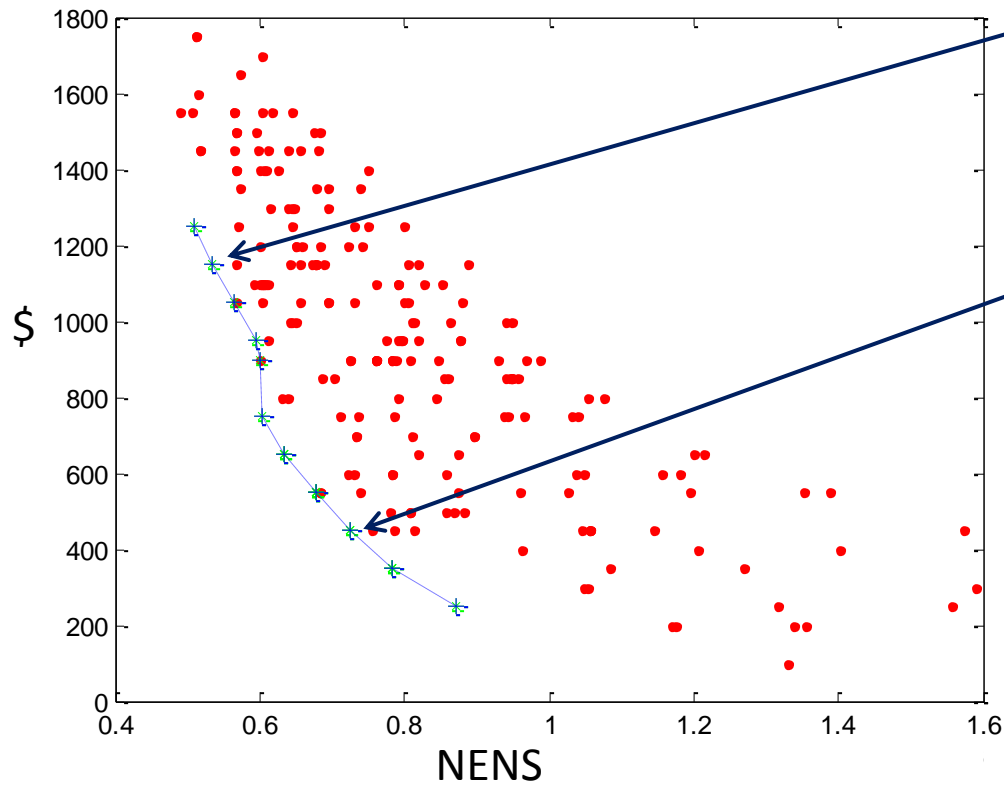
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|

LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE RECONECTADORES

3RA ETAPA: Optimización multiobjetivo

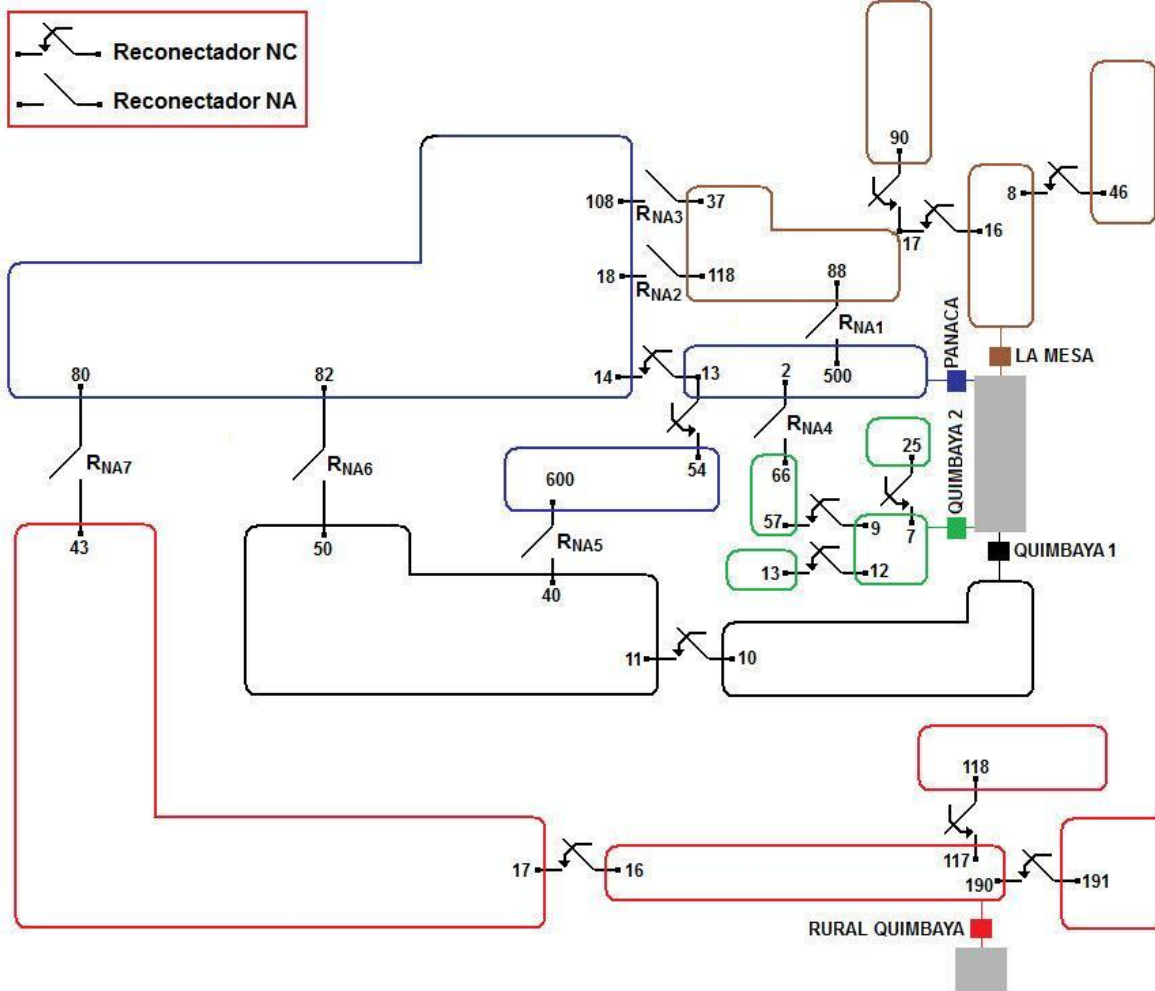


3RA ETAPA: Optimización multiobjetivo



| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

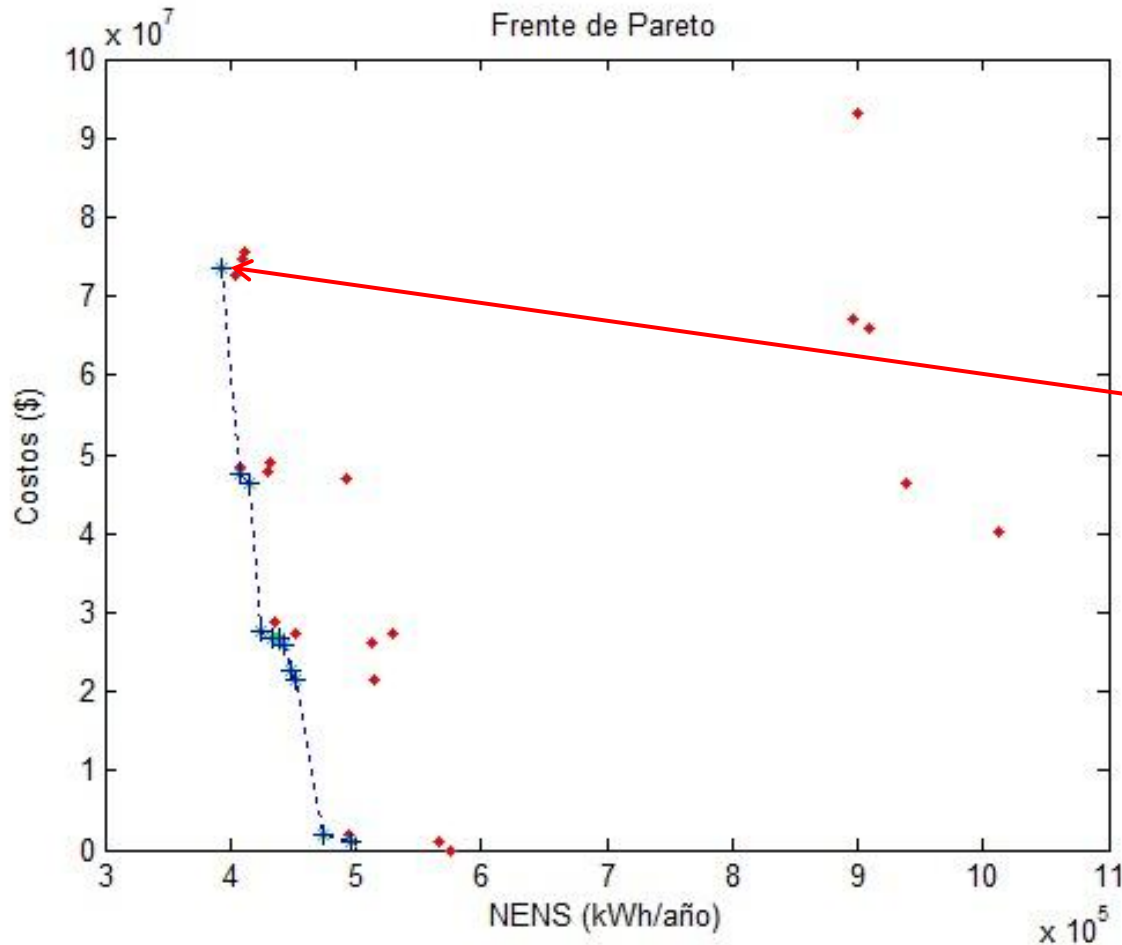
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



| NÚMERO DE RNA | ÁREA 1 | ÁREA 2 |
|---------------|----------------|----------|
| | CIRCUITO | CIRCUITO |
| 1 | LA MESA | PANACA |
| 2 | LA MESA | PANACA |
| 3 | LA MESA | PANACA |
| 4 | QUIMBAYA 2 | PANACA |
| 5 | QUIMBAYA 1 | PANACA |
| 6 | QUIMBAYA 1 | PANACA |
| 7 | RURAL QUIMBAYA | PANACA |

NENS para el caso base (sin ningún RNA) = 575.792,1 kW-h/año

| RNA ₂ | RNA ₃ | RNA ₅ | RNA ₆ | Mejora (%) | Valor (\$) |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 31,63 | 73.630.000 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 13,80 | 1.000.000 |

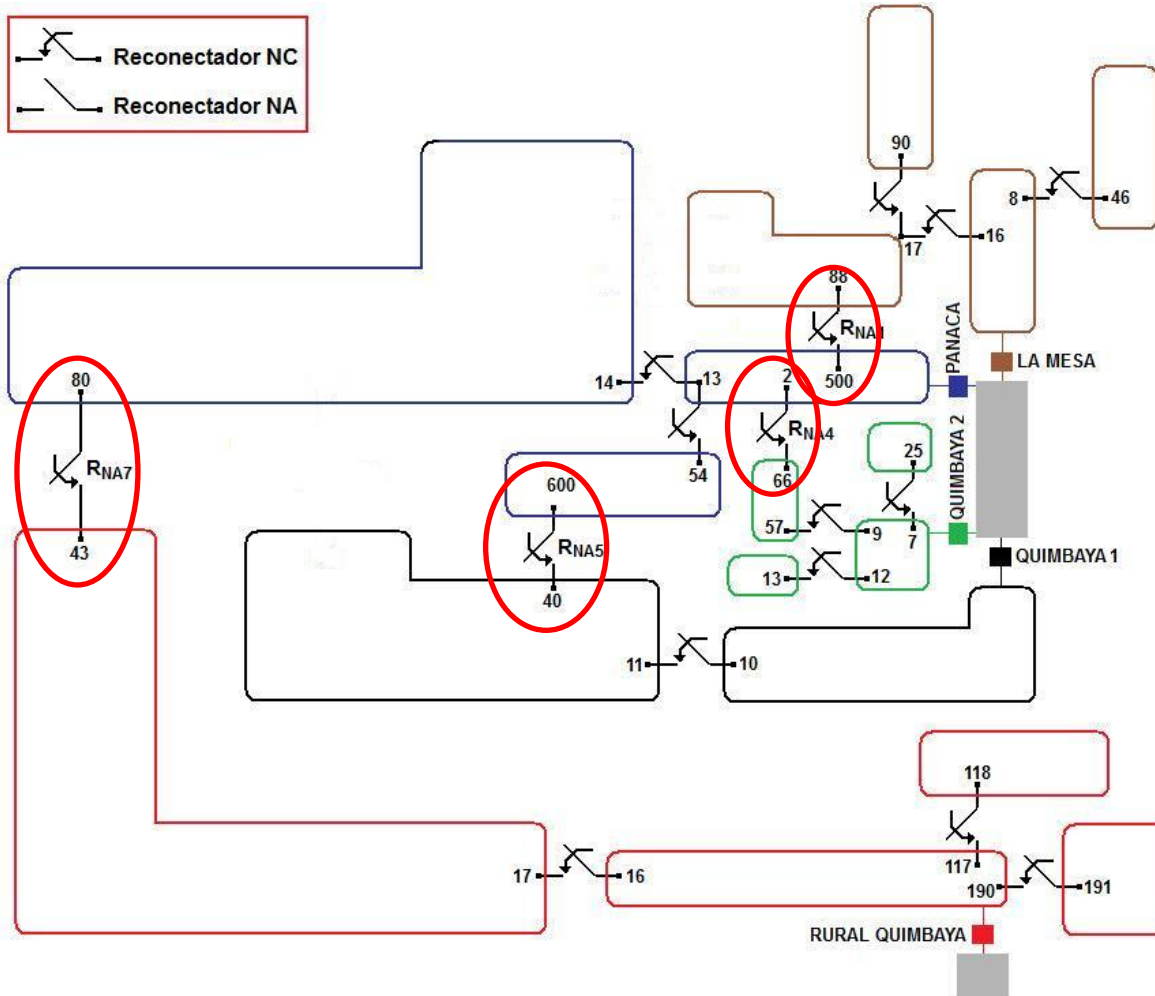


Tamaño del vector
(# de RNA=7):

1 0 1 0 1 1 0

Función objetivo
1 (NENS):
Mejora de 31.63%

Función objetivo
2 (Costo):
\$73.630.000



Tamaño del vector
(# de RNA=7):

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Se proponen
instalar:

R1, R4, R5, R7

Tiempo
computacional:

93.4 seg

- Este trabajo presenta una metodología que permite ubicar adecuadamente Reconectores NA en sistemas de distribución, usando como técnica de solución un algoritmo multiobjetivo.
- La metodología establece una relación entre todos los alimentadores de la red a través de la operación de los Reconectores NA, con lo cual se transfiere carga entre los alimentadores.
- La solución obtenida proporciona la mejor ubicación de los Reconectores NA, mejorando índices de confiabilidad de la red (nivel de energía no servida), al menor costo de inversión posible.
- La metodología propone una serie de alternativas que pueden ser seleccionadas de acuerdo específicos de cada empresa (costos, confiabilidad, etc).

- Existe una estrecha relación entre la ubicación de Reconectores y la automatización de sistemas de distribución a través del Centro de Control, y en la cual existen aplicativos para restauración del servicio.
- La metodología propuesta fue verificada en una parte de la red del SDL de la EDEQ SA ESP, presentando resultados satisfactorios.

- Considerar la ubicación de Reconectores NA en sistemas de gran tamaño, en donde se tienen que hacer adaptaciones al método de solución.
- Implementar una metodología donde se consideren simultáneamente Reconectores NA, Reconectores NC y equipos de protección (fusibles, seccionadores, etc).
- Estudiar la metodología considerando técnicas de solución exactas, metaheurísticas y heurísticas, así como diferentes formas de mejoramiento del método de solución para este tipo de problemas.

iii GRACIAS !!!