

**UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA  
PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD DE CONDUCTORES DE  
LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN ALGORITMO GENÉTICO**





**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA  
LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD DE CONDUCTORES DE LAS REDES  
DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN ALGORITMO GENÉTICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: RONNY STEVEN ANDRADE CULLISPUMA  
TUTOR: CARLOS ANDRÉS BARRERA SINGAÑA

Quito - Ecuador  
2023

Ronny Steven Andrade Cullispuma

**UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD DE CONDUCTORES DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN ALGORITMO GENÉTICO.**

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2023

Carrera de Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



**Ronny Steven Andrade Cullispuma** (Y'1995). Realizó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa Fiscomisional “Don Bosco la Tola” de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en Ubicación y Dimensionamiento de generación distribuida para la reducción de la cargabilidad de conductores de las redes de distribución basado en algoritmo genético. [randradec5@est.ups.edu.ec](mailto:randradec5@est.ups.edu.ec)

*Dirigido por:*



**Carlos Andrés Barrera Singaña** (Y'1989). Realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, donde se graduó de Ingeniero Eléctrico en 2013. Además, cursó estudios de posgrado en la Universidad de Zaragoza, España, donde obtuvo el título en Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética con Especialidad en Sistemas Eléctricos. Actualmente es profesor ocasional a tiempo completo de la Universidad Politécnica Salesiana. [cbarrera@ups.edu.ec](mailto:cbarrera@ups.edu.ec)

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

©2023 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ronny Steven Andrade Cullispuma con documento de identificación No. 1723605034 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 26 de abril del año 2023

Atentamente,



Ronny Steven Andrade Cullispuma  
1723605034

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Ronny Steven Andrade Cullispuma con documento de identificación No. 1723605034, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Ubicación y Dimensionamiento de generación distribuida para la reducción de la cargabilidad de conductores de las redes de distribución basado en algoritmo genético”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de abril del año 2023

Atentamente,



Ronny Steven Andrade Cullispuma

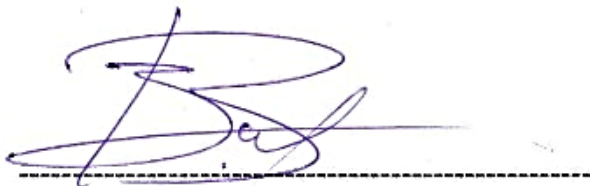
1723605034

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Carlos Andrés Barrera Singaña con documento de identificación No. 0503503336, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD DE CONDUCTORES DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN ALGORITMO GENÉTICO**, realizado por Ronny Steven Andrade Cullispuma con documento de identificación No. 1723605034, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de abril del año 2023

Atentamente,



Ing. Carlos Andrés Barrera Singaña, MSc.  
0503503336

## ÍNDICE GENERAL

1	Introducción .....	2
2	Marco teórico.....	3
2.1	Sistema de Distribución .....	3
2.2	Generación Distribuida.....	4
2.3	Fuentes Renovables.....	4
3	Formulación del problema.....	5
3.1	Función Objetivo .....	6
3.1.1	Restricciones de Voltaje .....	6
3.1.2	Restricción de Potencia Activa .....	6
3.2	Pérdidas dentro del SD .....	6
3.3	Implementación de Pseudocódigo .....	7
3.4	Cargabilidad de las redes de distribución .....	8
4	Métodos de Solución.....	8
4.1	Algoritmo Genético .....	8
4.1.1	Proceso de un Algoritmo Genético .....	9
4.2	Método de optimización (PSO).....	10
4.3	Procedimiento de resolución.....	10
4.4	Pérdidas iniciales y niveles de voltaje si GDF .....	10
4.5	Caso de estudio .....	11
5	Análisis de resultados .....	12
5.1	Pérdidas de potencia activa y voltajes con GDF .....	12
5.2	Convergencia de la FO .....	14
6	Conclusiones .....	15
7	Trabajo a futuro.....	15
8	Referencias.....	15
8.1	Matriz de Estado del Arte .....	19
8.1	Resumen de indicadores .....	23
9	Anexos.....	25



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Integración de GD en las redes de distribución [autor]..	5
Figura 2. Diagrama Unifilar del Sistema de 33 barras IEEE [autor]..	6
Figura 3. Diagrama de flujo de representación de un AG.....	10
Figura 4. Voltaje del sistema sin GDF..	11
Figura 5. Sistema de 33 barras con GDF. [Autor].	12
Figura 6. Niveles de voltaje con GDF.....	13
Figura 7. Convergencia del FO.....	14
Figura 8 Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.	23
Figura 9. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.....	23
Figura 10. Indicador de solución - Estado del arte.....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles de Voltaje.....	3
Tabla 2. Tipo de redes de distribución..	3
Tabla 3: Tipos de topología de la red.....	4
Tabla 4: Límites de generación según el tipo de central .....	5
Tabla 5: Pseudocódigo implementado para la solución. ....	7
Tabla 6: Valores de pérdidas iniciales sin GDF. ....	10
Tabla 7: Ubicación y Dimensionamiento de los generadores fotovoltaicos. ....	12
Tabla 8: Valores de pérdidas con GDF. ....	12
Tabla 9. Tiempo de convergencia de la FO.....	14
Tabla 10. Matriz del estado del arte. ....	19
Tabla 11. Datos de carga del sistema IEEE de 33 barras.....	25
Tabla 12. Datos de líneas del sistema IEEE 33 barras.....	25

# UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD DE CONDUCTORES DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN ALGORITMO GENÉTICO.

## Resumen

El presente artículo tiene como finalidad la implementación de Generación Distribuida (GD), con el principal objetivo de reducir las pérdidas de potencia, así mejorando el perfil de voltaje al establecer la ubicación y el dimensionamiento óptimo de centrales de generación fotovoltaica, para la implementación de este estudio se optó por utilizar un método de optimización heurístico llamado Algoritmo Genético (AG), el estudio mencionado se aplicó en un Sistema de Distribución (SD) de 33 barras estandarizado por la IEEE, de este modo que en ningún punto del sistema se exceda la cargabilidad de los conductores, para probar la eficiencia de este método se tuvo que analizar en 2 casos de estudio, uno sin GD y el otro introduciendo GD, tomando en cuenta los siguientes factores: la población para el sistema, la selección de los individuos, el número de cromosomas, la mutación de dichos individuos y finalmente su criterio de parada demostrando que el algoritmo converge con una solución óptima, el mismo que cuenta con restricciones de potencia y de voltaje con el fin de restringir el funcionamiento del algoritmo. Este método es más eficiente en comparación a los métodos de optimización como lo es el enjambre de partículas por el motivo que el AG se puede seleccionar la población y el número de iteraciones para una solución óptima.

**Palabras Clave:** Algoritmo Genético, Generación Distribuida, Cargabilidad, Optimización Pérdidas de potencia.

## Abstract

This article aims to implement Distributed Generation (DG), with the main objective of reducing power losses, thus improving the voltage profile by establishing the optimal location and sizing of photovoltaic generation plants, for the implementation of this study was chosen to use a heuristic optimization method called Genetic Algorithm (GA), the mentioned study was applied in a Distribution System (DS) of 33 bars standardized by the IEEE, so that at no point in the system the loadability of the conductors is exceeded, to test the efficiency of this method had to be analyzed in 2 case studies, one without DG and the other introducing DG, taking into account the following factors: the population for the system, the selection of the individuals, the number of chromosomes, the mutation of those individuals and finally its stopping criterion demonstrating that the algorithm converges with an optimal solution, the same that counts with power and voltage restrictions in order to restrict the performance of the algorithm. This method is more efficient compared to optimization methods such as particle sampling because the GA can select the population and the number of iterations for an optimal solution.

**Keywords:** Distributed Generation, Genetic Algorithm, Voltage Levels Optimization, Loadability Loss of power.

# 1 Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP), están conformados por cuatro etapas que son: generación, transmisión, distribución y usuario final, esta investigación se enfoca principalmente en el área de distribución, cuyos sistemas han sido diseñados de tal manera que su estructura es de tipo radial, teniendo en cuenta esto, se puede decir que su flujo de potencia circula de forma unidireccional, causando que las redes eléctricas de distribución necesiten estar interconectadas entre varias subestaciones buscando solventar la demanda de medio y bajo voltaje [1].

La cantidad de energía que transporta las redes de distribución al momento de llegar a su destino presentan pérdidas de corriente en los conductores [2], teniendo en cuenta esto, se afirma que las pérdidas en las líneas de distribución representan la cuarta parte de las pérdidas técnicas en la líneas primarias y secundarias [3].

La cargabilidad de los conductores del sistema pueden llegar a trabajar a su máximo nivel y da como consecuencia un envejecimiento prematuro en ellos [4], [5]. Una vez detectado el envejecimiento de los conductores se pueden realizar mantenimientos correctivos para mejorar la calidad energía al momento de su distribución [4].

Los conductores de la red de distribución han sido dimensionados e instalados con anterioridad [6], por este motivo, en [7] el autor indica que las pérdidas presentes en los conductores causan graves problemas al momento de entregar la energía, reduciendo la calidad con la que debe contar el sistema.

Debido al incremento en los últimos años de la demanda algunos de los tramos de la red presentan conductores sobrecargados, teniendo un exceso de corriente que supera a su corriente nominal, aumentando el envejecimiento prematuro de dichos conductores, provocando que se realicen mantenimientos correctivos fuera de los cronogramas previstos [4].

Para disminuir las pérdidas en los conductores se debe tener en cuenta el perfil de voltaje y la cargabilidad de las líneas en el SD. Una de estas pérdidas son las caídas de voltaje, las cuales buscan ser minimizadas por medio de la reducción de la distancia entre los alimentadores, ya que deben estar dentro de su valor admisible, asegurando que los conductores posean una vida útil [4], [8].

Actualmente la tecnología ha ido evolucionando de manera continua, por lo cual, la instalación de fuentes de energía renovables cercanas a las cargas [9], denominados como “Generadores de Energía Distribuida (GD)”, siendo esto una de las soluciones más viables para reducir varios problemas presentes en la red [10], [11].

Utilizar esta clase de generadores permite aumentar la calidad de energía que está presente en la red, así como la confiabilidad del servicio con la que debe contar un sistema eléctrico en la actualidad [12].

Existen varias formas de implementar GD al Sistema de Distribución (SD), el más común es la ubicación de paneles fotovoltaicos (PV) [10], esta tecnología se considera como una generación de electricidad ecológica, ya que, no produce contaminación, además de que su instalación se puede realizar cercana al usuario.

En [11] el autor especifica que si se conecta una planta fotovoltaica a gran escala directamente a la red de distribución se puede provocar la aparición de varios inconvenientes en la red. En [10], [13] los autores indican que la GD provoca una variación en la carga y un flujo de potencia inverso, cuando se aumenta la generación y la carga, la capacidad nominal de los conductores se ve aumentada causando un incremento de su temperatura a un plazo corto [8].

La creación de diferentes métodos o algoritmos busca reducir las pérdidas presentes en la red [3], [14] y estabilizar los voltajes del sistema, en este caso, se busca una ubicación óptima de GD al sistema, se utilizan varios métodos, sin embargo, el método basado en (AG) está apoyado en la resolución de la teoría de evolución de Darwin es el más referenciado cuando se trata de encontrar una ubicación idónea para un elemento, así como para resolver problemas de optimización discretos y demasiados grandes [15], [16].

En el presente artículo se pretende disminuir las pérdidas en los conductores y que la cargabilidad esté dentro de los límites operativos, tomando como referencia los voltajes en las barras del sistema eléctrico, así se busca mejorar la calidad de la energía eléctrica que recorre en las redes de distribución a través de la óptima ubicación y dimensionamiento de GD, para lo cual, este análisis se realiza mediante un programa computacional especializado para ingeniería como los es Matlab, a través de uno de sus complementos como lo es el Matpower.

## 2 Marco teórico

### 2.1 Sistema de Distribución

El sistema de distribución (SD) cumple con un objetivo fundamental en el SEP, este es interconectar las diferentes subestaciones para solventar la demanda de medio y bajo voltaje en las zonas que son requeridas [17]. Una vez que la energía llega a las subestaciones reductoras, esta es trasladada por las líneas de distribución que son las encargadas de abastecer de este servicio a las zonas residenciales, comerciales e industriales [17].

Las redes o líneas de distribución son medios de transporte de energía eléctrica en medio y bajo voltaje, actualmente estas son diseñadas de aluminio, este material es capaz de soportar voltajes elevados que

están en el rango del kilo Voltio (kV) [18], En el SD están implementadas líneas de medio y bajo voltaje por lo que principalmente une las diferentes subestaciones eléctricas y así llevar la electricidad a sus diferentes puntos [18]. En la tabla 1 se muestra los niveles de voltaje y el tipo de conexión que tiene las líneas de distribución utilizadas en el Ecuador.

Tabla 1. Niveles de Voltaje.

Nivel de voltaje [kV]	Conexión
22,8	Trifásico
13,8/7	Trifásico
13,2	Monofásico
6,3	Monofásico

Las redes de distribución pueden ser de tipo aéreas, subterráneas o soterrada. Como se muestra en la tabla 2, se tiene el tipo de red y una descripción de cada una de ellas.

Tabla 2. Tipo de redes de distribución.

Tipo de red	Descripción
Red aérea	Estas redes están suspendidas por la ayuda de postes y es muy común encontrarlas en zonas urbanas.
Red soterrada	Estas redes son usadas para mejorar la estética o condiciones de seguridad de las zonas urbanas.

Las ventajas principales de una red de distribución soterrada es mejorar la parte estética de la zona por donde pasan los conductores de esta red, siendo así más confiable al momento que la energía eléctrica circule por cada una de ellas, por eso los conductores son aislados de tipo polietileno (XLPE) [19], este material es recomendado como aislante ya que tienen

una gran resistencia a los impactos. En el SD existen diferentes tipos de conexión, ya sea red radial, red mallada, red mixta [19].

En la tabla 3 se explica los diferentes tipos de topología que tiene las redes de distribución, las más comunes son de tipo radial.

Tabla 3. Tipos de topología de la red.

Tipo de topología	Descripción
red radial	Esta red es caracterizada porque solo es conectada o alimentada por un solo extremo, y así transmitir la energía eléctrica en forma radial.
red anillo	Esta red se caracteriza porque tiene uno o más puntos de alimentación, esta red se utiliza principalmente para abastecer cantidades grandes de carga.
red mallada	Esta red se caracteriza porque su costo es más alto que las demás ya que requiere más equipo, es así también que transmite el servicio desde dos direcciones.

## 2.2 Generación Distribuida

La generación distribuida está dada en su gran mayoría por el uso de fuentes renovables, sin embargo también se puede usar fuentes no renovables a pequeña escala para la generación de energía eléctrica, estas sirven para el consumo en instalaciones residenciales, comerciales e industriales [20], [21], donde las energías renovables ayudan a la generación de

electricidad desde el punto de consumo del usuario, esto ayuda a mejorar la calidad y confiabilidad de la energía que se entrega al consumidor [22].

Este tipo de generación tiene una aplicación de los sistemas tradicionales de generación de energía es por eso que se le conoce como generación difusa o dispersa, por este motivo los SD tienen nuevos retos para tener una mejor estabilidad y seguridad, además de mejorar la calidad del suministro energético [23]. La GD es de gran ayuda para la generación de electricidad ya que produce energía en un tiempo corto a comparación de las grandes centrales de generación, por lo que la GD ayuda a reducir las pérdidas de energía en la red [24].

La GD entrega confiabilidad a los consumidores ya que las energías renovables ayudan a impartir una energía más limpia, de esta manera se obtiene un ahorro económico principalmente en el consumo de las grandes empresas [25].

Generalmente la GD se encuentra conectada en el sistema de distribución, una de sus principales ventajas de la GD es que puede implementar cerca del usuario final, por lo general tienen una mayor presencia dentro del SD [26], [27].

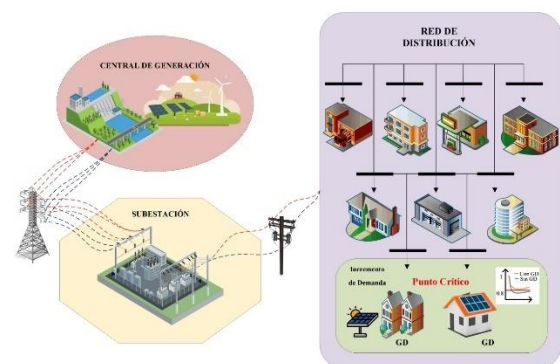


Figura 1. Integración de GD en las redes de distribución [autor].

## 2.3 Fuentes Renovables

Las fuentes renovables se obtienen principalmente por recursos naturales ilimitados como es: sol, agua, aire, tierra,

estas energías se renuevan a través de procesos naturales a una tasa igual o mayor que la tasa de uso [9]. Las energías renovables más utilizadas son:

- **Energía Solar:** Esta energía es producida por la radiación que produce el sol, llegando en forma de luz y calor, por lo general es captada por paneles solares que producen energía eléctrica [28], [29].
- **Energía Eólica:** Esta energía es producida por la fuerza que genera el viento. El principal equipo para poder generar electricidad son los aerogeneradores, la función principal de estos equipos es mover las palas que están conectadas a la góndola del aerogenerador, que son movidas por la fuerza que ejerce el viento [28], [29].

Estos dos tipos de energías son las más reconocidas cuando se trata de implementar una central de generación renovable, por lo tanto, se debe conocer la capacidad que pueden proveer cada una de estas fuentes, en la tabla 4 se detallan los valores en que pueden producir cada una de estas tecnologías.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del tipo de tecnología de GD [30].

Tipo de tecnología	Capacidad de generación
Solar	1kW - 1MW
Eólica	600kW – 2500kW

En busca de inyectar únicamente potencia activa el trabajo que se desarrolla busca únicamente la implementación de una central fotovoltaica, estas centrales son las más utilizadas a nivel de distribución,

además que permitirá inyectar la potencia necesaria.

### 3 Formulación del problema

La inclusión de centrales de GD puede presentar algunas variaciones tanto en el sistema de potencia, como en el SD, a causa del aumento de la corriente de flujo que circula por los conductores. Este aumento de corriente causa un envejecimiento prematuro en los conductores, produciendo una reducción en la calidad de energía proporcionada al usuario.

El presente documento determina la ubicación y el dimensionamiento óptimo de generación distribuida fotovoltaica (GDF), procurando reducir las pérdidas en las líneas del sistema a nivel de distribución, se aplica una programación no lineal que ayuda a identificar la ubicación exacta para implementar la GDF, por esta razón se planea utilizar un AG.

La búsqueda de una mejor incorporación de la GD es esencial para evitar aumentar las pérdidas del sistema provocadas por una incorporación errónea de los generadores en barras que no son ideales. El AG considera los resultados del flujo de potencia, pretende determinar el sitio más cercano para su ubicación óptima de los generadores fotovoltaicos, permitiendo minimizar las pérdidas que se presentan en los conductores de un sistema, teniendo en cuenta el voltaje presente en las barras y considerando la cargabilidad de los conductores para que permanezcan dentro de sus niveles operativos, teniendo así una vida larga de los conductores y no un deterioro rápido de ellos.

Para el avance de este estudio se utiliza un sistema de prueba de 33 nodos perteneciente al IEEE, este cuenta con 10 [MVA] de potencia base. Los datos de las barras y de las líneas pertenecientes a este sistema se encuentran especificados en las tablas 11 y 12 se puede verificar en la parte de anexos, sin embargo, su diagrama unifilar se representa a través de la Figura 2.

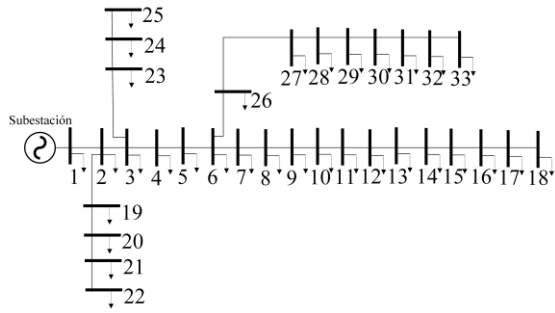


Figura 2: Diagrama Unifilar del Sistema de 33 barras IEEE [autor].

### 3.1 Función Objetivo

La función objetivo está definida bajo restricciones de potencia en los generadores, perfil de voltaje de cada barra, índice que se detalla cumpliendo niveles de voltaje admisible. Los rangos que se consideran dentro de los límites previamente establecidos ( $\pm 0.95$ - $\pm 1.05$ ) [p.u], las condiciones incorporadas en el algoritmo permiten al sistema ubicar de forma idónea la GD, la inclusión de las pérdidas a nivel de distribución permiten realizar una comparativa cuando exista la inclusión de GD en los puntos críticos.

La función objetivo de este artículo, busca encontrar la minimización de pérdidas en el SD, la cual está implementada en una metodología de AG.

$$FO: \min \sum_{i=1}^n PLi \quad (1)$$

Donde:

- $n$  Número de líneas del modelo propuesto.
- $PLi$  Pérdidas en el sistema.

#### 3.1.1 Restricciones de Voltaje

Para el correcto funcionamiento de la función objetivo se detalla las diferentes

restricciones a las que conlleva este algoritmo.

Para esta investigación se toma en cuenta este tipo de restricción, ya que está sujeta al voltaje de las barras en valor [p.u].

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \quad (2)$$

Donde:

- $V_{min}$  Límite mínimo de voltaje operativo ( $\pm 0.95$ ) [p.u].
- $V_{max}$  Límite máximo de voltaje operativo ( $\pm 1.05$ ) [p.u].

#### 3.1.2 Restricción de Potencia Activa

Esta restricción se considera para limitar la potencia producida por cada una de las unidades de generación, ya que se utiliza energía renovable y estas no produce una gran cantidad de potencia.

$$PGD_{Lmin} \leq PGD \leq PGD_{Lmax} \quad (3)$$

Donde:

- $PGD$  Potencia activa de las unidades de generación.
- $PGD_{Lmin}$  Potencia activa mínima producida por las unidades de generación.
- $PGD_{Lmax}$  Potencia activa máxima producida por las unidades de generación.

### 3.2 Pérdidas dentro del SD

Estas pérdidas se producen por las líneas sobrecargadas, por el bajo factor de potencia que tienen los transformadores, o también porque la red puede estar mal configurada, debido a estas razones las pérdidas en SD afectan al precio de la energía eléctrica [31].

Las pérdidas en el SD es debido al efecto Joule que representa la pérdida de energía



en forma de calor, este fenómeno se produce al momento que la corriente eléctrica recorre por los conductores teniendo un valor de impedancia.

El modelo matemático para el cálculo de las pérdidas está representado en la ecuación (4) [32].

$$P_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}(P_i P_j + Q_i Q_j) + b_{ij}(Q_i P_j - P_i Q_j) \quad (4)$$

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{V_i V_j} * \cos(\theta_i - \theta_j) \quad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{z_{ij}}{V_i V_j} * \text{sen}(\theta_i - \theta_j) \quad (6)$$

Donde:

$P_L$	Pérdida de potencia
$P_i$	Potencia activa y reactiva inyectada en el nodo i
$Q_i$	Potencia activa y reactiva inyectada en el nodo j
$P_j$	Magnitud y ángulo de voltaje del nodo i
$Q_j$	Magnitud y ángulo de voltaje del nodo j
$V_i$	
$\theta_i$	
$V_j$	
$\theta_j$	
$z_{ij}$	Impedancia entre la barra i-j

### 3.3 Implementación de Pseudocódigo

El pseudocódigo que se presenta en la tabla 5, representa el desarrollo del AG, este cuenta con dos restricciones, los cuales son implementados para la solución del sistema.

Tabla 5. Pseudocódigo implementado para la solución.

#### Pseudocódigo de solución del AG

- Paso 1:** Inicio  
**Paso 2:** Ingreso de datos  
 Generador, barras, líneas

**Paso 3:** Definir variables  
 $P_g, P_l, P, Q_g, V_{barra}, \theta, lossP$

**Paso 4:** Cálculo de flujo de potencia y verificar que cumpla las restricciones

**Paso 5** Cálculo de pérdidas en redes de distribución

$$Per_l = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}(P_i P_j + Q_i Q_j) + b_{ij}(Q_i P_j - P_i Q_j)$$

**Paso 6** **Generación de la población**

num\_pob=número de población  
**for** i=1: num\_pob

posición\_pob=[randsrc(1,no\_of\_dg,minval1:maxval1)  
 randsrc(1,no\_of\_dg,minval2:maxval2)];  
**end**

minval2= capacidad mínima de generación  
 maxval2= capacidad máxima de generación

**Paso 7** **Ubicación de GD**

iter\_max=interacción máxima deseada.

**for** iter=1: iter\_max

loc1=randi([1 num\_pob]);  
 loc1\_data= almacenamiento de ubicación GD

loc2=randi([1 num\_pob]);  
 loc2\_data= almacenamiento de ubicación GD

**end**

**Paso 8**      **Desarrollo de cromosomas**  
prop\_crsval=0.7; (constante)  
no\_of\_crs=2\*round(prop\_crs  
val\*no\_of\_pop/2);

```
for iter=1: iter_max  
population_cross=repmat(int  
_tmp_pop,no_of_crs/2,2);  
end
```

**Paso 9**      **Mutación de los cromosomas**  
prop\_mutval=0.3;  
(constante)  
no\_of\_mut=round(prop\_mut  
val\*no\_of\_pop)

```
for k=1:no_of_mut  
locm=randi([1 no_of_pop]);  
data_locm=almacenamiento  
de mutaciones  
end
```

**Paso 10**      Si no cumple las condiciones  
vuelve al paso 6.

**Paso 11**      Obtención y visualización de  
resultados

---

### 3.4 Cargabilidad de las redes de distribución

La cargabilidad representa la cantidad máxima de corriente eléctrica que circula por los conductores, sin embargo, se debe considerar el límite máximo de corriente para prevenir el envejecimiento de los conductores de la red, así poder prevenir las condiciones operativas del sistema y entregar una buena calidad del servicio.

Las redes de distribución son afectadas por los largos tramos en las que son conectadas, ya que los valores de impedancia de los conductores son afectados al momento de que circule su corriente, una de las soluciones para este problema es el cambio de la infraestructura, pero tiene un costo muy elevado.

## 4 Métodos de Solución

Existen diferentes tipos de solución, uno de ellos es el método de optimización evolutivo llamado algoritmo genético (AG), el otro método de optimización llamado enjambre de partículas (PSO), cada uno de estos métodos sirven para realizar soluciones de problemas de optimización.

Una de las diferencias entre estos dos métodos es que el AG se puede manipular la cantidad de población con la que se requiere simular en el sistema propuesto, por lo consiguiente es un método valido para este tipo de problemas.

Para la solución de la ubicación y dimensionamiento de la GD se utiliza el método del AG, ya que con la ayuda de este algoritmo puede entregar el punto exacto en donde se debe colocar las nuevas centrales degeneración, así mismo con la cantidad que debe tener cada una de las centrales.

### 4.1 Algoritmo Genético

Un AG tiene como técnica fundamental realizar una habilidad de búsqueda que puede ser adaptada para que pueda simular una técnica de evolución del sistema, por lo que se puede resolver mediante una programación no lineal [29], [33], es así que el algoritmo genético también se lo conoce como una técnica de programación este simula una evolución biológica que sirve como estrategia para solucionar problemas de optimización, es por eso que conoce como inteligencia artificial [30].

El AG está basado en teoría ofrecida por Darwin, siendo adecuados para solventar varios problemas que puedan ser demasiados grandes de optimización y a su vez sean discretos [29], [30], así también este algoritmo puede considera flujos de potencia que permitan determinar la ubicación óptima de generadores que pueden estar conectados al SD, por esta razón este algoritmo puede ayudar a minimizar las pérdidas eléctricas que existen en la red [29].

### **4.1.1 Proceso de un Algoritmo Genético**

Un AG cuenta con una serie de pasos para que se pueda realizar de manera satisfactoria el problema de optimización, a continuación, se detalla cada uno de ellos para su análisis y aplicación.

#### **4.1.1.1 Inicialización**

El primer paso del AG es la creación de la población inicial, la cual está realizada por un conjunto de individuos que se los tomo como posibles soluciones al problema.

A los individuos se los caracteriza por un conjunto de variables que también se los conoce como genes, los cuales se unen y crean un cromosoma.

#### **4.1.1.2 Evaluación**

En esta parte a cada uno de los cromosomas formados de la población inicial, se le aplica la función de aptitud (fitness), esta consiste en seleccionar de manera aleatoria y óptima cada uno de los individuos y visualizar cual es el más apto para solución del problema. Este este paso también se representa el proceso de selección, cruce y mutación.

##### **a. Selección de individuos.**

Para realizar la selección de los individuos se optó por el método de torneo, el cual se detalla a continuación.

Este método busca conservar la diversidad de la población con los individuos más aptos en un AG, si uno de los individuos no cumple con lo que requiere el algoritmo el método de torneo no deja pasar la información a la siguiente generación y lo elimina [33].

Los individuos que sean aptos o que tengan una buena calificación el método del torneo deja pasar la información a la siguiente generación, el torneo solo elige las parejas de individuos de una forma

aleatoria. Cada una de ellas es evaluada por la función de aptitud y el mejor de ellos pasa su información [33].

Cada uno de los individuos tienen diferentes características siendo únicos y siendo posibles de ser evaluados, ya que los mejores pasan a las generaciones futuras ayudando a copiar la información de los que son aptos o mejor adaptados al sistema, esto ayuda para que el AG tenga una mejor convergencia [34].

##### **b. Cruce**

El cruce para las generaciones se puede realizar entre dos o más padres, esta información se la da los cromosomas de los padres anteriores, se tiene en cuenta que puede llegar a tener una codificación compleja teniendo complicaciones en el cruce, caso contrario este puede ser de manera sencilla.

##### **c. Mutación**

El proceso de la mutación es un mecanismo de generación diversa, por lo que la generación anterior puede ser modificada, si un número que se toma aleatoriamente tiene una probabilidad baja de mutación, este cambia la posición del individuo ya sea de 0 a 1 o de 1 a 0 (binario), se tiene en cuenta que la probabilidad de solución del problema puede aumentar o disminuir.

#### **4.1.1.3 Criterio de parada**

Este criterio indica que el algoritmo ha encontrado la mejor solución para el problema planteado, el algoritmo deja de funcionar finalizando de esta manera la simulación. Caso contrario el algoritmo vuelve a simular desde la función de aptitud pasando por los diferentes procesos antes mencionados hasta llegar a la solución idónea [35].

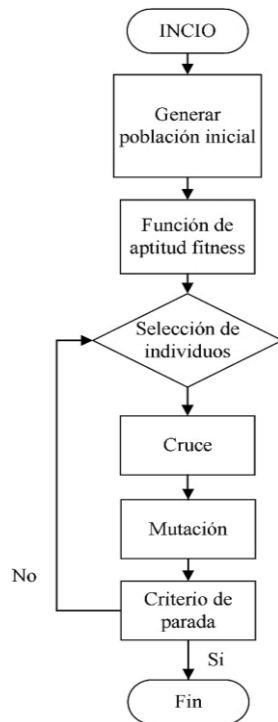


Figura 3: Diagrama de flujo de representación de un AG.

## 4.2 Método de optimización (PSO)

El método de optimización de enjambre de partículas está basada por una técnica evolutiva que busca dar una solución a cada partícula del enjambre, atrayendo a la partícula que contiene la solución más eficiente dentro de su entorno a comparación de las demás partículas [35].

Este método puede tener un tiempo de convergencia más rápido en sistemas de un solo nodo, pero su mayor desventaja es que puede dar soluciones erróneas por el tiempo de convergencia prematura en sistemas multimodales [35].

Sus condiciones de optimización son las siguientes: tamaño de población, número de evaluación de funciones.

## 4.3 Procedimiento de resolución

Para la solución de la problemática antes mencionada se opta por utilizar el software MATLAB R2021b, este programa es un paquete computacional especializado en ingeniería, el cual ayuda a la solución de

problemas de optimización, tiene su propio lenguaje de programación donde se puede implementar algoritmos de solución. Este programa lo primero que se realiza es el ingreso de los datos, modelamiento de ecuaciones y los resultados finales.

Una vez teniendo claro esta estructura se plantea resolver el problema de optimización, el cual consta en obtener la ubicación de los nuevos generadores renovables y la cantidad de potencia que deben tener, de esta manera en el sistema aplicado este pueda reducir la cantidad de pérdidas y se mejore los niveles de voltaje en las barras.

## 4.4 Pérdidas iniciales y niveles de voltaje si GDF

Para obtener los resultados de las pérdidas que tiene el sistema, luego de simular el flujo de potencia, se puede establecer mediante estos resultados las restricciones que limitan el funcionamiento del AG. En la tabla 6 se observa los valores iniciales correspondientes.

Tabla 6. Valores de pérdidas iniciales sin GDF.

Líneas de distribución	Pérdidas de potencia activa [MW]
1 - 2	0
2 - 3	0.00950
3 - 4	0.03942
4 - 5	0.01408
5 - 6	0.01318
6 - 7	0.02679
7 - 8	0.00167
8 - 9	0.00426
9 - 10	0.00370
10 - 11	0.00312
11 - 12	0.00048
12 - 13	0.00077
13 - 14	0.00236
14 - 15	0.00065
15 - 16	0.00034

16 – 17	0.00026
17 – 18	0.00023
2 - 19	0.0000475
19 - 20	0.00014
20 - 21	0.00076
21 - 22	0.000925
3 - 23	0.000400
23 – 24	0.00281
24 – 25	0.00458
6 – 26	0.00114
26 – 27	0.00133
27 – 28	0.00163
28 – 29	0.00527
29 – 30	0.00343
30 – 31	0.00152
31 – 32	0.00134
32 – 33	0.00017
21- 28	0.00096
<b>Total</b>	<b>0.1452</b>

#### 4.5 Caso de estudio

Para este artículo se utiliza un sistema de 33 barras IEEE, es un sistema radial que opera a un nivel de voltaje de 12.66 kV, este sistema consta con 33 líneas de transmisión y 33 cargas, estos datos se encuentran detallados en las tablas 8 y 9 que se encuentran en la sección de anexos. Para el modelo implementado se utilizó 2 casos de estudio, el primero sin GDF y el segundo con GDF.

Además, de obtener las pérdidas en las líneas del sistema, la resolución del flujo de potencia permite obtener los voltajes en cada una de las barras que conforman el sistema, esto permite verificar que existen valores inferiores al 0.95 [p.u], valor mínimo con el que debe contar un sistema.

La gráfica que representa el voltaje en cada barra del sistema se encuentra desarrollada en la figura 4.

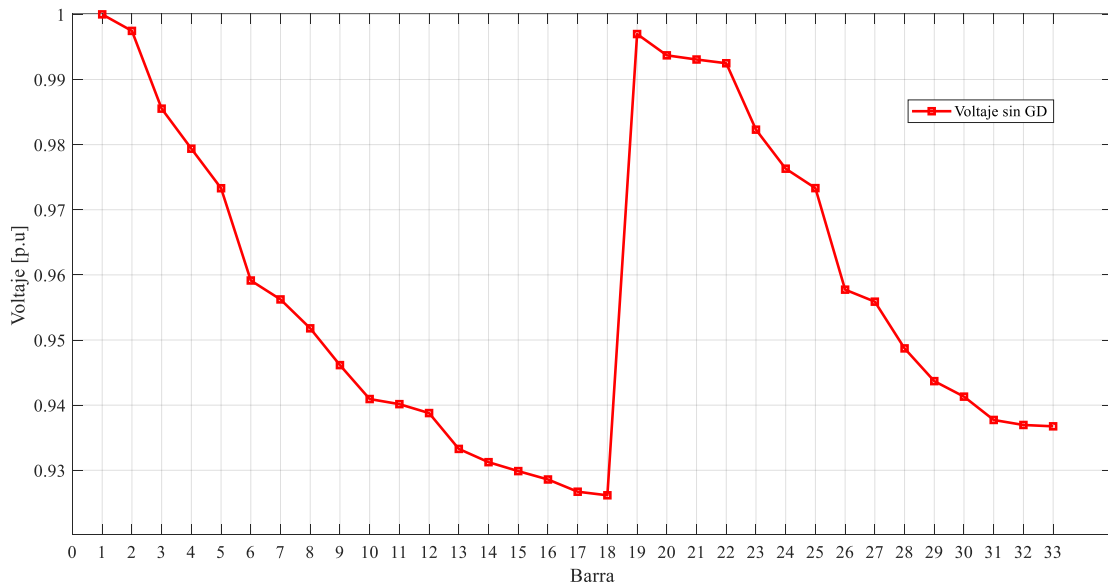


Figura 4. Voltaje del sistema sin GDF.

## 5 Análisis de resultados

Una vez realizada la simulación en el software Matlab que contiene el código del AG, se obtienen los resultados con los puntos y la potencia activa que inyecta cada central de GDF, que su finalidad es reducir las pérdidas del sistema manteniendo los voltajes operativos en las barras.

### 5.1 Pérdidas de potencia activa y voltajes con GDF

Para finalizar el procedimiento del AG simulado en Matlab se obtiene la

cuantificación de la ubicación y el dimensionamiento de varios generadores de fotovoltaicos. La cantidad, dimensionamiento y ubicación de estas centrales se encuentra establecido mediante la tabla 7, estos valores son entregados por el AG al momento de ser ejecutado.

Después de que el AG realiza una búsqueda exhaustiva para encontrar la mejor solución para el sistema, se establece la incorporación de al menos cuatro generadores, con la finalidad de cuantificar las variaciones que presenta el sistema con respecto al perfil de voltaje y las pérdidas.

Tabla 7. Ubicación y dimensionamiento de los generadores fotovoltaicos.

GF	Barra	Dimensionamiento de potencia activa [kW]
GF1	7	625
GF2	14	735
GF3	25	630
GF4	31	560

La solución que se obtiene al momento de simular el AG establece que se debe colocar 4 generadores fotovoltaicos, en las barras 7, 14, 25 y 31. Mientras que para su dimensionamiento los valores establecidos

de cada central de generación no llegan a ser superiores a 1 [MW], valor límite para la producción de energía mediante el uso de esta tecnología.

A continuación, mediante la Figura 5 se visualiza la representación del sistema luego de incorporar los cuatro generadores en las barras definidas por el algoritmo.

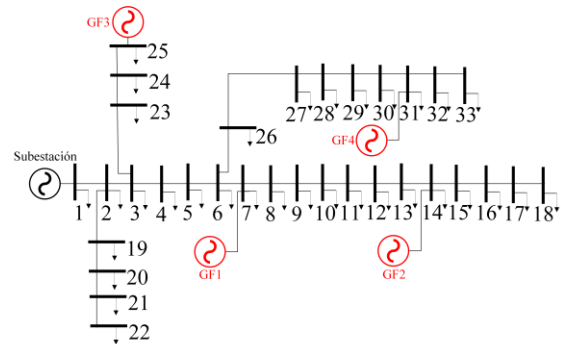


Figura 5. Sistema de 33 barras con GDF. [Autor]

Una vez incorporado los generadores al sistema, se obtiene nuevamente su flujo de potencia, con el cual, se verifica si las pérdidas en las líneas y el voltaje en las barras del sistema presentaron una mejoría. Para ello mediante la tabla 8 se puede verificar que los valores de las pérdidas al incorporar GDF presentan una disminución con respecto al caso inicial, esto lleva a establecer que la ubicación y dimensionamiento de las centrales establecidas es óptima, ya que, no produjo un aumento en las pérdidas de líneas del sistema simulado.

Tabla 8. Valores de pérdidas con GDF.

Líneas de distribución	Pérdidas de potencia activa [MW]
1 - 2	0
2 - 3	0.00088
3 - 4	0.0018
4 - 5	0.00024
5 - 6	0.00012
6 - 7	0.0017
7 - 8	0.0043

8 – 9	0.0031	31 – 32	0.00040
9 - 10	0.00048	32 – 33	0.00015
10 – 11	0.00077	21- 28	0.0000085
11 – 12	0.0024	<b>Total</b>	<b>0.0095</b>
12 – 13	0.000065		
13 -14	0.00034		
14 – 15	0.00026		
15 - 16	0.00023		
16 – 17	0.000047		
17 – 18	0.00014		
2 - 19	0.00041		
19 - 20	0.00014		
20 - 21	0.00076		
21 - 22	0.000092		
3 - 23	0.000039		
23 – 24	0.00036		
24 – 25	0.00041		
6 – 26	0.00113		
26 – 27	0.00096		
27 – 28	0.000081		
28 – 29	0.00015		
29 – 30	0.000041		
30 – 31	0.00010		

Por último, para establecer la incorporación óptima de los cuatro generadores, se obtiene también los voltajes en las barras del sistema.

Dichos valores se encuentran representados mediante la figura 6, al realizar una comparativa con el caso inicial, se puede observar la mejoría en el voltaje operativo de varias barras, encontrándose entre 0.95 –1.05 [p.u] siendo estos valores los más recomendados para el trabajo idóneo del sistema y ayudando que la cargabilidad de las líneas estén dentro de su rango permitido.

Con la obtención de estos resultados podemos ratificar que la inclusión de GDF mediante la ubicación y el dimensionamiento proporcionado por el AG es óptima.

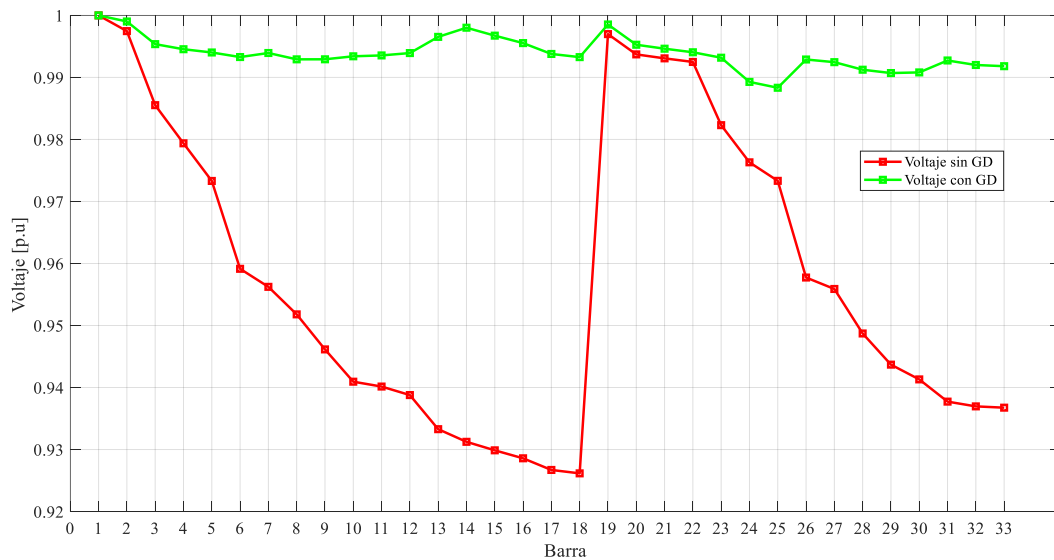


Figura 6. Niveles de voltaje con GDF.

## 5.2 Convergencia de la FO

Cuando se trabaja con una FO se busca que la función presente una convergencia con respecto a las restricciones establecidas, para lo cual es imprescindible evaluar la FO. En este caso, al tener un solo método de solución se procede evaluar la FO dentro del AG, teniendo en cuenta el tiempo de las diferentes iteraciones de la FO, para lo cual se encuentra cuantificado en la tabla 9.

Una vez que el algoritmo converge, el sistema se encuentra en un estado operacional estable, en este caso al contar con una población de 60 individuos se produjeron 18 mutaciones y 42 cromosomas.

Tabla 9. Tiempo de convergencia de la FO

Algoritmo Genético		
Pérdidas de potencia activa (MW)	Número de iteraciones	Tiempo (min)
0.0146	1	1.02
0.0092	5	1.15
0.0092	10	2.47
0.0092	15	3.36
0.0092	20	5.12
0.00928	25	5.34

Mientras que en la figura 7 se puede visualizar la evolución de la convergencia del AG hasta encontrar su estabilización, es decir su solución, la misma que se presenta a la iteración 5 con un tiempo de 1.15 minutos, si se aumenta el número de iteraciones los resultados no presentan mayor diferencia.

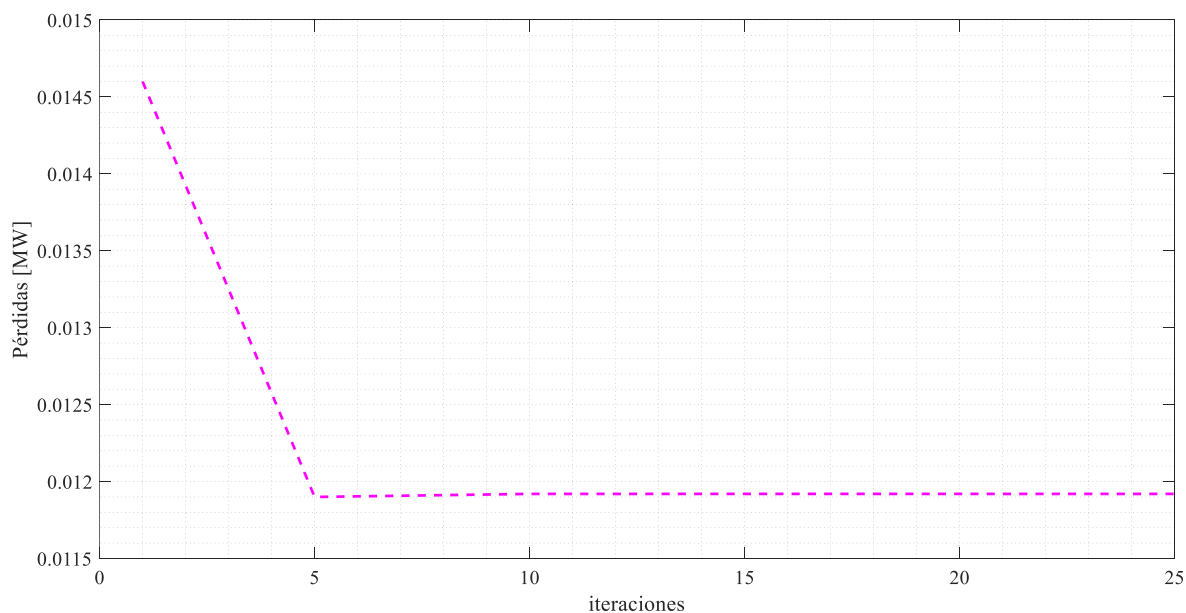


Figura 7. Convergencia de la FO.



## 6 Conclusiones

El algoritmo planteado establece el punto exacto y óptimo de la ubicación además del dimensionamiento adecuado para la integración de GDF, con esto se cumple con los parámetros establecidos en diferentes normativas, con el fin de evitar que se produzcan más pérdidas con las que ya cuenta el sistema.

Al realizar la implementación de los generadores dentro de las barras establecidas por el algoritmo, se observa un decremento en las pérdidas de potencia activa en las líneas del SD diseñado, pasando de 0.1452 [MW] a un valor total de 0.0095 [MW] cuando el sistema ya cuenta con GDF.

El sistema presenta una cargabilidad del 100% cuando no cuenta con GD, esto se puede visualizar al verificar que varias barras del sistema están por debajo de su valor operativo de 0.95 [p.u], lo cual al incorporar GD se establece que su cargabilidad se redujo aproximadamente un 80% debido al aumento en el voltaje de las barras que no cumplían con el límite mínimo establecido.

Cuando se realiza la incorporación de GDF el voltaje en las barras del sistema presenta un incremento, sobre todo al analizar a partir de la barra 2 hasta llegar a la barra 18 para luego seguir con la barra 24 hasta culminar en la barra 33, mientras que desde la barra 19 hasta la barra 23 el incremento no es tan significativo, sin embargo, presenta un incremento pequeño, demostrando que la implementación de los generadores está realizada de manera óptima.

## 7 Trabajo a futuro

Después de desarrollar este trabajo se puede buscar a futuro complementar este estudio realizando un análisis de contingencias del sistema que se planea desarrollar, ya que no siempre todos los elementos que conforman un sistema se van a encontrar operativos,

por el hecho de que algunos entran a mantenimiento o fallan de forma fortuita, lo cual hace que el sistema cambie y requiera en muchos casos de una mayor generación para suplir la demanda que siempre se requiere cumplir.

## 8 Referencias

- [1] H. Zufeng, L. Minhong, C. Jiandian, Q. Guanxin, and Z. Yong, "Research on New Characteristics of Power Transformer in Distribution Network," *2021 IEEE Int. Conf. Adv. Electr. Eng. Comput. Appl. AEECA 2021*, pp. 1011–1016, 2021, doi: 10.1109/AEECA52519.2021.9574400.
- [2] P. Celvakumaran, V. K. Ramachandaramurthy, and J. Ekanayake, "Assessment of Net Energy Metering on Distribution Network Losses," *2019 IEEE Int. Conf. Autom. Control Intell. Syst. I2CACIS 2019 - Proc.*, no. June, pp. 241–246, 2019, doi: 10.1109/I2CACIS.2019.8825071.
- [3] A. Alam, M. Zaid, A. Gupta, P. Bindal, and A. Siddiqui, "Power loss reduction in a radial distribution network using distributed generation," *2018 Int. Conf. Comput. Power Commun. Technol. GUCON 2018*, pp. 1142–1145, 2019, doi: 10.1109/GUCON.2018.8674942.
- [4] A. A. Zambrano Pinto, "Evaluación del impacto de la cargabilidad dinámica de líneas aéreas en indicadores de confiabilidad del sistema eléctrico de potencia .," p. 106, 2017.
- [5] S. H. Xiaoyuan Wang, Can Wang, Zhihao Ning, Mengqi Qing, Wenhui Mo, "Research on Influences of Distributed Photovoltaic Generation on Distribution Network Voltage Quality Based on Electromagnetic Transient Simulation," vol. 1, p. 5,

- 2022, doi: 10.1109/CICED56215.2022.9928874.
- [6] J. Armas and A. Ivanov, "Determination of the total cost of active power losses and methods to reduce power losses in low-voltage distribution networks," *2019 IEEE 60th Annu. Int. Sci. Conf. Power Electr. Eng. Riga Tech. Univ. RTUCON 2019 - Proc.*, no. 4, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/RTUCON48111.2019.8982319.
- [7] G. M. Csányi, Z. Á. Tamus, and Á. Varga, "Impact of distributed generation on the thermal ageing of low voltage distribution cables," *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.*, vol. 499, no. October 2018, pp. 251–258, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-56077-9\_24.
- [8] K. Z. Simin Peng, Dai Wan, Miao Zhao, Xujin Duan, Hengyi Zhou, "Analysis of Influence of Distributed Photovoltaic on Power Quality of Distribution," vol. 4, no. 1, pp. 88–100, 2022, doi: 10.1109/CICED56215.2022.9928899.
- [9] C. Bai-Xu, Z. Xiangyu, Z. Hongyi, S. Weicheng, and Zhujie, "Research on distribution network planning in the context of distributed energy resources," *China Int. Conf. Electr. Distrib. CICED*, vol. 2021-April, no. May 2020, pp. 780–783, 2021, doi: 10.1109/CICED50259.2021.9556584.
- [10] C. Jana, M. J. Bala, and S. K. Goswami, "Finding of the Probable Size and Location of Distributed Generation in Unbalanced Distribution System with Demand Uncertainty," *2020 IEEE Calcutta Conf. CALCON 2020 - Proc.*, pp. 417–420, 2020, doi: 10.1109/CALCON49167.2020.9106559.
- [11] Y. Li, "Research on the Location and Capacity of the Distributed Generation in Distribution Network," *Proc. - 2019 3rd Int. Conf. Data Sci. Bus. Anal. ICDSBA 2019*, pp. 459–463, 2019, doi: 10.1109/ICDSBA48748.2019.00100.
- [12] J. Lassila, J. Haapaniemi, J. Haakana, J. Partanen, and J. Pylvänäinen, "Value of Customer Flexibility Regarding Reliability of Supply in the Rural Area Electricity Distribution," no. September, pp. 2813–2817, 2022, doi: 10.1049/icp.2021.1538.
- [13] M. M. Kyule, M. P. Musau, and N. O. Abungu, "Voltage Stability optimization with Renewable Distributed Generation (RDG) using Index Based planning (IBP) and Genetic Algorithm (GA)," *IEEE AFRICON Conf.*, vol. 2019-Septe, 2019, doi: 10.1109/AFRICON46755.2019.9133837.
- [14] F. T. Toledo and M. A. V. León, "Computational algorithm for the analysis of loadability in distribution systems," *Proc. 2018 IEEE 38th Cent. Am. Panama Conv. CONCAPAN 2018*, 2018, doi: 10.1109/CONCAPAN.2018.8596388.
- [15] D. Chaudhary, A. K. Tailor, V. P. Sharma, and S. Chaturvedi, "HyGADE: Hybrid of Genetic Algorithm and Differential Evolution Algorithm," *2019 10th Int. Conf. Comput. Commun. Netw. Technol. ICCCNT 2019*, pp. 8–11, 2019, doi: 10.1109/ICCCNT45670.2019.8944822.
- [16] J. Chen, D. Zhang, D. Liu, and Z. Pan, "A network selection algorithm

- based on improved genetic algorithm,” *Int. Conf. Commun. Technol. Proceedings, ICCT*, vol. 2019-Octob, no. 4, pp. 209–214, 2019, doi: 10.1109/ICCT.2018.8600265.
- [17] V. Kotenev, A. Kotenev, and S. Zangiev, “Multivariable Hybrid Control System of the Distribution System Power Factor,” *Proc. - 2019 21st Int. Conf. &quot;Complex Syst. Control Model. Probl. CSCMP 2019*, vol. 2019-Septe, pp. 481–486, 2019, doi: 10.1109/CSCMP45713.2019.8976562.
- [18] G. Shi, Y. Wang, and F. Zhou, “A Diversify Distribution Power Grid Planning Method Based on the Features of Areas in Smart Cities,” no. 52094021000, pp. 1746–1752, 2021.
- [19] A. Sunil and V. Chintham, “Investigations on Distribution Load Flow Methods in a Radial Distribution Network,” *2022 IEEE Students Conf. Eng. Syst. SCES 2022*, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1109/SCES55490.2022.9887642.
- [20] A. F. Gusnanda, Sarjiya, and L. M. Putranto, “Effect of distributed photovoltaic generation installation on voltage profile: A case study of rural distribution system in Yogyakarta Indonesia,” *2019 Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICOIACT 2019*, pp. 750–755, 2019, doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938534.
- [21] J. Liu, Y. Lu, G. Lv, and J. Du, “Research on access point and capacity optimization of distributed generation in distribution power grid,” *China Int. Conf. Electr. Distrib. CICED*, vol. 2021-April, no. 202004240000003, pp. 718–721, 2021, doi: 10.1109/CICED50259.2021.9556837.
- [22] R. Naghizadeh, H. Afrakhte, and M. Ziapour, “Smart Distribution Network Reconfiguration Based on Optimal Planning of Distributed Generation Resources Using Teaching Learning Based Algorithm to Reduce Generation Costs, Losses and Improve Reliability,” *26th Iran. Conf. Electr. Eng. ICEE 2018*, pp. 1125–1131, 2018, doi: 10.1109/ICEE.2018.8472451.
- [23] T. Yadav, “Integration of Electric Vehicle and Renewable Generation to Improve the Power Quality Problems in Distribution System,” pp. 5–9, 2018.
- [24] P. A. Souza, G. B. D. Santos, V. Mariano, and D. Barbosa, “Analysis of active and reactive power injection in distributed systems with photovoltaic generation,” *SBSE 2018 - 7th Brazilian Electr. Syst. Symp.*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/SBSE.2018.8395654.
- [25] N. D. O. Medeiros and D. M. Falcao, “Photovoltaic micro and mini generation hosting capacity assessment in distribution grids,” *SBSE 2018 - 7th Brazilian Electr. Syst. Symp.*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/SBSE.2018.8395603.
- [26] B. Huang, J. Hu, B. Hong, H. Yan, and K. Feng, “Macro-level Evaluation of Distribution Network Operational Risks Caused by Distributed Generation,” *2019 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Asia, ISGT 2019*, pp. 1576–1579, 2019, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2019.8881493.
- [27] H. Ke and H. He, “A Method of Distribution Network Protection and Application with Penetration of Renewable Generation,” pp. 1473–1476, 2022, doi:

- 10.1109/ciced56215.2022.9928846.
- [28] I. Colak, "Targets of Countries in Renewable Energy," pp. 394–398, 2020, doi: 10.1109/ICRERA49962.2020.9242765.
- [29] S. D. R. Sen Subhdeep Paul, tathagata Dey, Pallab Saha, "Review on the development scenario of renewable energy in different country," pp. 2021–2022, 2021, doi: 10.1109/IEMRE52042.2021.9386748.
- [30] F. H. Guan, D. M. Zhao, X. Zhang, B. T. Shan, and Z. Liu, "Research on distributed generation technologies and its impacts on power system," *1st Int. Conf. Sustain. Power Gener. Supply, SUPERGEN '09*, pp. 1–6, 2009, doi: 10.1109/SUPERGEN.2009.5348241.
- [31] B. Chen, K. Xiang, L. Yang, Q. Su, D. Huang, and T. Huang, "Theoretical Line Loss Calculation of Distribution Network Based on the Integrated electricity and line loss management system," *China Int. Conf. Electr. Distrib. CICED*, no. 201804270001153, pp. 2531–2535, 2018, doi: 10.1109/CICED.2018.8592309.
- [32] L. L. Yu Lingang, "Research on integrated calculation method of theoretical line loss of MV and LV distribution Network based on Adaboost integrated learning," pp. 3390–3393, 2022, doi: 10.1109/CIEEC547352.2022.9846828.
- [33] P. B. Myszkowski, M. Laszczyk, and K. Dziadek, "Non-dominated sorting tournament genetic algorithm for multi-objective travelling salesman problem," *Proc. 2019 Fed. Conf. Comput. Sci. Inf. Syst. FedCSIS 2019*, vol. 18, pp. 67–76, 2019, doi: 10.15439/2019F192.
- [34] U. Khair, Y. D. Lestari, A. Perdana, D. Hidayat, and A. Budiman, "Genetic algorithm modification analysis of mutation operators in max one problem," *Proc. 3rd Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2018*, 2018, doi: 10.1109/IAC.2018.8780463.
- [35] A. Lambora, K. Gupta, and K. Chopra, "Genetic Algorithm- A Literature Review," no. 1998, 2019, doi: 10.1109/COMITCon.2019.8862255.

## 8.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 10: Matriz de estado del arte.

UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGABILIDAD DE CONDUCTORES DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN ALGORITMO GENÉTICO																								
ITEM	DATOS				TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	MINIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA ACTIVA	ANÁLISIS DE NIVELES DE VOLTAJE CON GDF	INTEGRACIÓN DE GD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.	UBICACIÓN ÓPTIMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	INCIDENCIA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	ANÁLISIS DE CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	CARGABILIDAD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	RESTRICCIÓN DE VOLTAJE EN LAS BARRAS DE SISTEMA	RESTRICCIÓN DE POTENCIA EN GENERACIÓN	PÉRDIDAS DE POTENCIA EN GD	ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA	ANÁLISIS DE PERDIDAS DE POTENCIA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	ANÁLISIS DE PERFIL DE VOLTAJE	EANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DE ALGORITMO GENÉTICO EN GD	LOCALIZACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO IDEAL DE GD	REDUCCIÓN ÓPTIMA DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	COMPARACIÓN DE NIVELES DE VOLTAJE CON GD Y SIN GD	APLICACIÓN DE AG PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARGABILIDAD DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN
1	2022	Research on Influences of Distributed Photovoltaic Generation on Distribution Network Voltage Quality Based on Electromagnetic Transient Simulation	5	34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	2022	Analysis of Influence of Distributed Photovoltaic on Power Quality of Distribution	8	28	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	2022	Value of Customer Flexibility Regarding Reliability of Supply in the Rural Area Electricity Distribution	12	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	2022	Investigations on Distribution Load Flow Methods in a Radial Distribution Network	19	55	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	2022	A Method of Distribution Network Protection and Application with Penetration of Renewable Generation	27	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	2021	Research on New Characteristics of Power Transformer in Distribution Network,	1	82	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	2021	Research on distribution network planning in the context of distributed energy resources	9	150	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## MEJORAMIENTO DEL PERFIL DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO ENFOCADO EN LA UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

ITEM	DATOS				TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	MINIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA ACTIVA	ANÁLISIS DE NIVELES DE VOLTAJE CON GDF	INTEGRACIÓN DE GD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.	UBICACIÓN ÓPTIMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	INCIDENCIA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	ANÁLISIS DE CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	CARGABILIDAD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	RESTRICCIÓN DE VOLTAJE EN LAS BARRAS DE SISTEMA	RESTRICCIÓN DE POTENCIA EN GENERACIÓN	PÉRDIDAS DE POTENCIA EN GD	ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA	ANÁLISIS DE PERDIDAS DE POTENCIA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	ANÁLISIS DE PERFIL DE VOLTAJE	ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DE ALGORITMO GENÉTICO EN GD	LOCALIZACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO IDEAL DE GD	REDUCCIÓN ÓPTIMA DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	COMPARACIÓN DE NIVELES DE VOLTAJE CON GD Y SIN GD	APLICACIÓN DE AG PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARGABILIDAD DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN
8	2021	A Diversify Distribution Power Grid Planning Method Based on the Features of Areas in Smart Cities.	18	231	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	2021	Research on access point and capacity optimization of distributed generation in distribution power grid.	21	114	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	2021	Review on the development scenario of renewable energy in different country.	29	1417	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	2021	Simplified Particle Swarm Optimization Algorithm with Improved Learning Factor and Search Method	35	57	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	2020	Finding of the Probable Size and Location of Distributed Generation in Unbalanced Distribution System with Demand Uncertainty.	10	46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	2020	Targets of Countries in Renewable Energy	28	1158	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	2019	Assessment of Net Energy Metering on Distribution Network Losses	2	175	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	2019	Determination of the total cost of active power losses and methods to reduce power losses in low-voltage distribution networks.	6	139	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	2019	Research on the Location and Capacity of the Distributed Generation in Distribution Network.	11	212	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	2019	Voltage Stability optimization with Renewable Distributed Generation (RDG) using Index Based planning (IBP) and Genetic Algorithm (GA).	13	142	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## MEJORAMIENTO DEL PERFIL DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO ENFOCADO EN LA UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

ITEM	DATOS				TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	MINIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA ACTIVA	ANÁLISIS DE NIVELES DE VOLTAJE CON GDF	INTEGRACIÓN DE GD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.	UBICACIÓN ÓPTIMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	INCIDENCIA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	ANÁLISIS DE CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	CARGABILIDAD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	RESTRICCIÓN DE VOLTAJE EN LAS BARRAS DE SISTEMA	RESTRICCIÓN DE POTENCIA EN GENERACIÓN	PÉRDIDAS DE POTENCIA EN GD	ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA	ANÁLISIS DE PERDIDAS DE POTENCIA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	ANÁLISIS DE PERFIL DE VOLTAJE	EANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DE ALGORITMO GENÉTICO EN GD	LOCALIZACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO IDEAL DE GD	REDUCCIÓN ÓPTIMA DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	COMPARACIÓN DE NIVELES DE VOLTAJE CON GD Y SIN GD	APLICACIÓN DE AG PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARGABILIDAD DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN
18	2019	HyGADE: Hybrid of Genetic Algorithm and Differential Evolution Algorithm	15	413	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	2019	A network selection algorithm based on improved genetic algorithm.	16	1243	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	2019	Multivariable Hybrid Control System of the Distribution System Power Factor.	17	124	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	2019	Effect of distributed photovoltaic generation installation on voltage profile: A case study of rural distribution system in Yogyakarta Indonesia	20	309	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	2019	Macro-level Evaluation of Distribution Network Operational Risks Caused by Distributed Generation.	26	59	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	2019	Power loss reduction in a radial distribution network using distributed generation	3	188	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	2019	Non-dominated sorting tournament genetic algorithm for multi-objective travelling salesman problem	32	117		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	2019	Genetic Algorithm- A Literature Review	34	3139	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	2018	Computational algorithm for the analysis of load ability in distribution systems	14	30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## MEJORAMIENTO DEL PERFIL DE VOLTAJE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO ENFOCADO EN LA UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

ITEM	DATOS				TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	MINIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA ACTIVA	ANÁLISIS DE NIVELES DE VOLTAJE CON GDF	INTEGRACIÓN DE GD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.	UBICACIÓN ÓPTIMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	INCIDENCIA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	DIMENSIONAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	ANÁLISIS DE CARGABILIDAD EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	CARGABILIDAD EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	RESTRICCIÓN DE VOLTAJE EN LAS BARRAS DE SISTEMA	RESTRICCIÓN DE POTENCIA EN GENERACIÓN	PÉRDIDAS DE POTENCIA EN GD	ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA	ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE POTENCIA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	ANÁLISIS DE PERFIL DE VOLTAJE	EANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DE ALGORITMO GENÉTICO EN GD	LOCALIZACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO IDEAL DE GD	REDUCCIÓN ÓPTIMA DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	COMPARACIÓN DE NIVELES DE VOLTAJE CON GD Y SIN GD	APLICACIÓN DE AG PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARGABILIDAD DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN
27	2018	Smart Distribution Network Reconfiguration Based on Optimal Planning of Distributed Generation Resources Using Teaching Learning Based Algorithm to Reduce Generation Costs, Losses, and Improve Reliability.	22	323	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	2018	Integration of Electric Vehicle and Renewable Generation to Improve the Power Quality Problems in Distribution System	23	435	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	2018	Analysis of active and reactive power injection in distributed systems with photovoltaic generation.	24	367	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	2018	Photovoltaic micro and mini generation hosting capacity assessment in distribution grids	25	91	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	2018	Theoretical Line Loss Calculation of Distribution Network Based on the Integrated electricity and line loss management system	31	1224	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
32	2018	Genetic algorithm modification analysis of mutation operators in max one problem	33	5119	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	2017	Evaluación del impacto de la cargabilidad dinámica de líneas aéreas en indicadores de confiabilidad del sistema eléctrico de potencia.	4	146		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	2017	Impact of distributed generation on the thermal ageing of low voltage distribution cables	7	167	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
35	2009	Research on distributed generation technologies and its impacts on power system.	30	135	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CANTIDAD					11	10	9	9	21	24	23	19	18	22	21	20	22	23	24	19	24	22	22	25



## 8.1 Resumen de indicadores

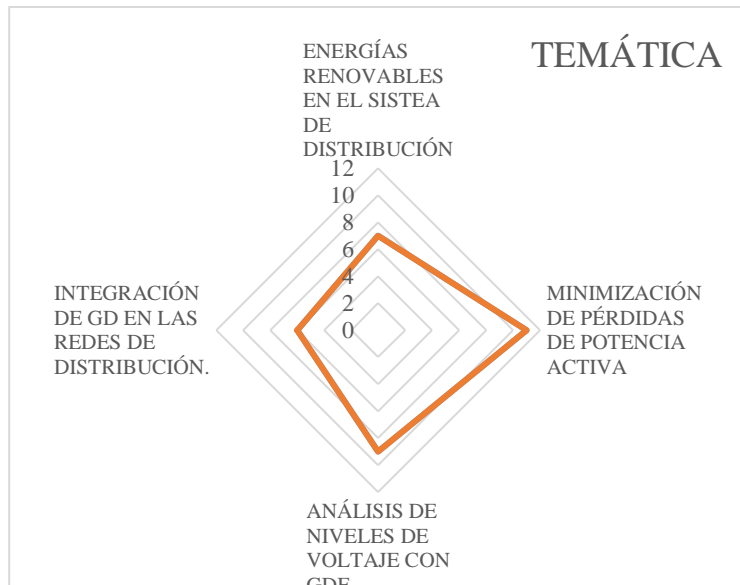


Figura 8. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.

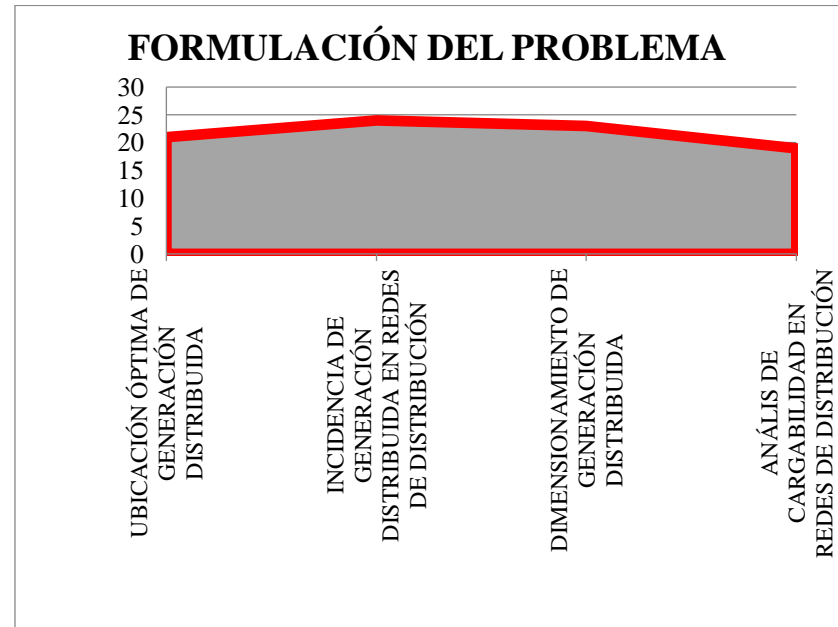


Figura 9. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.

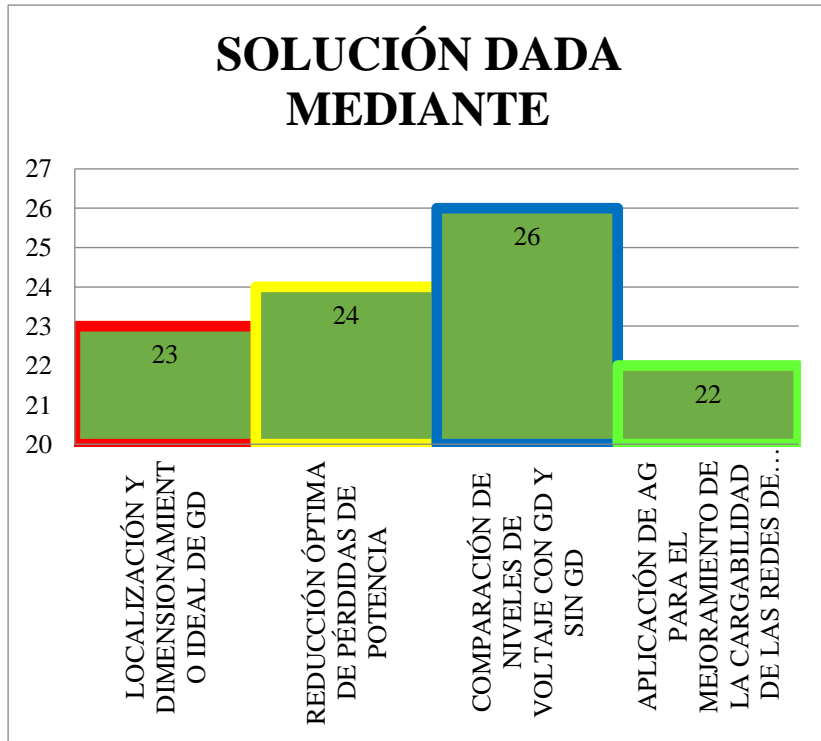


Figura 10. Indicador de solución - Estado del arte.

## 9 Anexos

Tabla 11. Datos carga del sistema IEEE de 33 barras.

Barra	P [kW]	Q [kVAr]
1	0	0
2	100	60
3	90	40
4	120	80
5	60	30
6	60	20
7	200	100
8	200	100
9	60	20
10	60	20
11	45	30
12	60	35
13	60	35
14	120	80
15	60	10
16	60	20
17	60	20
18	90	40
19	90	40
20	90	40
21	90	40
22	90	40
23	90	50
24	420	200
25	420	200
26	60	25
27	60	25
28	60	20
29	120	70
30	200	600
31	150	70
32	210	100
33	60	40
<b>Carga total</b>	<b>3715</b>	<b>2300</b>

Tabla 12. Datos de líneas del sistema IEEE 33 barras.

Barra inicio	Barra final	Resistencia [Ω]	Reactancia [Ω]
1	2	0.0922	0.0470
2	3	0.4930	0.2511
3	4	0.3660	0.1864
4	5	0.3811	0.1941
5	6	0.8190	0.7070
6	7	0.1872	0.6188
7	8	0.7114	0.2351
8	9	1.0300	0.7400
9	10	1.0440	0.7400
10	11	0.1966	0.0650
11	12	0.3744	0.1238
12	13	1.4680	1.1550
13	14	0.5416	0.7129
14	15	0.5910	0.5260
15	16	0.7463	0.5450
16	17	1.2890	1.7210
17	18	0.7320	0.5740
2	19	0.1640	0.1565
19	20	1.5042	1.3554
20	21	0.4095	0.4784
21	22	0.7089	0.9373
3	23	0.4512	0.3083
23	24	0.8980	0.7091
24	25	0.8960	0.7011
6	26	0.2030	0.1034
26	27	0.2842	0.1447
27	28	1.0590	0.9337
28	29	0.8042	0.7006
29	30	0.5075	0.2585
30	31	0.9744	0.9630
31	32	0.3105	0.3619
32	33	0.3410	0.5302
25	29	0.5000	0.5000