

ANÁLISIS COMPARATIVO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA: RADIAL VS. EN ANILLO

Daniel Fernando Aranda Contreras
Escuela E3T, Universidad Industrial de Santander
Correo electrónico: daniel2221648@correo.uis.edu.co

Resumen—El presente documento tiene como finalidad establecer una comparación detallada entre las dos topologías fundamentales de redes de distribución eléctrica: la configuración radial y la configuración en anillo (o bucle). Se analizan sus definiciones estructurales, se contrastan sus ventajas, desventajas, y se detallan sus usos más comunes, prestando especial atención al impacto de cada diseño en la fiabilidad del servicio y el costo operativo.

Index Terms—Distribución Eléctrica; Red Radial; Red en Anillo (Loop); Topología; Continuidad de Servicio; Fiabilidad; Costo/Economía; Manejo de Fallas; Cargas Críticas; Simplicidad Operativa.

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

La **distribución de energía eléctrica** es un componente vital, siendo el enlace final entre la generación y el consumidor. La topología de la red es determinante en la **calidad, continuidad del servicio y costo**. Históricamente, han prevalecido las configuraciones **radial** y **en anillo** (o bucle). La elección depende de la densidad de carga, la importancia crítica de los usuarios y las restricciones presupuestarias.

El objetivo principal es **definir, comparar y analizar las características operativas y de diseño**, así como las ventajas y desventajas inherentes, de los sistemas de distribución eléctrica con configuración radial y en anillo.

II. DESARROLLO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE REDES

II-A. Definición de Redes

II-A1. Red de Distribución Radial: Caracterizada por presentar un **solo camino** para el flujo de potencia. Si el camino se interrumpe, resulta en la **pérdida total del servicio** para los clientes “río abajo”.

II-A2. Red de Distribución en Anillo (Loop): Diseñada para ofrecer **más de un camino** para el flujo de potencia. A menudo se opera como un **bucle abierto** (operacionalmente radial), pero mantiene la capacidad de reconfiguración.

II-B. Comparación de Características Clave

II-C. Diferencias Operacionales y Estructurales

1. **Topología y Caminos de Flujo:** **Radial** tiene una **única trayectoria**; **Anillo** tiene **al menos dos trayectorias**.
2. **Costo y Capacidad:** **Radial** es el de menor costo y más simple. **Anillo** es más costoso y requiere conductores

de mayor capacidad para soportar la carga desde ambos extremos.

3. **Manejo de Fallas y Fiabilidad:** En **Radial**, una falla interrumpe el servicio aguas abajo. En **Anillo**, la fiabilidad es mayor: la sección con falla se aísla rápidamente, manteniendo el servicio por la dirección alternativa.
4. **Complejidad de Análisis:** Los flujos **Radiales** son predecibles. La red **Anillo** (operada cerrada) requiere técnicas de red más complejas para análisis.

III. EJEMPLOS EN PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES

Para cumplir con la visualización de las topologías, se presentan los diagramas unifilares simplificados de las redes Radial y En Anillo.

III-A. Red de Distribución Radial

Esta topología se caracteriza por un **flujo de potencia unidireccional** desde la subestación hasta el último punto de carga, sin rutas alternativas.

Análisis y Referencia: Una falla en cualquier punto intermedio interrumpe el servicio a todos los usuarios aguas abajo. Un diagrama representativo se puede consultar en la colección: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Diagrama-de-una-red-de-distribucion-radial_fig1_359246177

III-B. Red de Distribución en Anillo (Operación Abierta)

Aunque la red está conectada físicamente en un bucle, se opera normalmente **abierto** en un punto (Seccionador N.A. - Normalmente Abierto). Esto permite la **reconfiguración** para aislar fallas sin perder el servicio en las cargas críticas.

Análisis y Referencia: En caso de falla, el punto N.A. se cierra y el punto de falla se aísla, manteniendo la alimentación por el camino alternativo, lo que garantiza una mayor fiabilidad. Un diagrama representativo se puede consultar en la colección: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/784/A4%20SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION.pdf?sequence=4>

Cuadro I: Comparación de Características: Radial vs. En Anillo

Característica	Red Radial (Radial)	Red en Anillo (Loop)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Costo más bajo y simple. ■ Operación y protección sencillas. ■ Flujos de potencia predecibles. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mayor fiabilidad y continuidad de servicio. ■ Las fallas interrumpen un segmento mínimo (redirección). ■ Alimentación posible desde dos direcciones.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Menos fiable. ■ Una falla interrumpe el servicio a todos los clientes aguas abajo. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Más costoso (mayor inversión inicial). ■ Requiere conductor y equipo de mayor capacidad (doble capacidad). ■ Análisis y operación ligeramente más complejos.
Usos Comunes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Diseño más utilizado (predominante). ■ Zonas habitacionales/comerciales no críticas. ■ Cargas ligeras y áreas de densidad media. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cargas Críticas (e.g., hospitales). ■ Grandes Cargas Urbanas o distribución subterránea. ■ Donde la continuidad es primordial.

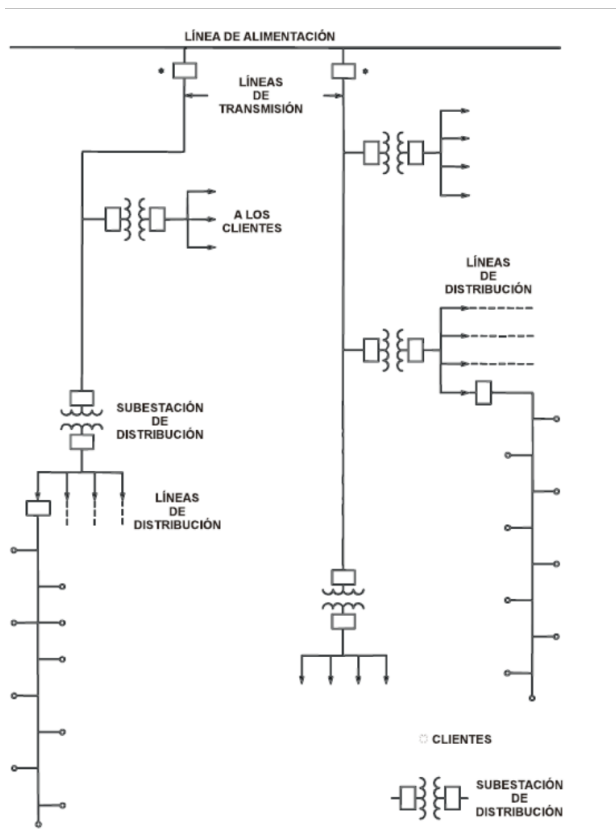


Figura 1: Diagrama Unifilar de una Red de Distribución Radial.

IV. CONCLUSIONES

La decisión es un balance directo entre el **costo inicial** y la **continuidad del servicio** deseada.

- La red **Radial** es la opción predominante por su **simplicidad operativa y bajo costo**, sacrificando fiabilidad (falla = interrupción inevitable).

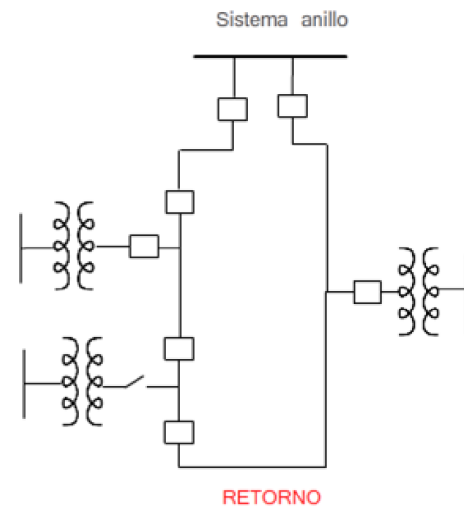


Figura 2: Diagrama Unifilar de una Red en Anillo (Operación Normalmente Abierta).

- La red **En Anillo** es la solución ideal para **cargas críticas y áreas de alta densidad**, ofreciendo alta **resiliencia** a pesar de la mayor inversión y complejidad de análisis.

En la práctica, los sistemas radiales comúnmente incorporan lazos de interconexión (normally open ties) para aumentar su flexibilidad, combinando la economía del diseño radial con un nivel básico de redundancia.

REFERENCIAS

- [1] T. A. Short, *Electric Power Distribution Handbook*, ser. The Electric Power Engineering Series, L. L. Grigsby, Ed. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 2004.
- [2] H. L. . Willis, *Power Distribution Planning Reference Book* [6, 7], second edition, revised and expanded [6, 7] ed., ser. Power Engineering [10]. New York • Basel [6]: Marcel Dekker, Inc. [6, 8, 9], 2004 [9].
- [3] T. de Monterrey — Innovación Educativa. (2019) Redes radiales, en anillo y malladas. Video en YouTube. Explicación del Dr. Jesús Valdez. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=sTJfCU5UbMo>