

**ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA
ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA
ARTIFICIAL DE HORMIGAS**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE ELECTRICIDAD

**ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA
BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS**

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

AUTOR: JUAN FRANCISCO TOBAR HIDALGO
TUTOR: EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES

Quito -Ecuador
2022

Juan Francisco Tobar Hidalgo

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022

Carrera de Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



Juan Francisco Tobar Hidalgo (Y'1998 – M'04).

Estudiante de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Áreas de interés: Generación distribuida, respuesta a la demanda, microrredes, energía renovable, Optimización. jtoharh@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Edwin Marcelo García Torres (Y'1978 -SM10).

Se graduó en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana y de Master en Gestión de Energía. Actualmente se encuentra trabajando para su doctorado en Ingeniería con la Universidad Pontificia Bolivariana. Área de interés: respuesta a la demanda, sistemas de automatización. Actualmente es miembro del Girei (Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes - Smart Grid Research Group). egarcia@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

©2022 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

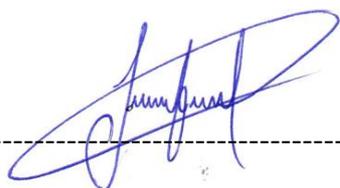
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Francisco Tobar Hidalgo con documento de identificación N° 1720744968 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, 03 de mayo del año 2022

Atentamente,



Juan Francisco Tobar Hidalgo

1720744968

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

Yo, Juan Francisco Tobar Hidalgo con documento de identificación No. 1720744968, 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: “Asignación de recursos distribuidos para una electrolinera basado en el algoritmo colonia artificial de hormigas”, 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, 03 de mayo del año 2022

Atentamente,



Juan Francisco Tobar Hidalgo

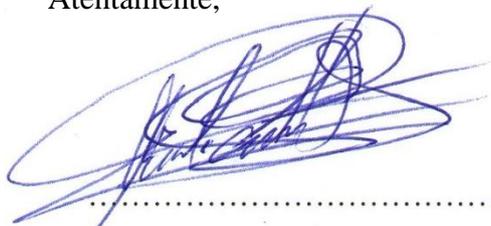
1720744968

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Marcelo García Torres con documento de identificación N° 1803087400, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS , realizado por Juan Francisco Tobar Hidalgo con documento de identificación N° 1720744968, 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, 03 de mayo del año 2022

Atentamente,



.....
Ing. Edwin Marcelo García Torres , MSc
1803087400

INDICE GENERAL

Resumen.....	1
Abstract	1
1. Introducción	2
2. Marco Teórico.....	4
2.1 Micro red.	4
2.1.1 Clasificación de las micro redes.....	5
2.2 Fuentes de generación distribuidas.....	5
2.2.1 No Renovables.	5
Generación por diésel	5
Generación termoeléctrica (gas y carbón)	6
2.2.2 Renovables.	6
Generación por energía solar.	6
Generación por energía eólica.	7
Generación por energía Hidráulica.	8
Generación por energía de la biomasa.....	9
2.3 Asignación de Recursos.	10
2.3.1 Algoritmos para la asignación de recursos.....	10
2.3.2 Colonia Artificial de Hormigas.....	10
3. Planteamiento del Problema.....	11
3.1 Modelamiento de la electrolinera.	11
4. Análisis de resultados.....	13
4.1 Caso 1	13
4.2 Caso 2	15
5. Conclusiones	17
6. Trabajos Futuros.....	17
7. Referencias.....	18
7.1 Estado del Arte.....	25
7.2 Indicadores del estado del arte	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Asignación de recursos	3
Figura 2. Diagrama de generación por diésel.....	5
Figura 3. Diagrama de generación termoeléctrica.	6
Figura 4. Diagrama de generación solar.	7
Figura 5. Diagrama de generación eólica.....	8
Figura 6. Diagrama de generación hidráulica.	9
Figura 7. Diagrama de generación por biomasa.....	10
Figura 8. Recursos energéticos para el caso 1.....	14
Figura 9. Curva de la demanda en verano.....	14
Figura 10. Asignación de recursos mediante OCH.....	14
Figura 11. Perfiles de voltaje caso 1	14
Figura 12. Mejora del perfil de voltaje caso 1	15
Figura 13. Recursos energéticos para el caso 2.....	16
Figura 14. Curva de la demanda en invierno	16
Figura 15. Asignación de recursos mediante OCH.....	16
Figura 16. Perfiles de voltaje caso 2	16
Figura 17. Mejora del perfil de voltaje caso 2	17
Figura 18. Resumen e indicador de la temática.	31
Figura 19. Indicador de formulación de problema.....	32
Figura 20. Indicador de Solución.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pseudocódigo Colonia de Hormigas	12
Tabla 2. Pseudocódigo del Modelo de la electrolinera	12
Tabla 3. Perfil de voltaje Caso 1	15
Tabla 4. Perfil de voltaje Caso 2	17
Tabla 5. Matriz del estado del arte	25

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS

Resumen

En el presente documento se expone el estudio del impacto producido por la inserción de nuevas cargas a la red, para este caso la cantidad de vehículos eléctricos que ingresan en una electrolinera. Se utilizó un modelo heurístico basado en el algoritmo colonia artificial de hormigas, el cual se basa en la forma en que este insecto recolecta su alimento utilizando siempre el camino más corto, lo que permitió la óptima asignación de recursos distribuidos para la carga de vehículos eléctricos, empleando un programa de respuesta de la demanda denominado pico crítico. Para el estudio se modeló la electrolinera y la cantidad de vehículos que ingresan en el lapso de un día durante cada hora. Para el análisis de resultados se tomó en cuenta dos casos; invierno y verano. Para continuar con la investigación se utilizó recursos como paneles fotovoltaicos y banco de baterías como fuente de generación distribuida. La solución se obtuvo en base a programación lineal implementando el algoritmo en el software Matlab para obtener la mejor respuesta.

Palabras Clave: Vehículos eléctricos, generación distribuida, electrolinera, algoritmo colonia de hormigas, respuesta a la demanda.

Abstract

This paper presents the study of the impact produced by the insertion of new loads to the grid, in this case the number of electric vehicles entering an electric station. A heuristic model based on the artificial ant colony algorithm was used, which is based on the way this insect collects its food always using the shortest path, which allowed the optimal allocation of distributed resources for charging electric vehicles, using a demand response program called critical load. For the study, we modeled the electric station and the number of vehicles entering the station in the period of one day during each hour. For the analysis of the results, two cases were considered; winter and summer. To continue with the investigation, resources such as photovoltaic panels and battery bank were used as a source of distributed generation. The solution was obtained based on linear programming by implementing the algorithm in Matlab software to obtain the optimal answer.

Keywords: Electric vehicles, distributed generation, electric station, ant colony algorithm, demand response.

1. Introducción

Durante algún tiempo el planeta ha hecho frente a varios problemas, unos de los principales son las emanaciones de gases produciendo un efecto de retención del calor, lo cual hace que temperatura del planeta siga en aumento [1].

A nivel mundial el medio ambiente sufre un deterioro debido a la dependencia que tenemos de los carburantes antiguos los cual son usados para la obtención de energía eléctrica [2]. A partir de esto la sociedad ha buscado la manera de remplazar las fuentes de generación tradicional con otras alternativas[2].

La generación renovable ha surgido como parte de la solución al problema del calentamiento global ya que utiliza recursos inagotables como son sol, viento, agua, entre otros [3]. De modo que fomentar la utilización de estos recursos energéticos de origen natural como energía fotovoltaica, energía eólica, bioenergía, entre otras, es la mejor opción de ayudar al planeta [3].

Para conectar y tener un buen diseño al momento de conectar diferentes tipos de recursos energéticos y cargas eléctricas se utilizan las micro redes [4]. A nivel global la necesidad energética siempre está en permanente aumento, para hacer frente a esta problemática, tenemos centrales eléctricas de generación de tipo térmico las cuales, como ya se ha mencionado, no son tan favorables ,a su vez el costo de estas podría aumentar [5].

El propósito básico del cumplimiento de la demanda es destinar los recursos que ya tenemos para que puedan utilizarse sin crear una nueva generación. [6]. La respuesta de la demanda está elaborada de tal manera que ayuda a reducir la demanda limite y promueve el consumo eléctrico cuando la energía sustituible está favorable en el mercado de precios [7]. También explica el consumo eléctrico que asume el consumidor final

y cómo evoluciona en relación a sus hábitos habituales de consumo esperados y en respuesta a cambios en los precios del suministro eléctrico en situaciones de pico de demanda o cuando el sistema eléctrico está al borde del colapso. [8]. Los programas de respuesta a la demanda permiten el óptimo funcionamiento del flujo en ambos sentidos de la energía hacia la red eléctrica, la respuesta a la demanda es la solución para conservar la conformidad entre el ofrecimiento y el requerimiento [9]. La demanda ha aumentado inmensamente la inclinación de la agrupación académica en el tema de las redes inteligentes [10].

En el presente estudio se tuvo en cuenta el inconveniente de la asignación de bienes energéticos en función del desarrollo óptimo de las colonias de hormigas artificiales, en un marco de tiempo, en este caso análisis de un día en el lapso hora a hora. [11]. Dicho esto, el modelo formulado nos permitirá conformar un procedimiento óptimo de respuesta a la demanda que ayude a minimizar la tasa de vehículos eléctricos en el sistema de distribución [12]. El problema de atender la demanda de autos eléctricos pertenece al tipo de programación no lineal, debido a la cantidad de variables y limitaciones propuestas en el documento [13].

Por otro lado, el uso de vehículos eléctricos es una de las alternativas que se han propuesto para reducir el uso de carburantes antiguos, limitando así el impacto sobre el medio ambiente. [14]. Por lo tanto, los fabricantes de automóviles han optado por ofrecer a los consumidores una amplia gama de vehículos eléctricos, bien recibidos por los consumidores modernos, lo que ha creado un nuevo avance en el mercado automovilístico. [14]. No obstante, el uso de estas energías renovables y variables, requieren una mayor

estabilización de la red, esto es fundamental para equiparar y satisfacer la carga producida por los vehículos eléctricos, de tal manera esto podría reducir el uso de carburos a largo plazo [15]. El principal problema que tienen los vehículos eléctricos es el equipamiento que requieren para su carga, estos deben cumplir los siguientes requisitos: capacidad, sector, tipo de carga, dimensión del proyecto y abastecimiento de la red de distribución eléctrica [16]. La introducción de vehículos a la red eléctrica puede ocasionar nuevos picos, pero la óptima gestión puede traer más beneficios y no ser muy contraproducente, dando lugar al decrecimiento de los picos [17].

Por otro lado, el comportamiento inconstante de los usuarios hace que los perfiles de voltaje sean de condiciones imprescindibles, por ello es necesario el óptimo control de las cargas, para gestionar de una correcta forma la creciente demanda, para despachar la generación al menor costo posible [18]. El control directo de las cargas ha existido durante mucho tiempo, los

programas de repuesta solo se han enfocado principalmente a nivel de distribución. El adecuado uso de las herramientas informáticas puede ayudar al momento de analizar el funcionamiento de la nueva tecnología antes de ser implementada físicamente [19]. Uno de los principales desafíos que deben afrontar las empresas que brindan los servicios públicos es la demanda de la energía eléctrica, las estrategias de control de carga se implementan para retrasar el deterioro del transformador de distribución [20].

La dificultad de la consignación de bienes, visto desde una perspectiva de modelación de energía puede clasificarse en dos partes [21]. En la primera parte se desarrollaron modelos de probabilidad que generan perfiles fijos de energía, este modelo corresponde al consumo de energía no controlado, este tipo de consumo no asigna recursos [22]. En la segunda parte se hizo énfasis en modelos que analizan el comportamiento

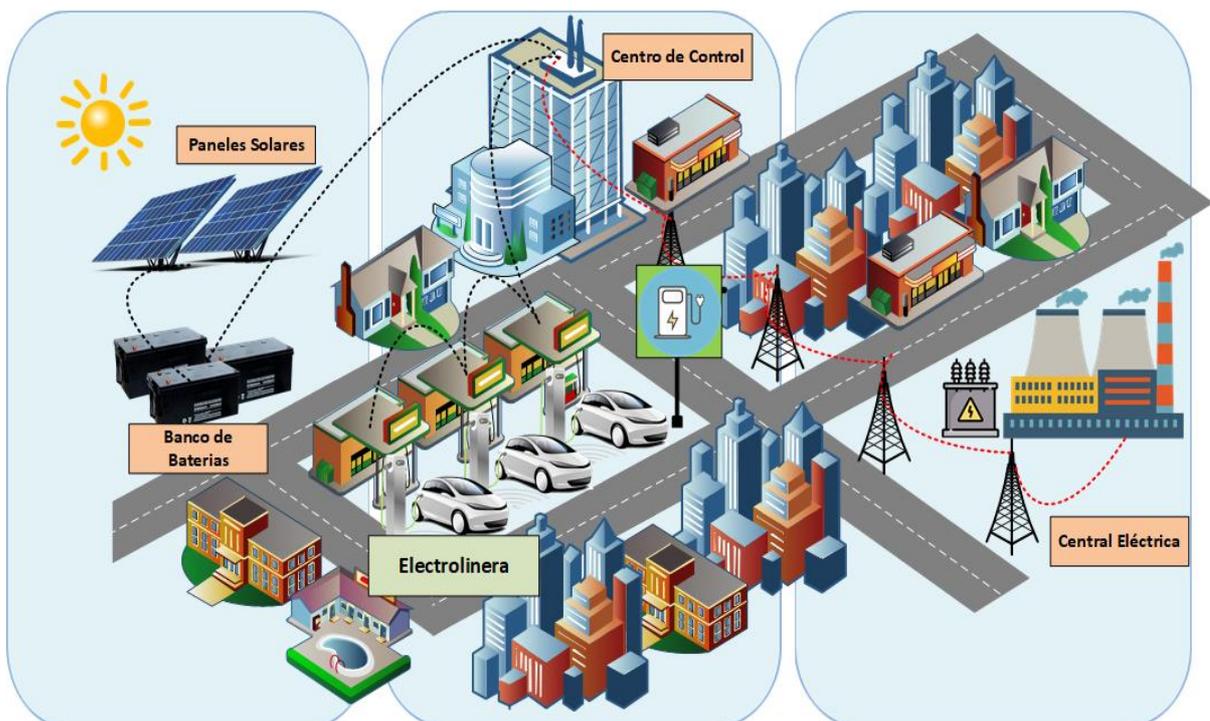


Figura 1. Asignación de recursos

los procesos de asignación [23], [24]. Las paradas de abastecimiento para vehículos eléctricos guardan el excedente de energía generadas a partir de energía renovable [25].

Para reducir los desafíos técnicos, económicos y ambientales, necesitamos introducir una red inteligente en la cual se tenga una óptima combinación entre estaciones de carga y vehículos eléctricos, siempre y cuando se maneje de una manera eficaz [26], [27].

La gran cantidad de energía solar recibe la tierra hace que las energías renovables sean una solución factible para la introducción de vehículos eléctricos, se puede decir que la energía fotovoltaica se encuentra mejorando y creciendo constantemente [28], [29]. Sin embargo la conexión de estas cargas a la red puede afectar a la confiabilidad de esta, ocasionando inestabilidad, para ello se busca conectar de manera directa la carga de los vehículos eléctricos con la energía producida por los paneles fotovoltaicos [29].

Dicho lo anterior, los vehículos eléctricos serían vistos como elementos de almacenamiento, ayudando a la red a no perder equilibrio y por consecuencia no perder estabilidad, generando un impacto positivo en las redes renovables [30]. Al cargar los vehículos eléctricos de modo directo no existirá un mayor incremento en la carga de la demanda, esto permitirá un incremento del uso de vehículos eléctricos [31].

2. Marco Teórico

El uso de energías renovables para una limpia generación de energía eléctrica se lleva a cabo en centrales eléctricas no convencionales, las cuales se han ido adaptando durante algún tiempo a la forma en que se distribuye el consumo. En la actualidad el uso de vehículos

eléctricos ya es una realidad y así mismo la sociedad poco a poco se ha acostumbrado a ella. El uso significativo de los vehículos eléctricos incrementará los puntos de recarga de estos mismos ya sea en lugares públicos, centros comerciales, edificios, etc. Por lo cual una gestión de respuesta es indispensable con el fin de garantizar un buen servicio y planificación de expansión [32].

2.1 Micro red.

Se entiende por micro red a un sistema de generación eléctrica en ambos sentidos partiendo de los proveedores hasta los consumidores, utilizando tecnología digital favoreciendo principalmente la integración de energías renovables con el fin de ahorrar energía y minimizar los costos manteniendo siempre la fiabilidad [33], [34]. Los componentes que conforman parte de una micro red son sistemas de generación distribuida, sistemas de almacenamiento y sistemas de carga [35]. La red siempre debe estar conectada a un sistema principal mediante un punto en común ya sea que funcione en modalidad conectada a la red (On Grid) o funcione de modo autosuficiente (Off Grid) [36]. Cuando la micro red trabaja en modo On Grid su intercambio de energía con la red principal es provechoso siempre que la potencia que necesitan los consumidores sea más baja que la potencia entregada por las fuentes de generación; por otro lado, en caso de que la micro red funcione de forma Off Grid la potencia que necesitan los consumidores es abastecida netamente con energía de origen renovable, el excedente de la potencia generada por estas fuentes se lo almacena en bancos de baterías para cubrir los picos de producción y demanda [36].

2.1.1 Clasificación de las micro redes.

Se pueden clasificar de distintas formas según corresponda, a continuación, se muestra dicha clasificación:

- Tipo de potencia (AC o DC) [37].
- Tipo de aplicación:
 - Micro Red de utilidad.
 - Micro Red Comercial e Industrial.
 - Micro Red Aislada [37].
- Tipo de estructura del Sistema:
 - Conversión una sola etapa.
 - Conversión en dos etapas [38], [39].
- Según control de supervisión:
 - Centralizado.
 - Descentralizado [37].

2.2 Fuentes de generación distribuidas.

La generación distribuida radica en producir energía eléctrica con el uso de pequeñas instalaciones cercanas a la carga, lo que se conoce como generación centralizada, de tal manera que se pueden interconectar en cualquier parte de la red pasando a ser un subconjunto de recursos del sistema [40].

2.2.1 No Renovables.

Hoy en día las energías no renovables han proporcionado la mayor parte de generación, como principales fuentes tenemos: petróleo, gas y carbón [41].

Generación por diésel

Los generadores a base de diésel se los usa generalmente en sectores aislados de gran escala, también se los uso como unidades de respaldo frente a cargas críticas, debido a su fácil configuración son fiables y rápidos para adaptarse a los cambios en la demanda de electricidad. [42].

A pesar de ello, este tipo de generación no es eficiente ya que depende de combustibles fósiles para su funcionamiento [42], [43]. Por otro lado tenemos el costo de operación es alto, además de tener fluctuaciones constantes de precio y la contaminación que causa al medio ambiente [44].

En la ecuación (1) obtenemos el cálculo de la función de costos para la generación a diésel [36].

$$C_i(P_{Gdi}) = \sum_{i=1}^{N_G} a_i + b_i P_{Gdi} + C_i P_{Gdi}^2 \quad (1)$$

Donde:

- P_{Gdi} → Potencia de salida del generador a diésel
- a_i → Valor de costo asociado al arranque del motor
- b_i → Costos de combustible por potencia generada
- N_G → Cantidad de generadores

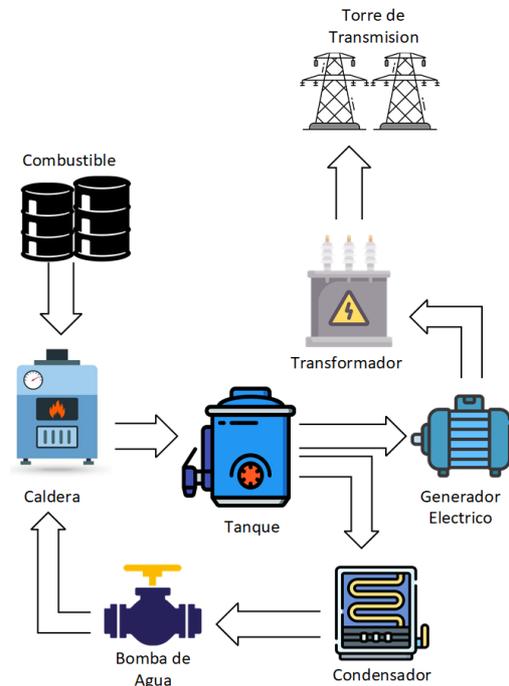


Figura 2. Diagrama de generación por diésel.

Generación termoeléctrica (gas y carbón)

Las generaciones por centrales termoeléctricas se caracterizan por la transformación de energía calorífica en energía eléctrica [45]. Este tipo de energía funciona mediante el uso de combustibles variables como son: gas natural, carbón, diésel, para cada tipo de combustible existe una configuración diferente [46].

En la ecuación (2) obtenemos el cálculo de la función de costos para la generación termoeléctrica [46].

$$F_i(P_{Gi}) = Y_i P_{Gi}^2 + \beta_i P_{Gi} + \alpha_i \quad (2)$$

Donde:

F_i → Función de costos asociadas al generador

P_{Gi} → Potencia generada por el generador

α_i, β_i, Y_i → Constantes de la función cuadrática de costos

La anterior ecuación, es la típica expresión que se usa en centrales convencionales, sin embargo, para centrales no convencionales y específicamente en centrales del tipo renovable hay que tomar en cuenta factor importantes como la incertidumbre en la producción eléctrica [46].

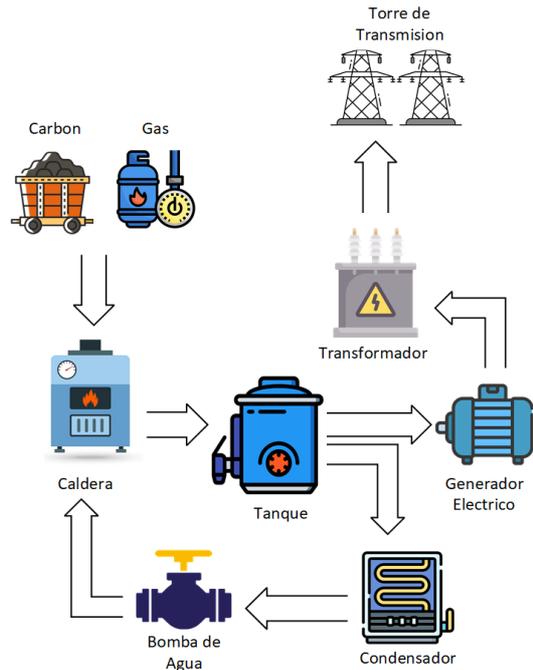


Figura 3. Diagrama de generación termoeléctrica.

2.2.2 Renovables.

La energía renovable es básicamente energía que proviene de recursos naturales como son: agua, sol, viento, biomasa. Dichos recursos naturales son capaces de renovarse ilimitadamente [47].

Generación por energía solar.

La energía renovable se extiende cada día más, principalmente en paneles fotovoltaicos (PV) como fuente de generación, a medida que la tecnología avanza los costos nivelados de la electricidad (LCOE) de las instalaciones fotovoltaicas disminuyen a cada momento [48]. El desarrollo de este tipo de energías es más rápido hoy en día debido a la escasez de energías convencionales y la contaminación ambiental, la energía solar siempre se ha caracterizado por ser una de las más limpias e inagotables [49]. La utilización de la energía fotovoltaica es de gran ayuda para los sectores donde se tiene difícil acceso a la red convencional [50]. Para crear este tipo de energía, tenemos una serie de factores que influyen en su formación.

A continuación, las ecuaciones (3) y (4) determinan la condición de trabajo de una celda fotovoltaica [51].

$$T_{cell} = T_{amb} + NOCT - 20/800 * G \quad (3)$$

Donde:

T_{cell} → Temperatura de la celda
 T_{amb} → Temperatura ambiente
 $NOCT$ → Condiciones de temperatura
 G → Irradiación Solar

$$P_{stc} = G/1000 [1 + (T_{cell} - 25)] = P_{ph} \quad (4)$$

Donde:

P_{stc} → Potencia bajo condiciones de funcionamiento estándar
 G → Irradiación Solar
 T_{cell} → Temperatura de la celda
 P_{ph} → Potencia de Salida de la celda

En la ecuación (5) obtenemos el cálculo de la energía generada mediante las celdas fotovoltaicas [51].

$$a \cdot M_{pv} [1 - 0.0041(T_t - 8)] S_t = E_t \quad (5)$$

Donde:

E_t → Potencia generada
 T_t → Temperatura ambiente
 S_t → Datos de radiación
 M_{pv} → Capacidad de celda fotovoltaica
 a → 3.24

En las ecuaciones (6) y (7) obtenemos la función de costos para una fuente de generación fotovoltaica [36].

$$F(P_s) = (a \cdot I^p \cdot P_s) + (G^E \cdot P_s) \quad (6)$$

Donde:

P_s → Generación solar en MW
 a → Coeficiente de anulación
 I^p → Costo de inversión en \$/MW

G^E → Costo de operación y mantenimiento

$$a = r/[1 - (1 + r)^{-N}] \quad (7)$$

Donde:

N → Vida útil de la central
 r → Tasa de interés

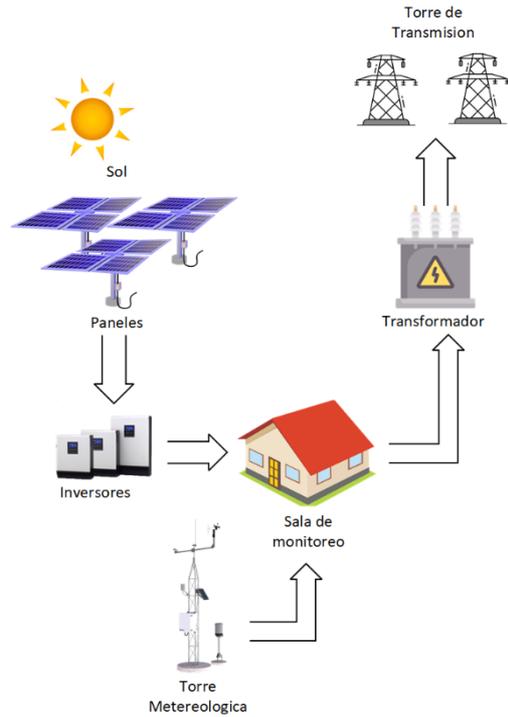


Figura 4. Diagrama de generación solar.

Generación por energía eólica.

En los últimos años la preocupación por el medio ambiente y el aumento del precio de los combustibles fósiles ha sido una razón para el crecimiento rápido de la energía eólica como fuente de generación limpia [52]. Se trata de energía renovable la cual tiene una técnica producción de energía incontrolable y variable, esto puede provocar dificultades para mantener la estabilidad entre producción y consumo [53]. Uno de los principales problemas de la integración de la energía eólica es la estabilidad de tensión, ya que la potencia eólica varía con la velocidad del viento [54]. La gran mayoría de parques eólicos se encuentran integrados en un

extremo de la red que es relativamente débil, por lo que la calidad de la energía y estabilidad de tensión se verán afectadas por el funcionamiento de la energía eólica [54]. Por lo tanto, a mayor integración de energía eólica en el sistema eléctrico, mayor será la reserva de energía para equilibrar la red cuando la condición del viento sea débil [52].

En la ecuación (8) obtenemos el cálculo la potencia generada por las turbinas eólicas [51].

$$P = \frac{1}{2} (\rho \cdot A \cdot u^3) \quad (8)$$

Donde:

- P → Potencia generada
- ρ → Densidad del aire
- A → Área de barrido por el viento
- u → Velocidad del viento

En las ecuaciones (9) y (10) obtenemos la función de costos para una fuente de generación eólica [36].

$$F(P_e) = (a \cdot I^p \cdot P_s) + (G^E \cdot P_s) \quad (9)$$

Donde:

- P_e → Potencia generada a través de paneles solares
- a → Coeficiente de anulación
- I^p → Costo de inversión en \$/MW
- G^E → Costo de operación y mantenimiento

$$a = \frac{r}{[1 - (1 + r)^{-N}]} \quad (10)$$

Donde:

- N → Tiempo de vida de la central
- r → Tasa de interés

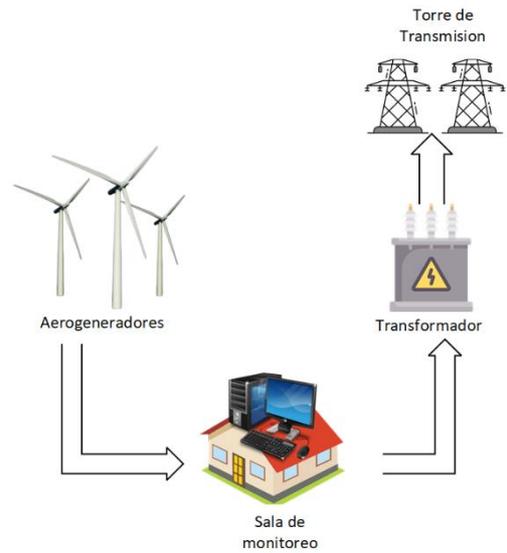


Figura 5. Diagrama de generación eólica.

Generación por energía Hidráulica.

Con el uso continuado de los combustibles fósiles han provocado la escasez de estos mismos, contaminación ambiental y deterioro del entorno, para reducir los daños causados hoy existen energías renovables como la hidráulica [55]. El incremento de pequeñas centrales hidroeléctricas es una forma de ahorro energético potencial dado el potencial de los recursos hidroeléctricos [56]. La implementación de centrales hidroeléctricas pequeñas compensa en cierta parte la deficiencia de la electricidad en una red eléctrica regional, además de desempeñan un papel clave en el desarrollo económico de regiones remotas [57]. Parámetros como la eficiencia de turbinas, eficiencia del generador, densidad del agua, caudales, son algunos que tiene en cuenta al momento de realizar el análisis de generación [58], [59].

En la ecuación (11) obtenemos el cálculo de la potencia generada por las turbinas hidráulicas [58].

$$P_h = g \cdot p \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot h \quad (11)$$

Donde:

- P_h → Potencia generada en MW
- g → Aceleración gravitacional
- η_t → Eficiencia de la turbina
- η_g → Eficiencia del generador
- h → Salto hidráulico en metros

En la ecuación (12) obtenemos el cálculo de altura efectiva del agua [58].

$$h_e = h_f \cdot h_t \cdot h_p \quad (12)$$

Donde:

- h_e → Altura efectiva en metros
- h_f → Elevación de presa en metros
- h_t → Elevación del río en metros
- h_p → Pérdida de carga de la tubería de presión

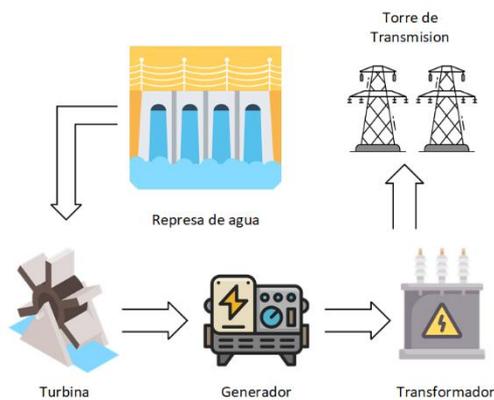


Figura 6. Diagrama de generación hidráulica.

Generación por energía de la biomasa.

La biomasa es una materia prima limpia y viable con un gran potencial en un futuro ya que está encaminada a ser el reemplaza de los recursos de los combustibles fósiles [60]. Se distingue básicamente por ser un recurso renovable que se puede utilizar tanto en la producción de energía eléctrica, así como calorífica, al ser materia orgánica la obtención se la hace mediante residuos de animales y plantas[61]. A diferencia de los demás combustibles fósiles la biomasa destaca por ser un combustible neutro en carbono, ya que no tiene

adición neta de dióxido de carbono al medio ambiente [62]. Por lo tanto, al usar los residuos orgánicos y agrícolas sustituyendo a los combustibles fósiles, las emisiones que se dan por la quema de ciclo abierto serán reducidas, esto conllevaría a ocupar menos espacio en los vertederos y convirtiéndose en una fuente de ingresos para ambas partes [62]. La biomasa como tal se puede clasificar en: azucarada, oleaginosa, almidona y lignocelulósica [63]. También se la puede clasificar según el origen en: biomasa natural o biomasa residual. La biomasa se encuentra formada por lignina, celulosa y hemicelulosa en diferente porcentaje [63], [64].

En la ecuación (13) obtenemos el cálculo de la potencia generada por la biomasa [64], [65].

$$P_e = M_{rs} \cdot E \quad (13)$$

Donde:

- P_e → Potencial Energético
- M_{rs} → Masa de residual seca
- E → Energía por unidad de masa

En la ecuación (14) obtenemos el cálculo de la masa residual seca [64], [65].

$$M_{rs} = A \cdot R_c \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \frac{F_{rki}}{Y_{rski}} \cdot \quad (14)$$

Donde:

- M_{rs} → Masa de residual seca
- A → Área Cultivada
- R_c → Producción por unidad de área cultivada
- F_r → Residuos por unidad producida
- Y_{rs} → Fracción de residuo seco
- k → Subíndice reemplazable dependiendo del tipo de biomasa residual

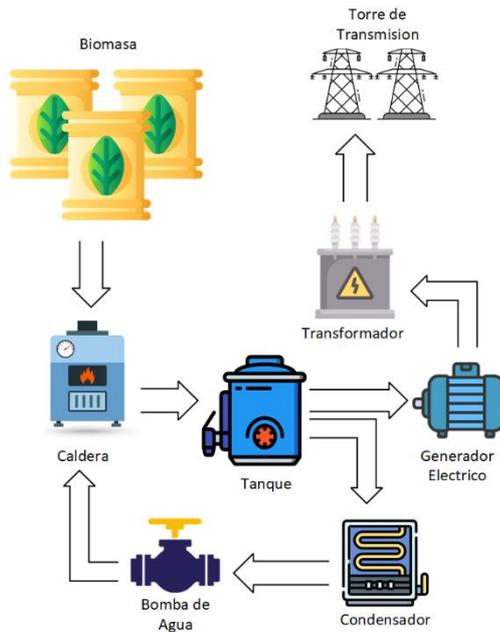


Figura 7. Diagrama de generación por biomasa.

2.3 Asignación de Recursos.

La asignación de recursos consiste en la adecuada repartición de recursos disponibles en un determinado momento o lugar, entre las opciones que se tengan al momento [66]. Lo que se busca mediante la asignación óptima de recursos es balancear los recursos frente a las necesidades que se presenten en el momento, la asignación efectiva es importante para ejecutar proyectos en los cuales se busca optimizar la mayor cantidad de recursos[67].

2.3.1 Algoritmos para la asignación de recursos.

Para la óptima asignación de recursos existen diferentes tipos de algoritmos que son de gran ayuda. Uno de los más conocidos son los algoritmos húngaros, el cual consiste en encontrar el coste mínimo que se necesita para realizar una cierta cantidad de tareas, para llegar a un resultado final utiliza la programación lineal para realizar una serie de pasos que se pueden automatizar [68].

Los algoritmos de enjambre de partículas se usaban principalmente para simular el vuelo sincrónico de las aves, a partir de

ello se convirtió en un éxito para la optimización de funciones no lineales continuas, su solución se basa en el potencial que se le asigna una velocidad aleatoria de esta manera viajan y encuentran la solución óptima [69].

Los algoritmos genéticos basan su solución en una técnica búsqueda cuya base es la teoría de la evolución de la especies de Charles Darwin, donde los individuos de una población se cruzan, y las crías que sobreviven son las aptas y así con el resto de las siguientes generaciones, este tipo de algoritmo es muy utilizado en el área de ingeniería industrial, ingeniería electrónica e ingeniería biomédica [69], [70].

2.3.2 Colonia Artificial de Hormigas.

El algoritmo de optimización por colonia artificial de hormigas es un método usado para resolver problemas combinatorios complejos basándose en la forma en que las hormigas consiguen su alimento [71]. Las hormigas se comunican mediante feromonas lo cual les permite encontrar la ruta más corta entre su casa y la comida, esta habilidad se ha utilizado para dar una solución al problema de asignación de recursos [71], [72].

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} * x_{ij} \quad (15)$$

$$\sum_{i=2}^n x_{ij} = m \quad (16)$$

$$\sum_{i=2}^n x_{j1} = m \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ig} = 1, j = 2, \dots, n. \quad (18)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1, \forall S \subseteq V \setminus \{1\}, S \neq \emptyset \quad (19)$$

La fórmula (13) describe la función objetivo del problema, la cual consiste en minimizar la sumatoria de las longitudes

asociadas a cada arco (i,j). Las restricciones (16) y (17) aseguran que exactamente m hormigas comiencen y culminen en nodo 1, mientras que la ecuación (18) asegura que las hormigas visiten sus correspondientes nodos solo una vez. Finalmente, las restricciones que se generan con la expresión (19).

3. Planteamiento del Problema

Para el planteamiento del problema de asignación de recursos de energía eléctrica, se propone una heurística la cual basa su solución en el algoritmo colonia artificial de hormigas el cual nos permite encontrar el camino más corto, para lograr aprovechar al máximo la energía generada

Para continuar con la investigación y obtener los resultados esperados como primer punto se calculará la energía generada por los paneles fotovoltaicos, así mismo se realizará los respectivos cálculos con el banco de baterías. Con los datos obtenidos se procederá a realizar la inserción de cargas en la electrolinera.

Para finalizar se despacha mediante el algoritmo colonia artificial de hormigas para lograr el resultado más óptimo En el mundo en general las hormigas van de manera aleatoria buscando su alimento una y otra vez, una vez localizada la fuente de alimentos regresan al nido dejando un rastro de feromonas.

La idea de esta heurística viene de la observación del insecto mientras obtiene recursos alimentarios, en el que las hormigas individualmente sus habilidades son limitadas, pero en grupo son capaces de encontrar el mejor camino entre la fuente de comida y su

colonia [71], [72]. El algoritmo esta armado de la siguiente forma:

$$P_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha * n_{ij}^\beta}{\sum_{j \in N_i^k} \tau_{ij}^\alpha * n_{ij}^\beta} \quad (20)$$

Donde:

- N_i^k → Área alcanzable por hormiga k Cuando encuentra el nodo i
- α → Factor escala de feromona
- β → Factor visibilidad
- τ_{ij} → Valor de feromona entre los Nodos i y j .
- n_{ij} → Función de visibilidad

Entonces para cada hormiga k en cada iteración escoge salir del nodo i al nodo j con una probabilidad P_{ij}^k como se menciona en la ecuación 20.

El procedimiento de este modelo heurístico consta de los siguientes pasos:

Paso 1: Una hormiga sale del nido buscando comida de manera aleatoria

Paso 2: Al encontrar comida regresa al nido dejando un rastro de feromonas

Paso 3: Las feromonas son atractivas, por lo cual las demás hormigas seguirán su pista

Paso 4: al regresar al nido las demás hormigas refuerzan el rastro de feromonas.

Paso 5: Si existe una o más rutas para llegar a la comida, la ruta más corta sea recorrida con más frecuencia

Paso 6: La ruta más corta tendrá mayor rastro de feromonas

Paso 7: La ruta más larga desaparece debido a la evaporación de feromonas

Paso 8: Al final la mayoría de hormigas irán por el camino que las lleve más rápido [73].

3.1 Modelamiento de la electrolinera.

Para el análisis se tomo en cuenta los siguientes aspectos. Para la modelación

Tabla 1. Pseudocódigo Colonia de Hormigas

Algoritmo Colonia de Hormigas
Ingresar Matriz, Nodos, Peso
Iniciar Variables a implementar Ingresar el nodo de inicio Ingresar número de iteraciones
Feromonas Probabilidades Posiciones Costos
Proceso Generación de hormigas Cada hormiga $k = 1$
$P_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha * n_{ij}^\beta}{\sum_{j \in N_i^k} \tau_{ij}^\alpha * n_{ij}^\beta}$
Obtención de costos totales Actualizar vector feromonas Cargar nuevo vector Limpiar valores para nueva iteración
Análisis Imprimir resultados Camino más optimo

Fin
de la electrolinera esta cuenta con cuatros puntos de carga los cuales se dividen en dos de carga rápido y dos de carga super rápida, la cantidad de vehículos que ingresen será de manera aleatoria. El análisis se lo hará en un lapso de hora a hora durante un día, es decir veinticuatro horas. Los vehículos eléctricos al ingresar de manera aleatoria generan la posibilidad de que en ciertas horas las cargas sean iguales.

Tabla 2. Pseudocódigo del Modelo de la electrolinera

Modelo de la electrolinera
Ingresar Variables x, y
Iniciar Variables Ingresar rango de horas Ingresar rango de cargas
Proceso Generación aleatoria de valores en x, y Obtención del vector x, y
Análisis Imprimir resultados
Fin

Para dicho modelamiento se usó los siguientes cálculos para las respectivas fuentes. Para los bancos de baterías usados en la electrolinera usamos las siguientes ecuaciones:

$$E_{bbns} = \frac{E_{max} - I_{ns}}{V_{bb}} \quad (21)$$

Donde:

- E_{bbns} → Corriente en los bancos de baterías
- E_{max} → Corriente máxima
- I_{ns} → Corriente instantánea
- V_{bb} → Voltaje banco de baterías del panel solar

Para calcular la corriente máxima hay que tener en cuenta que la demanda varia y por eso se recomienda aumentar en un 20% en el consumo, para prevenir fallas como se muestra en la ecuación 22.

$$E_{max} = E_{bbns} * 1.20 \quad (22)$$

También hay que tomar en cuenta que estos bancos de baterías presentan pérdidas, estas se pueden calcular de la siguiente manera:

$$P_{Total} = \left[1 - (Pr + Prc + Prx + Prx) * 1 - \frac{Pba * dia}{Descarga} \right] \quad (23)$$

Donde:

- P_{total} → Pérdida Total
- Pr → Rendimiento de la batería
- Prc → Rendimiento del conversor
- Prx → Valor de 10% por pérdidas no establecidas
- Pba → Autodescarga de la batería
- $Descarga$ → Descarga profunda de la batería

El banco de baterías también tiene un estado recarga como se ve en la siguiente ecuación (24) donde las variables k, b, a, x son los estados de carga.

$$C(x) = C_0 + \frac{k}{x-b} \exp\left(\frac{a}{x-b}\right) \quad (24)$$

Continuando con el calculo de las fuentes de energía tenemos los paneles solares, para ellos se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$Hps = \frac{R}{I} \quad (25)$$

Donde:

- Hps → Horas pico solar
- I → Potencia de irradiación incidente.
- R → Irradiación

Con el calculo de las horas pico del sol procedemos a calcular la energía que produce el panel solar con la siguiente ecuación:

$$Ep = Ip * Hps * rp \quad (26)$$

Donde:

- Hps → Horas pico solar
- Ep → Energía producida por el panel
- Ip → Corriente alcanza por día
- rp → Rendimiento del panel

Como recomendación se usó un rendimiento del 90% del panel. De acuerdo al caso de estudio calculamos también la energía producida hora a hora:

$$Pp = Ip * Vp \quad (27)$$

Donde:

- Pp → Potencia generada hora a hora
- Vp → Voltaje del panel solar
- Ip → Corriente máxima hora a hora

Para el estudio se utilizó en la electrolinera paneles solares de 100kW y bancos de baterías de 100kW para satisfacer la demanda base en los 2 casos.

4. Análisis de resultados

Lo que se busca en este trabajo es asignar los recursos energéticos a una estación de abastecimiento de energía para vehículos eléctricos, logrando una respuesta óptima a la demanda., frente a la inserción de vehículos eléctricos a la red, para ellos nos basamos en el algoritmo colonia artificial de hormigas.

Un indicador de gran importancia de la confiabilidad son los perfiles de voltaje, en este caso de estudio se realizó el análisis de los perfiles de voltaje con respecto a la demanda bases tanto para el caso 1 como para el caso 2

4.1 Caso 1

Para cada caso tomamos en cuenta un periodo del año, en el caso 1 fue el verano. Al ser una estación de tiempo soleada la radiación solar alcanza su punto máximo de producción, por lo que la producción de energía por los paneles fotovoltaicos será superior con respecto al caso 2.

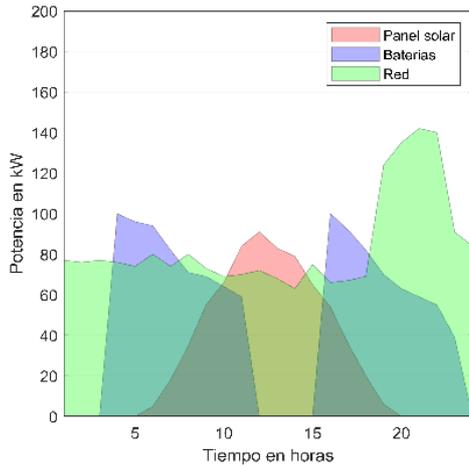


Figura 8. Recursos energéticos para el caso 1

En la figura 8 podemos observar la asignación de recursos para el caso de verano en donde tenemos de color verde la red convencional, de color azul el banco de baterías que tienen su despacho desde las tres de la mañana hasta las diez de la noche, teniendo un tiempo de recarga fuera de ese horario, por último tenemos de color rojo la producción de los paneles solares que empieza a partir de las cinco de la mañana alcanzando su máximo pico de producción a las doce del día.

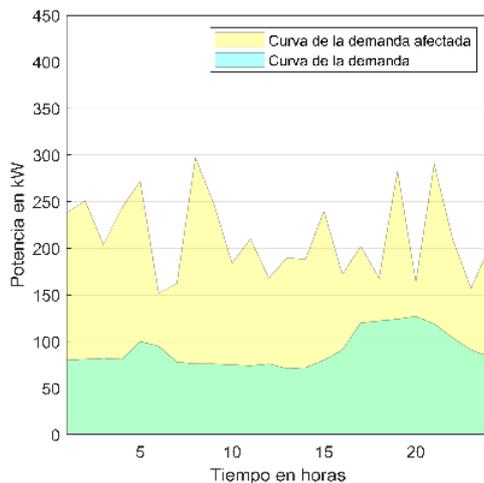


Figura 9. Curva de la demanda en verano

En la figura 9 tenemos dos curvas, la curva de la demanda con la inserción de vehículos eléctricos de color amarillo y la curva de la demanda de color verde para el caso 1. Podemos observar en la

curva amarilla que existen varios picos pronunciados, teniendo un pico máximo de 292 kWh. Estos picos se dan por la inserción de los vehículos eléctricos.

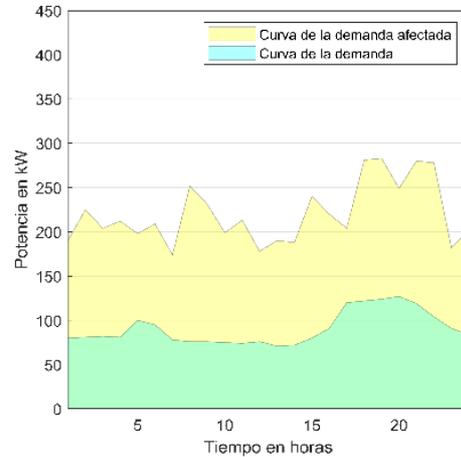


Figura 10. Asignación de recursos mediante OCH.

En la figura 10 observamos la curva de la demanda y la curva de la demanda con los recursos energéticos asignados por el algoritmo colonia artificial de hormigas, también se observa la disminución de picos pronunciados de potencia a diferencia de la figura 9. Por otro lado, la respuesta óptima de la demanda nos dio como resultado que para satisfacer la nueva carga producida por los vehículos eléctricos la energía a ser utilizada es de 220.0417 kW.

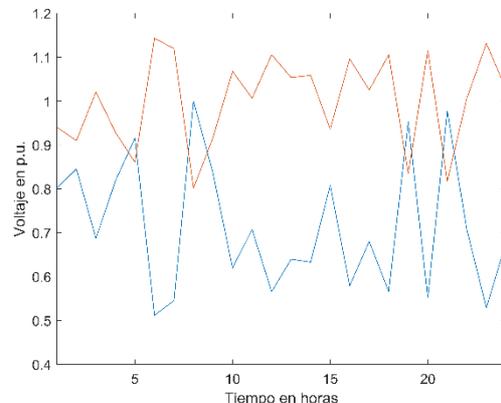


Figura 11. Perfiles de voltaje caso 1

El perfil de voltaje presenta fluctuaciones al momento que se introducen cargas a la red, esto debido a la cantidad de vehículos que ingresan hora a hora, este evento será similar tanto para el caso uno como para el caso dos. Al no existir una buena generación que se capaz de abastecer la demanda, tenemos un problema de calidad. En la figura 11 tenemos de color azul la demanda afectada por el ingreso de vehículos eléctricos y de color rojo tenemos el perfil de voltaje compuesto de las fuentes de generación que usamos, por consecuencia tenemos cuatros huecos de voltaje en las horas 5, 8 ,19, 21.

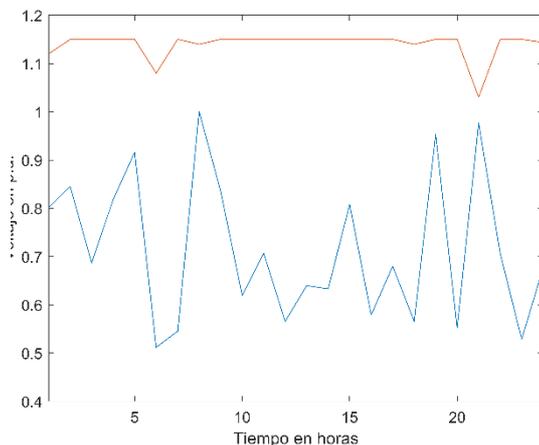


Figura 12. Mejora del perfil de voltaje caso 1

En la figura 12 podemos observar el incremento de voltaje, esto sucede porque las fuentes de generación ahora cuentan con una óptima gestión, gracias a un despacho más optimo.

Tabla 3. Perfil de voltaje Caso 1

Hora	Voltaje Base [p.u]	Voltaje Mejorado [p.u]
1	1.159	1.176
2	1.158	1.15
3	1.1591	1.15
4	1.157	1.15
5	0.4916	1.13
6	1.159	1.15
7	1.159	1.15
8	0.487	1.15
9	1.159	1.15
10	1.159	1.15
11	1.159	1.15
12	1.159	1.15
13	1.159	1.15
14	1.1572	1.15
15	1.1581	1.15
16	1.159	1.15
17	1.159	1.15
18	0.4917	1.51
19	1.159	1.2
20	1.159	1.18
21	0.4956	1.15
22	1.159	1.15
23	1.1589	1.15
24	1.1591	1.19

Como mencionamos antes en la tabla 3 se puede apreciar los huecos de tensión en las horas 5,8,19,21, estas caídas de tensión causan daños graves la red. Con la óptima asignación de recursos y una buena generación se logra que estos perfiles de tensión se mejoren casi en un 50%.

4.2 Caso 2

Para este caso el periodo del año fue el invierno, a diferencia del caso 1 en esta estación del año la radiación solar es más baja por consecuencia la potencia generada a partir de los paneles solares se verá disminuida.

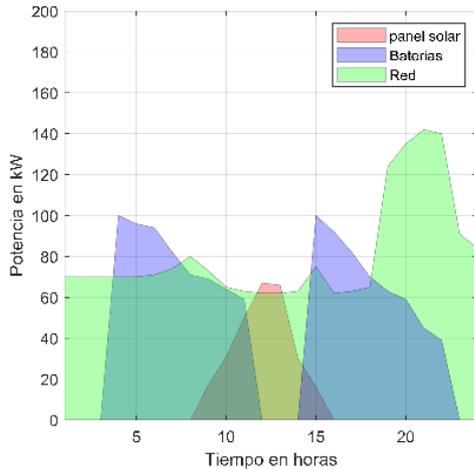


Figura 13. Recursos energéticos para el caso 2

En la figura 13 podemos observar la asignación de recursos para el caso del invierno en donde tenemos de color verde la red convencional, de color azul el banco de baterías que tienen su despacho desde las tres de la mañana hasta las diez de la noche, de color rojo tenemos la producción de los paneles solares que a diferencia del caso 1 la producción de estos es menor debido a la baja producción de radiación solar.

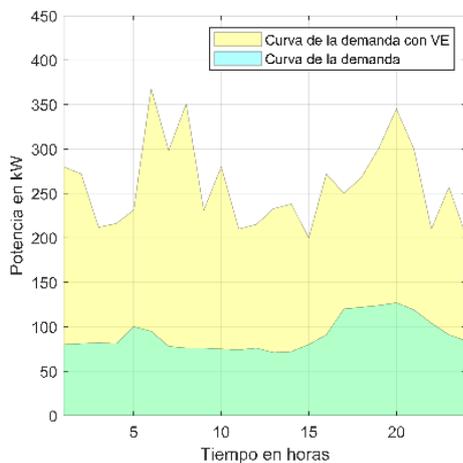


Figura 14. Curva de la demanda en invierno

En la figura 14 tenemos dos curvas, la curva de la demanda con la inserción de vehículos eléctricos de color amarillo y la curva de la demanda de color verde para el caso 2. Podemos observar en la curva amarilla que existen varios picos, teniendo un pico máximo de 289 kWh.

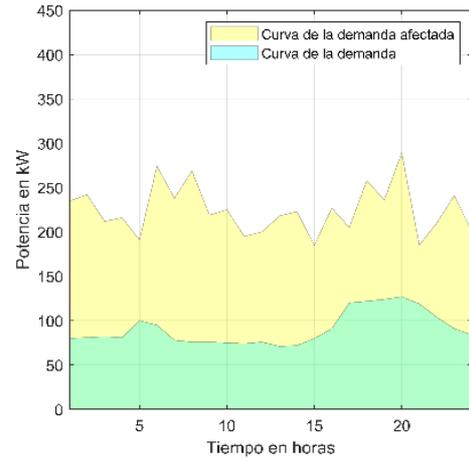


Figura 15. Asignación de recursos mediante OCH.

En la figura 15 observamos los recursos energéticos asignados por el algoritmo colonia artificial de hormigas, en la cual cumplimos el objetivo de disminuir los picos pronunciados de potencia, por consecuencia la red se ve menos afectada por la inserción de los vehículos eléctricos. A diferencia del caso en verano en este caso no se cuenta con alta radiación solar, por lo cual la energía despachada por el panel solar es menor. La respuesta óptima de la demanda para este caso nos dio como resultado que para satisfacer la nueva carga producida por los vehículos eléctricos la energía a ser utilizada es de 224.7500 kW.

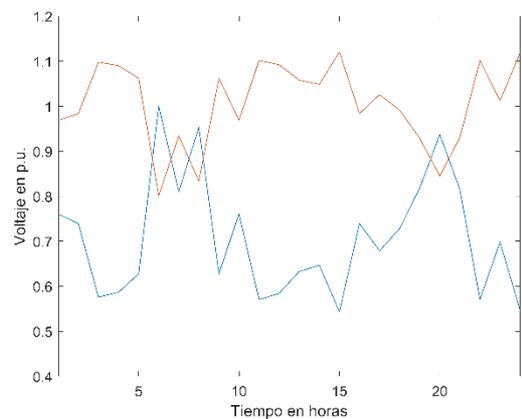


Figura 16. Perfiles de voltaje caso 2

Como mencionamos antes en el caso uno el perfil de voltaje presenta fluctuaciones

al momento que se introducen cargas a la red. En la figura 16 tenemos de color azul la demanda afectada por el ingreso de vehículos eléctricos y de color rojo tenemos el perfil de voltaje compuesto de las fuentes de generación que usamos, por consecuencia tenemos tres huecos de voltaje en las horas 6, 8, 20.

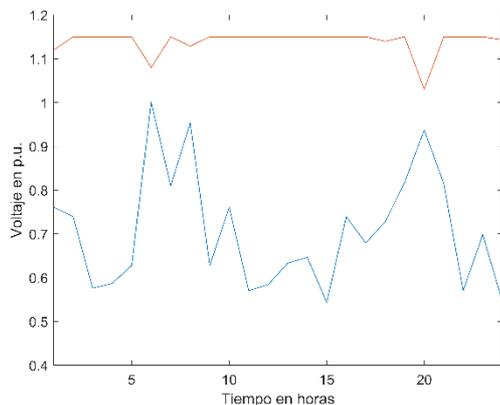


Figura 17. Mejora del perfil de voltaje caso 2

Al igual que en el caso uno en la figura 17 podemos observar el incremento de voltaje, esto sucede porque las fuentes de generación ahora cuentan con una óptima gestión, gracias a un despacho más óptimo

Tabla 4. Perfil de voltaje Caso 2

Hora	Voltaje Base [p.u]	Voltaje Mejorado [p.u]
1	1.159	1.12
2	1.148	1.15
3	1.1591	1.15
4	1.147	1.15
5	1.148	1.13
6	0.5319	1.019
7	1.159	1.15
8	0.495	1.10
9	1.149	1.15
10	1.149	1.15
11	1.1487	1.15
12	1.149	1.15
13	1.149	1.15
14	1.1572	1.15
15	1.1581	1.15
16	1.159	1.15
17	1.159	1.15
18	1.148	1.15
19	1.159	1.2
20	0.5312	1.012
21	1.148	1.15
22	1.149	1.15
23	1.159	1.15

Así mismo como en el caso 1 se puede apreciar los huecos de tensión en las horas 6,8,20 estas caídas de tensión causan daños graves la red. Con la óptima asignación de recursos y una buena generación se logra que estos perfiles de tensión se mejoren casi en un 50%. Podemos concluir que tanto para el caso 1 y el caso 2 la mejora de los perfiles de tensión es significativa.

5. Conclusiones

Mantener la curva de la demanda sin que se afecte demasiado por la inserción de vehículos eléctricos se puede lograr mediante el algoritmo colonia artificial de hormigas, ya que este logro disminuir los picos de potencia para ambos casos.

Se consiguió una respuesta de demanda óptima al usar fuentes de generación no convencionales para este trabajo se modeló paneles solares y banco de baterías.

Uno de los principales factores para la producción de energía mediante los paneles solares es el índice de radiación solar, esto afecta significativamente a la curva de la demanda como observamos en los 2 casos.

Se concluye que para una óptima asignación de recursos es importante usar una heurística que nos permita que llegar al objetivo, como es el algoritmo colonia artificial de hormigas que este trabajo nos ayudó a optimizar la respuesta de la demanda frente al ingreso de nuevas cargas a la red.

6. Trabajos Futuros

Como futuros trabajos se puede analizar el problema de asignación de recursos por otros métodos como: enjambre de partículas, búsqueda tabú, algoritmos genéticos, colonia de abejas artificial.

Por otro lado, se pueden implementar más variables como otras fuentes de

generación, biomasa, eólica, hidráulica.

7. Referencias

- [1] A. Aldegheishem, R. Bukhsh, N. Alrajeh, and N. Javaid, “FaaVPP: Fog as a virtual power plant service for community energy management,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 105, pp. 675–683, 2020, doi: 10.1016/j.future.2019.12.029.
- [2] Z. Liu *et al.*, “Optimal dispatch of a virtual power plant considering demand response and carbon trading,” *Energies*, vol. 11, no. 6, p. 121693718, 2018, doi: 10.3390/en11061488.
- [3] M. Cerrato and G. S. Miguel, “Life cycle sustainability assessment of the Spanish electricity: Past, present and future projections,” *Energies*, vol. 13, no. 8, 2020, doi: 10.3390/en13081896.
- [4] P. Lin, P. Wang, J. Xiao, J. Wang, C. Jin, and Y. Tang, “An Integral Droop for Transient Power Allocation and Output Impedance Shaping of Hybrid Energy Storage System in DC Microgrid,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 33, no. 7, pp. 6262–6277, 2018, doi: 10.1109/TPEL.2017.2741262.
- [5] S. Pholboon, M. Sumner, and P. Kounnos, “Community power flow control for peak demand reduction and energy cost savings,” *IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Conf. Eur.*, 2016, doi: 10.1109/ISGTEurope.2016.7856276.
- [6] E. M. Garcia and I. Isaac, “Optimal demand response for the recharging of electric vehicles in micro-networks type of service station by allocation of energy resources,” *Proc. - 3rd Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci. INCISCOS 2018*, vol. 2018-Decem, pp. 150–157, 2018, doi: 10.1109/INCISCOS.2018.00029.
- [7] Z. Wang and R. Paranjape, “Optimal scheduling algorithm for charging electric vehicle in a residential sector under demand response,” *2015 IEEE Electr. Power Energy Conf. Smarter Resilient Power Syst. EPEC 2015*, pp. 45–49, 2016, doi: 10.1109/EPEC.2015.7379925.
- [8] H. T. Haider, O. H. See, and W. Elmenreich, “A review of residential demand response of smart grid,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 59, pp. 166–178, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.01.016.
- [9] S. Pal, M. Kumar, and R. Kumar, “Price Aware Residential Demand Response with Renewable Sources and Electric Vehicle,” *WIECON-ECE 2017 - IEEE Int. WIE Conf. Electr. Comput. Eng. 2017*, no. December, pp. 211–214, 2018, doi: 10.1109/WIECON-ECE.2017.8468915.
- [10] M. T. Ahmed, P. Faria, and Z. Vale, “Financial Benefit Analysis of an Electric Water Heater with Direct Load Control in Demand Response,” *2018 IEEE Int. Conf. Commun. Control. Comput. Technol. Smart Grids, SmartGridComm 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/SmartGridComm.2018.8587499.
- [11] P. D. J. Topón and E. M. Garcia

- Torres, "Modelamiento Para El Almacenamiento Y Aporte De Energía a La Red En Horas Pico De Demanda Mediante Un Prototipo," p. 94, 2015.
- [12] A. Artieda and E. M. Garcia Torres, "Optimización de tarifas de energía eléctrica para una respuesta a la demanda por medio de programación lineal," *Univ. Politécnica Sales.*, 2017.
- [13] J. Chalco and M. Garcia, "Optimización multiobjetivo del consumo eléctrico basado en la respuesta a la demanda," 2017.
- [14] J. Martínez-Lao, F. G. Montoya, M. G. Montoya, and F. Manzano-Agugliaro, "Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 77, no. June, pp. 970–983, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.239.
- [15] P. Nunes and M. C. Brito, "Displacing natural gas with electric vehicles for grid stabilization," *Energy*, vol. 141, pp. 87–96, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.09.064.
- [16] M. Liu, P. K. Phanivong, Y. Shi, and D. S. Callaway, "Decentralized charging control of electric vehicles in residential distribution networks," *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 27, no. 1, pp. 266–281, 2019, doi: 10.1109/TCST.2017.2771307.
- [17] S. G. Liasi and M. A. Golkar, "Electric vehicles connection to microgrid effects on peak demand with and without demand response," *2017 25th Iran. Conf. Electr. Eng. ICEE 2017*, pp. 1272–1277, 2017, doi: 10.1109/IranianCEE.2017.7985237.
- [18] S. Paul, S. Choudhary, and N. P. Padhy, "A Review on Residential Area Demand Response Analysis in Smart Grid Era," *8th IEEE Power India Int. Conf. PIICON 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/POWERI.2018.8704412.
- [19] J. C. Fuller, K. P. Schneider, and D. Chassin, "Analysis of residential demand response and double-auction markets," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–7, 2011, doi: 10.1109/PES.2011.6039827.
- [20] O. Hafez, "DR considering PEV," pp. 1–5.
- [21] S. B. Peterson, J. Apt, and J. F. Whitacre, "Lithium-ion battery cell degradation resulting from realistic vehicle and vehicle-to-grid utilization," *J. Power Sources*, vol. 195, no. 8, pp. 2385–2392, 2010, doi: 10.1016/j.jpowsour.2009.10.010.
- [22] E. Toro and E. M. Garcia Torres, "Óptima Respuesta a La Demanda Basado En Localización De Recursos En Redes Eléctricas Inteligentes Aisladas," *Tesis*, p. 16, 2017, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14668>.
- [23] M. Moeini-Aghtaie, H. Farzin, M. Fotuhi-Firuzabad, and R. Amrollahi, "Generalized Analytical Approach to Assess Reliability of Renewable-Based Energy Hubs," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 32, no. 1, pp. 368–377, 2017, doi: 10.1109/TPWRS.2016.2549747.
- [24] A. El-Zonkoly and L. Dos Santos Coelho, "Optimal allocation, sizing of PHEV parking lots in distribution

- system,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 67, pp. 472–477, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.12.026.
- [25] M. R. Mozafar, M. H. Moradi, and M. H. Amini, “A simultaneous approach for optimal allocation of renewable energy sources and electric vehicle charging stations in smart grids based on improved GA-PSO algorithm,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 32, pp. 627–637, 2017, doi: 10.1016/j.scs.2017.05.007.
- [26] M. H. Moradi, M. Abedini, S. M. R. Tousi, and S. M. Hosseini, “Optimal siting and sizing of renewable energy sources and charging stations simultaneously based on Differential Evolution algorithm,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 73, pp. 1015–1024, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2015.06.029.
- [27] O. Ortega and A. Boada, “Procedimiento Técnico Para La Implementación De Microcentrales Eléctricas Utilizando Paneles Fotovoltaicos,” *Tesis*, pp. 1–213, 2013, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- [28] I. Mauleón, “Photovoltaic investment roadmaps and sustainable development,” *J. Clean. Prod.*, vol. 167, pp. 1112–1121, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.08.148.
- [29] F. Fattori, N. Anglani, and G. Muliere, “Combining photovoltaic energy with electric vehicles, smart charging and vehicle-to-grid,” *Sol. Energy*, vol. 110, pp. 438–451, 2014, doi: 10.1016/j.solener.2014.09.034.
- [30] M. García, Torres, Edwin, “Diagnóstico de la demanda de consumo de energía eléctrica en un smart home, enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015, Barrió la Kennedy. Caracterización y optimización del consumo de energía eléctrica,” *Tesis*, no. April, p. 139, 2016, doi: 10.13140/RG.2.2.21755.00808.
- [31] G. Flores, “Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y alimentación solar fotovoltaica,” p. 18, 2016.
- [32] D. J. Trujillo Sandoval and M. E. Torres García, “Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos : estado del arte Response of demand for energy by electric vehicles introduction : state of the art,” *Revisa I+D tecnológico*, vol. 16, no. 1, 2020.
- [33] F. J. Ramón Ducoy, “Implantación De Energías Renovables En Una Planta De Producción De Amoníaco,” *Univ. Sevilla*, pp. 24–44, 2013, [Online]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5145/fichero/5.+Descripción+de+la+industria+química+del+amoniaco.pdf>.
- [34] G. Graditi, G. Langella, C. Laterza, and M. Valenti, “Solar-powered microgrid for electric vehicle applications: A conceptual solution and its control logic function,” *IET Conf. Publ.*, vol. 2014, no. CP651, pp. 1–6, 2014, doi: 10.1049/cp.2014.0910.
- [35] M. F. Zia, E. Elbouchikhi, and M. Benbouzid, “Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects,” *Appl.*

- Energy*, vol. 222, no. March, pp. 1033–1055, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.04.103
- [36] N. Augustine, S. Suresh, P. Moghe, and K. Sheikh, “Economic dispatch for a microgrid considering renewable energy cost functions,” *2012 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. ISGT 2012*, pp. 1–7, 2012, doi: 10.1109/ISGT.2012.6175747.
- [37] B. M. Eid, N. A. Rahim, J. Selvaraj, and A. H. El Khateb, “Control methods and objectives for electronically coupled distributed energy resources in microgrids: A review,” *IEEE Syst. J.*, vol. 10, no. 2, pp. 446–458, 2016, doi: 10.1109/JSYST.2013.2296075.
- [38] X. Wang, J. M. Guerrero, F. Blaabjerg, and Z. Chen, “A review of power electronics based microgrids,” *J. Power Electron.*, vol. 12, no. 1, pp. 181–192, 2012, doi: 10.6113/JPE.2012.12.1.181.
- [39] S. Bennici, P. Carniti, and A. Gervasini, “Bulk and surface properties of dispersed CuO phases in relation with activity of NO_x reduction,” *Catal. Letters*, vol. 98, no. 4, pp. 187–194, 2004, doi: 10.1007/s10562-004-8679-9.
- [40] J. F. Zhang, S. M. Ding, Y. L. Hang, and H. Guang, “Research on distributed generation source placement,” *1st Int. Conf. Sustain. Power Gener. Supply, SUPERGEN '09*, pp. 1–4, 2009, doi: 10.1109/SUPERGEN.2009.5347869.
- [41] M. El Badawe, T. Iqbal, and G. K. Mann, “Optimization and a comparison between renewable and non-renewable energy systems for a telecommunication site,” *2012 25th IEEE Can. Conf. Electr. Comput. Eng. Vis. a Greener Futur. CCECE 2012*, 2012, doi: 10.1109/CCECE.2012.6335047
- [42] C. Lao and S. Chungpaibulpatana, “Techno-economic analysis of hybrid system for rural electrification in Cambodia,” *Energy Procedia*, vol. 138, pp. 524–529, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.10.239.
- [43] R. Hosseinalizadeh, H. Shakouri G, M. S. Amalnick, and P. Taghipour, “Economic sizing of a hybrid (PV-WT-FC) renewable energy system (HRES) for stand-alone usages by an optimization-simulation model: Case study of Iran,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 54, pp. 139–150, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.09.046.
- [44] L. Ferrari, A. Bianchini, G. Galli, G. Ferrara, and E. A. Carnevale, “Influence of actual component characteristics on the optimal energy mix of a photovoltaic-wind-diesel hybrid system for a remote off-grid application,” *J. Clean. Prod.*, vol. 178, pp. 206–219, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.032.
- [45] H. Cardona, M. Burgos, J. González, I. Isaac, and G. López, “Aplicación en MATLAB para la programación del despacho económico hidrotérmico,” *Rev. Investig. Apl.*, vol. 6, no. 2, pp. 42–53, 2012.
- [46] D. Arango, R. Urrego, and S. Rivera, “Despacho económico en microrredes con penetración de energía renovable usando algoritmo de punto interior y

- restricciones lineales,” *Ing. y Cienc.*, vol. 13, no. 25, pp. 123–152, 2017, doi: 10.17230/ingciencia.13.25.5.
- [47] A. Harrouz, D. Belatrache, K. Boulal, I. Colak, and K. Kayisli, “Social Acceptance of Renewable Energy dedicated to Electric Production,” *9th Int. Conf. Renew. Energy Res. Appl. ICRERA 2020*, pp. 283–288, 2020, doi: 10.1109/ICRERA49962.2020.9242904.
- [48] S. Bessler, “An algorithm for renewable energy allocation and trading in a microgrid,” *2018 IEEE Power Energy Soc. Innov. Smart Grid Technol. Conf. ISGT 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ISGT.2018.8403321.
- [49] X. Zou, F. Jiang, and H. Liu, “Performance analysis of a rooftop PV plant and a desert PV plant,” *Proc. 28th Chinese Control Decis. Conf. CCDC 2016*, pp. 6173–6176, 2016, doi: 10.1109/CCDC.2016.7532107.
- [50] J. Ahmad *et al.*, “Techno economic analysis of a wind-photovoltaic-biomass hybrid renewable energy system for rural electrification: A case study of Kallar Kahar,” *Energy*, vol. 148, pp. 208–234, Apr. 2018, doi: 10.1016/J.ENERGY.2018.01.133.
- [51] M. Mehrpooya, M. Mohammadi, and E. Ahmadi, “Techno-economic-environmental study of hybrid power supply system: A case study in Iran,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 25, no. September 2016, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1016/j.seta.2017.10.007.
- [52] M. Swierczynski, R. Teodorescu, C. N. Rasmussen, P. Rodriguez, and H. Vikelgaard, “Overview of the energy storage systems for wind power integration enhancement,” *IEEE Int. Symp. Ind. Electron.*, pp. 3749–3756, 2010, doi: 10.1109/ISIE.2010.5638061.
- [53] D. P. Neto, E. G. Domingues, A. P. Coimbra, A. T. Almeida, and W. P. Calixto, “Investment risk analysis for photovoltaic power plant in the free contracting environment,” *Int. Conf. Eur. Energy Mark. EEM*, vol. 2015-Augus, no. 1, 2015, doi: 10.1109/EEM.2015.7216764.
- [54] L. Wei, Y. Li, Y. Chi, Z. Wang, and H. Bai, “Research on market mechanism of wind power accommodation based on power bidding,” *POWERCON 2014 - 2014 Int. Conf. Power Syst. Technol. Toward. Green, Effic. Smart Power Syst. Proc.*, no. Powercon, pp. 2623–2628, 2014, doi: 10.1109/POWERCON.2014.6993590.
- [55] H. Bingchen, Z. Xiaoying, W. Kun, C. Wei, and W. Xiaolan, “Coordinated optimization scheduling of wind power, photovoltaic, photo-thermal and hydropower considering the schedulability of photo-thermal power stations,” *2019 4th Int. Conf. Intell. Green Build. Smart Grid, IGBSG 2019*, pp. 756–760, 2019, doi: 10.1109/IGBSG.2019.8886202.
- [56] M. Dyvak, I. Oliynyk, M. Sopiha, V. Sopiha, and Y. Franko, “Identification the Model of Electric Power Generation by Small Hydroelectric Power Station Based on Artificial Bee Colony

- Algorithm,” *2020 10th Int. Conf. Adv. Comput. Inf. Technol. ACIT 2020 - Proc.*, vol. 1, no. 1, pp. 113–116, 2020, doi: 10.1109/ACIT49673.2020.9208836.
- [57] F. Qiang, L. Chenghui, W. Xiankui, P. Wen, and C. Yuanyuan, “Research on application of run-of-river small hydropower station group shortterm power forecast system in guizhou power grid,” *2016 IEEE Int. Conf. Power Renew. Energy, ICPRE 2016*, pp. 328–334, 2017, doi: 10.1109/ICPRE.2016.7871226.
- [58] A. Arce, T. Ohishi, and S. Soares, “Optimal dispatch of generating units of the Itaipú hydroelectric plant,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 17, no. 1, pp. 154–158, 2002, doi: 10.1109/59.982207.
- [59] N. R. Ortiz Pimiento and F. J. Diaz Serna, “Validación de soluciones obtenidas para el problema del despacho hidrotérmico de mínimo costo empleando la programación lineal binaria mixta,” *DYNA*, vol. 75, no. 156, pp. 43–54, 2008.
- [60] K. R. G. Burra and A. K. Gupta, “Modeling of biomass pyrolysis kinetics using sequential multi-step reaction model,” *Fuel*, vol. 237, no. May 2018, pp. 1057–1067, 2019, doi: 10.1016/j.fuel.2018.09.097.
- [61] S. I. Martínez-Guido, I. M. Ríos-Badrán, C. Gutiérrez-Antonio, and J. M. Ponce-Ortega, “Strategic planning for the use of waste biomass pellets in Mexican power plants,” *Renew. Energy*, vol. 130, pp. 622–632, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2018.06.084.
- [62] P. Pradhan, S. M. Mahajani, and A. Arora, “Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review,” *Fuel Process. Technol.*, vol. 181, no. August, pp. 215–232, 2018, doi: 10.1016/j.fuproc.2018.09.021.
- [63] A. B. Guerrero, P. L. Aguado, J. Sánchez, and M. D. Curt, “GIS-Based Assessment of Banana Residual Biomass Potential for Ethanol Production and Power Generation: A Case Study,” *Waste and Biomass Valorization*, vol. 7, no. 2, pp. 405–415, 2016, doi: 10.1007/s12649-015-9455-3.
- [64] J. Serrano, W. Mejía, J. Ortiz, A. Sánchez, and S. Zalamea, “Determinación del Potencial de Generación Eléctrica a Partir de Biomasa en el Ecuador,” *Rev. la Fac. Ciencias Químicas*, vol. 0, no. 17, pp. 41–61, 2018.
- [65] C. C. Serrato Monroy and V. Lesmes Cepeda, “Metodología Para El Cálculo De Energía Extraída a Partir De La Biomasa En El Departamento De Cundinamarca,” *Tesis*, pp. 1–79, 2016, [Online]. Available: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3687>.
- [66] L. Cao, Z. Li, and N. Chen, “Optimal allocation of multi-objective water resources based on genetic algorithm,” *ICIC 2010 - 3rd Int. Conf. Inf. Comput.*, vol. 2, pp. 194–197, 2010, doi: 10.1109/ICIC.2010.143.
- [67] Z. Hu, D. Li, and D. Guo, “Balance resource allocation for spark jobs based on prediction of the optimal resource,” *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 25, no. 4, pp. 487–497, 2020, doi: 10.26599/TST.2019.9010054.
- [68] T. Li, Y. Li, and Y. Qian,

- “Improved Hungarian algorithm for assignment problems of serial-parallel systems,” *J. Syst. Eng. Electron.*, vol. 27, no. 4, pp. 858–870, 2016, doi: 10.21629/JSEE.2016.04.14.
- [69] J. Alberto, J. Builes, R. Esteban, A. Sanchez, L. Diana, and J. Pinzón, “Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional,” *Lámpsakos*, pp. 52–60, 2016, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1901>.
- [70] “Aplicación de los algoritmos genéticos para el diseño de un controlador PID adaptativo,” *Rev. Tecnura*, vol. 13, no. 25, pp. 81–87, 2009, doi: 10.14483/22487638.6671.
- [71] “Optimización por colonia de hormigas: aplicaciones y tendencias,” *Ing. Solidar.*, vol. 6, no. 10, pp. 83–89, 2011.
- [72] J. A. Fernández-Vargas and A. Bonilla-Petriciolet, “Desarrollo de un algoritmo de optimización global en colonias de hormigas con selección de región factible para espacios continuos,” *Rev. Int. Metod. Numer. para Calc. y Disen. en Ing.*, vol. 30, no. 3, pp. 178–187, 2014, doi: 10.1016/j.rimni.2013.06.006.
- [73] H. E. Tito Chura, C. A. Silva Delgado, E. E. Alfaro Gonzales, and E. Fajardo Espinoza, “Aplicación Del Algoritmo De Colonia De Hormigas Al Problema Del Agente Viajero,” *Cienc. Desarro.*, no. 20, pp. 98–102, 2019, doi: 10.33326/26176033.2015.20.521.

7.1 Estado del Arte

Tabla 5. Matriz del estado del arte

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS																					
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	DATOS					TEMÁTICA			FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA		PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA			
			GENERACIÓN DISTRIBUIDA	MICRO-RED	ASIGNACION DE RECURSOS	RESPUESTA A LA DEMANDA	EFICIENCIA ELECTRICA	MICRO-RED	GENERACION DISTRIBUIDA	DEMANDA ELECTRICA	ESTIMACION DE LOS RECURSOS	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	CAPACIDAD DE LOS RECURSOS ENERGETICOS	METODO DE ASIGNACION	ALGORITMO	OPTIMA ASIGNACION DE RECURSOS	GENERACION DISTRIBUIDA	USO DEL ALGORITMO OCH	RESPUESTA A LA DEMANDA		
1	2020	FaaVPP: Fog as a virtual power plant service for community energy management	☒			☒			☒	☒	☒		☒								
2	2018	Optimal dispatch of a virtual power plant considering demand response and carbon trading	☒		☒				☒	☒			☒					☒			
3	2020	Life cycle sustainability assessment of the Spanish electricity: Past, present and future projections	☒	☒					☒		☒			☒			☒		☒		
4	2018	An Integral Droop for Transient Power Allocation and Output Impedance Shaping of Hybrid Energy Storage System in DC Microgrid	☒	☒	☐	☒			☐	☐		☒	☒				☒		☒		
5	2016	Community power flow control for peak demand reduction and energy cost savings	☒	☒					☒		☒	☐						☒		☒	
6	2018	Optimal demand response for the recharging of electric vehicles in micro-networks type of service station by allocation of energy resources	☒	☒					☒	☒	☐							☒		☐	☒
7	2016	Optimal scheduling algorithm for charging electric vehicle in a residential sector under demand response	☒			☒					☒							☒			

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS

ITEM	AÑO	DATOS TITULO DE ARTICULO	TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCION PROPUESTA			
			GENERACIÓN DISTRIBUIDA	MICRO-RED	ASIGNACIÓN DE RECURSOS	RESPUESTA A LA DEMANDA	EFICIENCIA ELECTRICA	MICRO-RED	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	DEMANDA ELECTRICA	ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	CAPACIDAD DE LOS RECURSOS ENERGETICOS	METODO DE ASIGNACION	ALGORITMO	OPTIMA ASIGNACION DE RECURSOS	GENERACION DISTRIBUIDA	USO DEL ALGORITMO OCH	RESPUESTA A LA DEMANDA
8	2016	A review of residential demand response of smart grid	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>						
9	2018	Price Aware Residential Demand Response with Renewable Sources and Electric Vehicle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>			
10	2018	Financial Benefit Analysis of an Electric Water Heater with Direct Load Control in Demand Response		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>										
11	2015	Modelamiento Para El Almacenamiento Y Aporte De Energía a La Red En Horas Pico De Demanda Mediante Un Prototipo		<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"/>		
12	2017	Optimización de tarifas de energía eléctrica para una respuesta a la demanda por medio de programación lineal	<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"/>	
13	2017	Optimización multiobjetivo del consumo eléctrico basado en la respuesta a la demanda	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	2017	Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems		<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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	2017	Displacing natural gas with electric vehicles for grid stabilization		<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"/>		
16	2019	Decentralized charging control of electric vehicles in residential distribution networks	<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"/>			
17	2017	Electric vehicles connection to microgrid effects on peak demand with and without demand response		<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"/>	
18	2018	A Review on Residential Area Demand Response Analysis in Smart Grid Era			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>				
19	2011	Analysis of residential demand response and double-auction markets		<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"/>		

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS

ITEM	AÑO	DATOS TITULO DE ARTICULO	TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCION PROPUESTA			
			GENERACIÓN DISTRIBUIDA	MICRO-RED	ASIGNACION DE RECURSOS	RESPUESTA A LA DEMANDA	EFICIENCIA ELECTRICA	MICRO-RED	GENERACION DISTRIBUIDA	DEMANDA ELECTRICA	ESTIMACION DE LOS RECURSOS	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	CAPACIDAD DE LOS RECURSOS ENERGETICOS	METODO DE ASIGNACION	ALGORITMO	OPTIMA ASIGNACION DE RECURSOS	GENERACION DISTRIBUIDA	USO DEL ALGORITMO OCH
20	2018	DR_considering PEV			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>
21	2010	Lithium-ion battery cell degradation resulting from realistic vehicle and vehicle-to-grid utilization	<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"/>	
22	2017	Óptima Respuesta a La Demanda Basado En Localización De Recursos En Redes Eléctricas Inteligentes Aisladas		<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"/>	
23	2017	Generalized Analytical Approach to Assess Reliability of Renewable-Based Energy Hubs	<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"/>	
24	2015	Optimal allocation, sizing of PHEV parking lots in distribution system			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	
25	2017	A simultaneous approach for optimal allocation of renewable energy sources and electric vehicle charging stations in smart grids based on improved GA-PSO algorithm		<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"/>	
26	2015	Optimal siting and sizing of renewable energy sources and charging stations simultaneously based on Differential Evolution algorithm		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
27	2017	Procedimiento Técnico Para La Implementación De Micro centrales Eléctricas Utilizando Paneles Fotovoltaicos		<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
28	2017	Photovoltaic investment roadmaps and sustainable development	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>						
29	2014	Combining photovoltaic energy with electric vehicles, smart charging and vehicle-to-grid			<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"/>	
30	2016	Diagnóstico de la demanda de consumo de energía eléctrica en un Smart home, enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015, Barrió la Kennedy. Caracterización y optimización del consumo de energía eléctrica	<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"/>
31	2016	Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y alimentación solar fotovoltaica			<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"/>				
32	2020	Response of demand for energy by electric vehicles		<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"/>		

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS

ITEM	AÑO	DATOS	TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCION PROPUESTA			
			GENERACIÓN DISTRIBUIDA	MICRO-RED	ASIGNACION DE RECURSOS	RESPUESTA A LA DEMANDA	EFICIENCIA ELECTRICA	MICRO-RED	GENERACION DISTRIBUIDA	DEMANDA ELECTRICA	ESTIMACION DE LOS RECURSOS	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	CAPACIDAD DE LOS RECURSOS ENERGETICOS	METODO DE ASIGNACION	ALGORITMO	OPTIMA ASIGNACION DE RECURSOS	GENERACION DISTRIBUIDA	USO DEL ALGORITMO OCH	RESPUESTA A LA DEMANDA
33	2013	Implantación De Energías Renovables En Una Planta De Producción De Amoníaco	☒			☒	☐						☒	☐					☒
34	2014	Solar-powered microgrid for electric vehicle applications: A conceptual solution and its control logic function		☒			☒			☒			☒	☐				☒	
35	2018	Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects				☒	☐			☒		☒	☐	☐					☒
36	2012	Economic dispatch for a microgrid considering renewable energy cost functions		☒			☒		☒			☒	☐	☐	☒	☒			
37	2016	Control methods and objectives for electronically coupled distributed energy resources in microgrids: A review		☒			☒					☒	☐	☐				☒	
38	2012	A review of power electronics based microgrids			☒		☐		☒			☐	☐	☐					
39	200	Bulk and surface properties of dispersed CuO phases in relation with activity of NOx reduction	☒				☐	☒				☒	☒	☒	☒	☒			
40	200	Research on distributed generation source placement			☒		☒		☒	☒		☒	☐	☐					☒
41	2012	Optimization and a comparison between renewable and non-renewable energy systems for a telecommunication site	☒		☒		☐	☒				☒	☐	☐			☐		
42	2017	Techno-economic analysis of hybrid system for rural electrification in Cambodia					☐					☒	☐	☒	☒				
43	2016	Economic sizing of a hybrid (PV-WT-FC) renewable energy system (HRES) for stand-alone usages by an optimization-simulation model: Case study of Iran	☒			☒	☐		☒			☒	☒	☐			☒		☒
44	2018	Influence of actual component characteristics on the optimal energy mix of a photovoltaic-wind-diesel hybrid system for a remote off-grid application			☒		☐		☒			☐	☐	☐					☒
45	2012	Aplicación en MATLAB para la programación del despacho económico hidrotérmico		☒		☒	☐	☒				☒	☐	☐			☒		☒
46	2017	Despacho económico en microrredes con penetración de energía renovable usando algoritmo de punto interior y restricciones lineales				☒	☐		☒	☒		☒	☐	☐					
47	2020	Social Acceptance of Renewable Energy dedicated to Electric Production	☒			☒	☒		☒			☒	☒	☒	☒				

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS

ITEM	AÑO	DATOS TITULO DE ARTICULO	TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCION PROPUESTA			
			GENERACIÓN DISTRIBUIDA	MICRO-RED	ASIGNACION DE RECURSOS	RESPUESTA A LA DEMANDA	EFICIENCIA ELECTRICA	MICRO-RED	GENERACION DISTRIBUIDA	DEMANDA ELECTRICA	ESTIMACION DE LOS RECURSOS	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	CAPACIDAD DE LOS RECURSOS ENERGETICOS	METODO DE ASIGNACION	ALGORITMO	OPTIMA ASIGNACION DE RECURSOS	GENERACION DISTRIBUIDA	USO DEL ALGORITMO OCH	RESPUESTA A LA DEMANDA
48	2018	An algorithm for renewable energy allocation and trading in a microgrid																	
49	2016	Performance analysis of a rooftop PV plant and a desert PV plant																	
50	2018	Techno economic analysis of a wind-photovoltaic-biomass hybrid renewable energy system for rural electrification: A case study of Kallar Kahar																	
51	2018	Techno-economic-environmental study of hybrid power supply system: A case study in Iran																	
52	2010	Overview of the energy storage systems for wind power integration enhancement																	
53	2015	Investment risk analysis for photovoltaic power plant in the free contracting environment																	
54	2014	Research on market mechanism of wind power accommodation based on power bidding																	
55	2019	Coordinated optimization scheduling of wind power, photovoltaic, photo-thermal and hydropower considering the schedulability of photo-thermal power stations																	
56	2020	Identification the Model of Electric Power Generation by Small Hydroelectric Power Station Based on Artificial Bee Colony Algorithm																	
57	2017	Research on application of run-of-river small hydropower station group shortterm power forecast system in guizhou power grid																	
58	2002	Optimal dispatch of generating units of the Itaipú hydroelectric plant																	
59	2008	Validación de soluciones obtenidas para el problema del despacho hidrotérmico de mínimo costo empleando la programación lineal binaria mixta																	
60	2019	Modeling of biomass pyrolysis kinetics using sequential multi-step reaction model																	
61	2019	Strategic planning for the use of waste biomass pellets in Mexican power plants																	
62	2018	Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review																	

ASIGNACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA UNA ELECTROLINERA BASADO EN EL ALGORITMO COLONIA ARTIFICIAL DE HORMIGAS

ITEM	AÑO	DATOS TITULO DE ARTICULO	TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCION PROPUESTA			
			GENERACIÓN DISTRIBUIDA	MICRO-RED	ASIGNACION DE RECURSOS	RESPUESTA A LA DEMANDA	EFICIENCIA ELECTRICA	MICRO-RED	GENERACION DISTRIBUIDA	DEMANDA ELECTRICA	ESTIMACION DE LOS RECURSOS	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	CAPACIDAD DE LOS RECURSOS ENERGETICOS	METODO DE ASIGNACION	ALGORITMO	OPTIMA ASIGNACION DE RECURSOS	GENERACION DISTRIBUIDA	USO DEL ALGORITMO OCH	RESPUESTA A LA DEMANDA
63	2016	GIS-Based Assessment of Banana Residual Biomass Potential for Ethanol Production and Power Generation: A Case Study			☒		☒	☒						<input type="checkbox"/>	☒		☒		
64	2018	Determinación del Potencial de Generación Eléctrica a Partir de Biomasa en el Ecuador			☒		<input type="checkbox"/>		☒	☒		☒		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	☒			
65	2016	Metodología Para El Cálculo De Energía Extraída a Partir De La Biomasa En El Departamento De Cundinamarca	☒				☒		☒					<input type="checkbox"/>	☒				☒
66	2010	Optimal allocation of multi-objective water resources based on genetic algorithm					<input type="checkbox"/>			☒				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	☒			
67	2020	Balance resource allocation for spark jobs based on prediction of the optimal resource	☒			☒	<input type="checkbox"/>		☒	☒			☒	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	☒		☒	
68	2016	Improved Hungarian algorithm for assignment problems of serial-parallel systems			☒		<input type="checkbox"/>	☒						☒	<input type="checkbox"/>				
69	2016	Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional		☒			<input type="checkbox"/>					☒		☒	<input type="checkbox"/>	☒			☒
70	2009	Aplicación de los algoritmos genéticos para el diseño de un controlador PID adaptativo					☒		☒	☒			☒	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			☒	☒
71	2011	Optimización por colonia de hormigas: aplicaciones y tendencias					<input type="checkbox"/>		☒				☒	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
72	2014	Desarrollo de un algoritmo de optimización global en colonias de hormigas con selección de región factible para espacios continuos	☒		☒		<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	☒	☒		☒
73	2019	Aplicación Del Algoritmo De Colonia De Hormigas Al Problema Del Agente Viajero	☒							☒	☒					☒			
			27	23	22	22	17	21	27	24	18	20	17	18	15	20	18	14	22

7.2 Indicadores del estado del arte

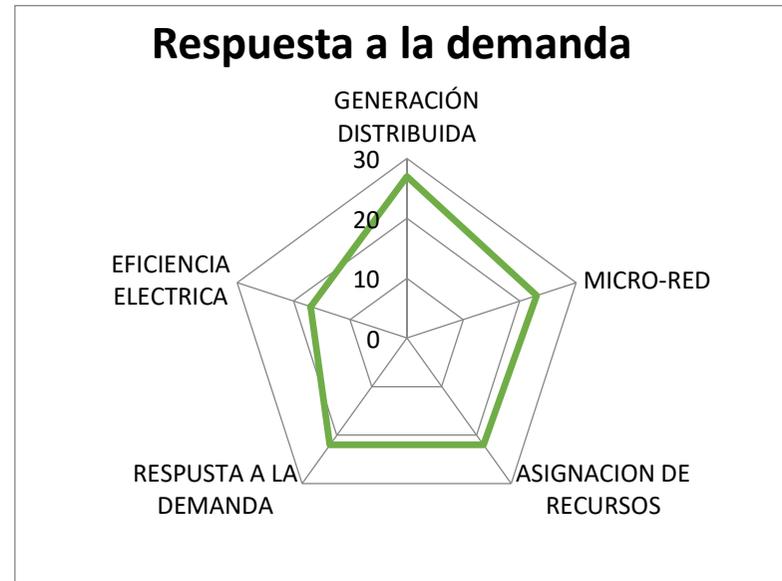


Figura 18. Resumen e indicador de la temática.

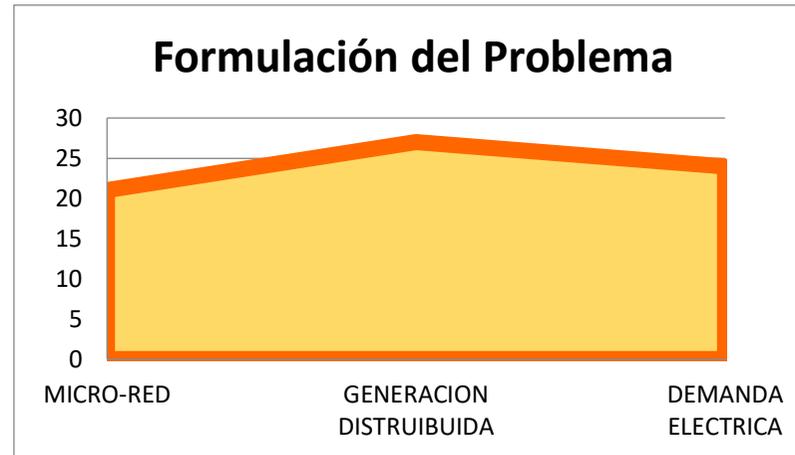


Figura 19. Indicador de formulación de problema.

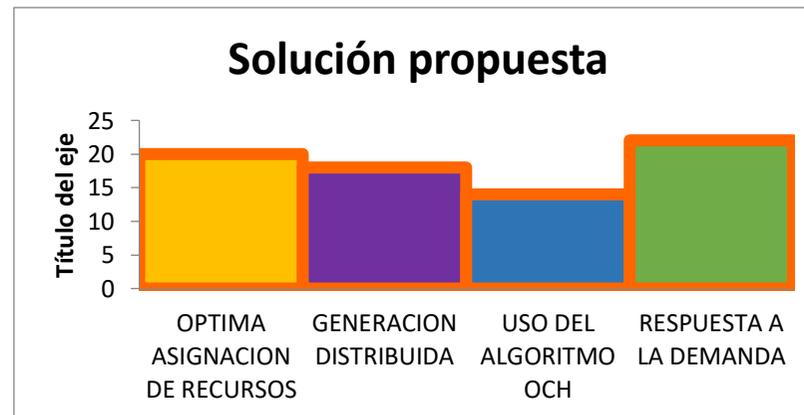


Figura 20. Indicador de Solución.