

**DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO-RED TIPO ESTACIÓN DE  
RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CONECTADOS AL SISTEMA  
ELÉCTRICO**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO-RED TIPO ESTACIÓN DE  
RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CONECTADOS AL SISTEMA  
ELÉCTRICO**

**AUTOR:  
MEYSI ZULIN BERNAL VERDUGO**

**DIRECTOR:  
EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES**

**Quito, agosto 2020**

Meysi Zulin Bernal Verdugo

**DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO-RED TIPO ESTACIÓN DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CONECTADOS AL SISTEMA ELÉCTRICO**

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2020

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



**Meysi Zulin Bernal Verdugo** (Y'1991). Realizó sus estudios de nivel secundario en la Unidad Educativa "Ecuador Patria Mia" de la ciudad de Quito. Egresada de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en el dimensionamiento de una Micro-red tipo estación de recarga para vehículos eléctricos conectados al sistema eléctrico. [mbernalv@est.ups.edu.ec](mailto:mbernalv@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 Máster en Gestión de Energía. Actualmente se encuentra trabajando para su doctorado en Ingeniería con la Universidad Pontificia Bolivariana. Área de interés: Micro-redes Inteligentes, Sistemas de Gestión Energética, Respuesta de la demanda y Energías Renovables. Actualmente es miembro del Girei (Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes - Smart Grid Research Group). [egarcia@ups.edu.ec](mailto: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**

©2020 Universidad Politécnica Salesiana  
QUITO - ECUADOR

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo, Edwin Marcelo García Torres declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “*DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO-RED TIPO ESTACIÓN DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CONECTADOS AL SISTEMA ELÉCTRICO*” realizado por Meysi Zulin Bernal Verdugo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito D.M., agosto de 2020



.....

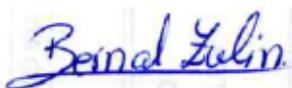
Edwin Marcelo García Torres

C.C.: 1803087400

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo, Meysi Zulin Bernal Verdugo, con documento de identificación N° 0302602578, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado/titulación intitulado: “*DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO-RED TIPO ESTACIÓN DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CONECTADOS AL SISTEMA ELÉCTRICO*”, mismo que 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 aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Meysi Zulin Bernal Verdugo

C.C.: 0302602578

Quito, D.M., agosto de 2020

## 1. ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	2
2	MARCO TEÓRICO .....	4
2.1	Vehículo eléctrico (VE).....	4
2.1.1	Vehículo eléctrico puro (BEV) .....	4
2.1.2	Vehículo híbrido (HEV) .....	4
2.1.3	Vehículo híbrido enchufable (PHEV) .....	5
2.2	Micro-red (MR).....	5
2.2.1	MR en corriente continua .....	7
2.2.2	MR en corriente alterna .....	7
2.3	Estaciones de carga de vehículos .....	7
2.3.1	Tipos de recarga .....	7
2.3.2	Modos de carga .....	8
2.4	Sistemas fotovoltaicos .....	9
2.5	Bancos de baterías .....	10
2.5.1	Baterías de “Descarga Profunda” .....	11
2.6	Sistemas de Gestión de Energía en MR (EMS) .....	11
2.7	Respuesta a la demanda .....	12
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
3.1	Caso de estudio .....	13
3.2	Parámetros del Diseño .....	13
3.2.1	Estimación de la potencia demandada de servicios auxiliares.....	14
3.2.2	Estimación de la potencia demandada por tipo de cargador.....	15
3.2.3	Línea soterrada de media tensión .....	16
3.2.4	Pseudocódigo de EMS.....	16
4	METODOLOGÍA APLICADA PARA OBTENCIÓN DEL DISEÑO .....	17
5	RESULTADOS DEL DISEÑO PROPUESTO .....	19
5.1	Dimensionamiento de fuentes de generación distribuida .....	21
5.2	Gestión de la respuesta a la demanda .....	22
5.3	Despacho energético por isla .....	23
5.4	Análisis de MR aislada .....	26
6	CONCLUSIONES.....	28

6.1	Trabajos futuros.....	29
7	REFERENCIAS .....	29
7.1	Matriz de Estado del Arte .....	34
7.2	Resumen de Indicadores .....	38
8	ANEXOS .....	40
8.1	Anexo 1.....	40
8.2	Anexo 2.....	41
8.3	Anexo 3.....	42

## 2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vehículos eléctricos puro. ....	4
Figura 2. Vehículo eléctrico híbrido. ....	5
Figura 3. Vehículo eléctrico híbrido enchufable. ....	5
Figura 4. MR en CC. ....	7
Figura 5. MR en CA. ....	7
Figura 6. Arreglo de paneles conectados a la red. ....	9
Figura 7. Bancos de baterías. ....	10
Figura 8. Descarga profunda en baterías. ....	11
Figura 9. MR propuesta de la estación de recarga. ....	13
Figura 10. Curva de demanda base de la MR. ....	13
Figura 11. Ubicación geográfica del Parque Bicentenario. Google Earth. ....	13
Figura 12. Tablero de protecciones del minimarket. ....	14
Figura 13. Tablero de protecciones de los servicios auxiliares de la estación de recarga. ....	14
Figura 14. Flujograma del cálculo de conductores. ....	17
Figura 15. Flujograma del dimensionamiento de transformadores. ....	17
Figura 16. Flujograma del cálculo del sistema fotovoltaico. ....	18
Figura 17. Flujograma del cálculo del sistema de almacenamiento. ....	18
Figura 18. Flujograma del grupo electrógeno. ....	18
Figura 19. Flujograma del dimensionamiento de la línea soterrada. ....	18
Figura 20. Carga máxima dedicada a EV premium hasta 350kW en cualquier puesto de carga. ....	19
Figura 21. Entrega de energía compartida para utilización premium de EV a más a 175 kW para cada vehículo. ....	20
Figura 22. Entrega compartida adaptada a demandas variables del modelo EV. ....	20
Figura 23. Caída de tensión en los cargadores. ....	21
Figura 24. Curva de Potencia total y la Radiación. ....	22
Figura 25. Despacho en invierno. ....	23
Figura 26. Despacho en verano. ....	23
Figura 27. Despacho en la hora 11 de la isla 1. ....	24
Figura 28. Despacho en la hora 14 de la isla 2. ....	25
Figura 29. Despacho en la hora 11 de la isla 5. ....	26
Figura 30. Despacho en la hora 17 de la isla 6. ....	26
Figura 31. Demanda mínima y máxima de la gestión óptima de cargas. ....	27

Figura 32. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.....	38
Figura 33. Indicador de formulación del problema - Estado del arte .....	39
Figura 34. Indicador de solución - Estado del arte .....	39
Figura 35. Propuesta de diseño de la Micro-red tipo estación de recarga. ....	40
Figura 36. Ubicación de paneles fotovoltaicos.....	41

### 3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tecnologías de generación distribuida. ....	6
Tabla 2. Despacho Energético - EMS.....	17
Tabla 3. Cálculo de servicios adicionales. ....	19
Tabla 4. Cálculo de cargadores rápidos. ....	19
Tabla 5. Cálculo de cargadores ultra rápidos. ....	20
Tabla 6. Caso 1, cargadores ultra rápidos independientes. ....	20
Tabla 7. Caso 2, cargadores ultra rápidos conectados en pareja. ....	20
Tabla 8. Caso 3, cargadores ultra rápidos conectados de forma mixta. ....	20
Tabla 9. Porcentaje de caída de tensión. ....	21
Tabla 10. Propuesta de diseño de sistemas fotovoltaicos. ....	22
Tabla 11. Propuesta de diseño del banco de almacenamiento. ....	22
Tabla 12. Propuesta de diseño de los grupos electrógenos. ....	22
Tabla 13. Despacho en la isla 1 en [kW]. ....	24
Tabla 14. Despacho en las islas 2 en [kW]. ....	24
Tabla 15. Despacho en las islas 3 y 4 en [kW]. ....	25
Tabla 16. Despacho en la isla 5 en [kW]. ....	25
Tabla 17. Despacho en la isla 6 en [kW]. ....	26
Tabla 18. Gestión óptima de las cargas de la MR en modo aislado en invierno. ....	27
Tabla 19. Gestión óptima de las cargas de la MR en modo aislado en verano. ....	27
Tabla 20. Matriz de estado del arte.....	34
Tabla 21. Despacho de generación en modo aislado para invierno. ....	42
Tabla 22. Despacho de generación en modo aislado para verano. ....	43

# DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO-RED TIPO ESTACIÓN DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CONECTADOS AL SISTEMA ELÉCTRICO

## Resumen

Uno de los mayores contaminantes a nivel mundial son los vehículos que utilizan combustibles fósiles ya que estos producen gases nocivos para el ambiente, para erradicar este tipo de contaminación se presenta una alternativa ecológica, misma que se basa en la inclusión de los vehículos eléctricos los cuales no emiten gases tóxicos a la atmosfera. Estos vehículos necesitan de estaciones de recarga para poder recuperar su potencia de trabajo, el presente artículo realiza el dimensionamiento óptimo de una Micro-red tipo estación de recarga con una variada elección en el tipo de recarga a utilizar, esta implementa dos fuentes de generación de energía renovable capaces de ayudar al sistema a abastecer su demanda, un conjunto de grupos electrógenos como respaldo en el funcionamiento de la Micro-red en modo aislado y un sistema de gestión central que es capaz de administrar de una forma óptima a todos los equipos implementados para poseer el mejor rendimiento de la estación. El trabajo conjunto de este sistema garantiza el funcionamiento correcto de la Micro-red y la minimización de la energía no suministrada por medio de participación las fuentes renovables.

## Abstract

Vehicles are one of the most pollutants worldwide because of the oil gas they still use and its greenhouse gases production which are environmental toxic, in order to reduce this kind of contamination an eco-alternative is presented in this article, this alternative is based on electric vehicles inclusion since they do not emit greenhouse gases to the atmosphere. This electric vehicle needs a new kind of charge-station in order to work so that recover its power, this is the reason an optimum electric dimensioning into a microgrid as a charge-station with a multiple recharge selection is studied and presented in this article, this charge-stations are implemented by two clean generation sources which are able to work along the system in order to satisfy the demand, a group of generators as backup into the microgrid and a central management system which is able to the optimal managing of all the equipment installed in order to get the best performance of the station. The altogether work of this system guarantees the best microgrid performance and minimizes the no supplied energy by the impact of the clean sources.

**Palabras Clave:** Bancos de batería, Micro-red, Paneles Solares, Recarga de vehículos, Sistema eléctrico, Vehículo eléctrico.

**Keywords:** Battery banks, Micro Grid, Solar Panels, Electric car charging, Electric system, Electric vehicle.

# 1 INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XIX la industria automotriz tuvo su inicio con la creación del motor de combustión interna. El cual se fue desarrollando a la par con la refinación industrial del petróleo obteniendo una mayor socialización alrededor del mundo [1]. Al utilizar este tipo de motor los vehículos logran aprovechar el 80% de la energía derivada de los hidrocarburos.

Los vehículos eléctricos (VE) fueron desarrollados años antes de la invención de los vehículos a gasolina, su primer prototipo se desarrolló en Europa a mediados del siglo XIX y su primera aplicación práctica a finales del mismo, este tipo de vehículo se encontraba en desarrollo en algunas partes del mundo en ese entonces [2].

A finales del siglo XIX y presentándose el motor de combustión interna como una de las alternativas para la movilidad, se realizó una comparación en la que el motor eléctrico presentaba menor cantidad de piezas móviles y la eficiencia que brindaba era del 90% a comparación del 15% que ofrecía el motor a gasolina. Debido a que la transmisión de energía eléctrica en ese entonces no estaba totalmente desarrollada y gracias a los grandes yacimientos de petróleo descubiertos en diferentes países, hizo que la industria automotriz tomara al motor de combustión interna como la principal alternativa, sin considerar la cantidad de contaminación que este producía [3].

En la actualidad uno de los puntos más importantes del desarrollo es el impacto ambiental [4], por esta razón se busca la concientización de las personas para ayudar a frenar el cambio climático producido por la contaminación que se genera en el planeta. Se considera a los vehículos que utilizan combustibles

fósiles, una de las principales fuentes de generación de gases contaminantes a la atmósfera, debido a este impacto al ambiente se realizó la inclusión de otras tecnologías en la industria automotriz, como son los autos eléctricos, los cuales son menos contaminantes debido al uso de energía renovable [5][6].

Considerando que los principales agentes de movilización y transporte a nivel mundial son los vehículos que utilizan combustibles fósiles como su fuente primaria de energía, la inclusión de los VE se plantea como un cambio radical el cual no posee gran aceptación en la sociedad, por lo cual en cada país se realiza un plan estratégico el que analiza los factores necesarios que deben ser tratados para llegar a la aceptación, los beneficios, ventajas y desventajas de la utilización de los vehículos. Este tipo de iniciativa es trabajada en conjunto con la empresa pública y privada lo que permite el desarrollo económico del sector [3][7].

Alrededor del mundo existen países que poseen mayor aceptación a este cambio, debido a esto la producción de autos eléctricos aumentó en los últimos años. El país líder en la demanda y la producción en los últimos años es China, el cual registró un 60% de participación en la demanda global y junto a sus empresas BYD y BAIC logró romper el récord en la inserción VE en el 2018 [8].

En Latinoamérica si bien la inclusión del VE ha ido creciendo en los últimos años esta se da en relación con el desarrollo eléctrico de cada país por lo que esta puede verse limitada, lo que se evidencia ya que mientras algunos países de Latinoamérica lideran en esta tecnología otras se encuentran rezagadas [9].

Países como Colombia, México y Chile tienen el mayor porcentaje de aceptación en esta tecnología, esto dado que los gobiernos impulsan incentivos

para que estos cambios se generen, en Chile por ejemplo en 2011 se realizó la apertura de la primera electrolinería lo que impulsa este cambio ya que la energía tiene un costo inferior con relación a la gasolina por un 40% [10][11].

Por otro lado, Ecuador se encuentra realizando cambios significativos como por ejemplo en Loja con la primera flota de VE y su electrolinería, estos cambios se han podido generar ya que en el país en el 2015 se aprobó la ley que elimina los impuestos como el IVA e ICE a este tipo de vehículos [10][12].

Se denomina VE aquel que posee un motor que es alimentado por electricidad y es capaz de impulsar parcial o totalmente al mismo. Los VE en la actualidad tienen una mayor competencia en la industria automotriz debido al gran avance tecnológico que presentan en su diseño, el cual llega a satisfacer todas las necesidades del cliente demostrando que posee el mismo rendimiento o superior que un vehículo a gasolina. La industria automotriz clasifica al vehículo eléctrico en tres diferentes tecnologías [12]. La primera es el VE puro que se caracteriza por tener una fuente de energía portátil que sea capaz de recargarse desde cualquier punto de acceso a la red de energía eléctrica. El segundo tipo es el vehículo híbrido, el cual tiene como característica principal, el uso de combustible como fuente de generación de energía eléctrica, impidiendo la recarga de las baterías por una fuente externa y el tercer tipo es el vehículo híbrido enchufable, el cual combina el motor eléctrico con el motor de gasolina y sus baterías pueden ser recargadas tanto por el motor de combustión interna como de la red de energía eléctrica [13].

Una de las principales características que se debe desarrollar al momento de

producirse la transición a la movilidad eléctrica, es el estudio de la implementación de centros de recarga para baterías de autos eléctricos (Electrolinerías), las cuales deben cumplir con ciertas normas y tipos de carga para poder satisfacer la demanda de los diferentes tipos de usuarios [14].

En la actualidad en Ecuador aun no existen normativas que engloben todos los puntos de vista de un auto eléctrico. La carga de la batería de VE se encuentra asociada con una normativa europea e internacional UNE-EN 61851-1, la que establece los modos de carga, las funciones y el valor de la tensión y corriente de cada uno de ellos, las características de la instalación son normada por la ITC-BT-52. Los tipos de conectores y clavijas son dados por la UNE-EN 62196-1 y la IEC 62196-2 [15].

Estas normativas deben ser tomadas en cuenta al momento de realizar el diseño de una electrolinería, debido a que al momento de elegir un tipo de cargador comercial se debe verificar en qué modo de carga va a trabajar la misma. Los modos de carga implementado en las electrolinerías son los más rápidos, debido a que estos ayudan al incremento del número de clientes a los que se les puede brindar el servicio de carga [14].

Una de las desventajas que produce la introducción de los VE, es el aumento de los niveles de distorsión armónica (THD) en la red principal, debido a que los cargadores de los vehículos se encuentran constituidos principalmente por electrónica de potencia. Lo que podría ocasionar problemas en la calidad de la energía, sobrecalentamiento de conductores, corrientes neutras excesivas y reducción de vida útil de los transformadores. Las redes eléctricas en Ecuador podrían llegar a presentar afectaciones ocasionadas por sobrecalentamiento de los conductores

de fase, al igual que el incremento de las corrientes producidas por los armónicos, debido a que en el diseño los cables del neutro poseen una menor sección que los de fase [16][17].

En adelante el artículo se estructura de la siguiente manera; en la sección II se presentará un detalle de lo que es el auto eléctrico, su clasificación y todos los elementos que sean utilizados para poder realizar el diseño de la Micro-red tipo estación de recarga. En la sección III se describe el planteamiento del problema y la estimación de las cargas. En la sección IV se detallan los pasos de la metodología que se aplicó para poder obtener el diseño propuesto. En la sección V se muestran los elementos elegidos y los resultados obtenidos del diseño. En la sección VI se describe las respectivas conclusiones y trabajos futuros.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Vehículo eléctrico (VE)

Un vehículo es considerado como eléctrico cuando posee uno o más motores eléctricos capaces de propulsarlo parcial o temporalmente, por medio de la transformación de la energía contenida en una batería a energía mecánica [18]. La clasificación de los VE se da debido al grado de electrificación que poseen.

#### 2.1.1 Vehículo eléctrico puro (BEV)

Este tipo de vehículo es completamente eléctrico dado que está compuesto por uno o varios motores eléctricos, un sistema de control de velocidad, baterías eléctricas y un sistema de recarga, como se observa en la Figura 1.

Los puntos de vista principales en este vehículo son su tiempo de autonomía, el que está limitado por su banco de baterías interna y el tiempo de recarga de estas la cual puede variar de unos minutos a unas

cuantas horas, esto depende del tipo de carga que se aplique al vehículo [19].

Al ser un vehículo totalmente eléctrico su única fuente de energía es su banco de baterías interna, el cual puede ser recargado conectándolo a la red de energía por medio de cargadores los que entregan energía alterna o continúa dependiendo del modo de carga [20].

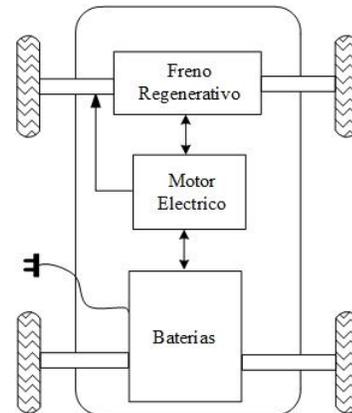


Figura 1. Vehículos eléctricos puro.

Existe una alternativa adicional aplicada a los BEV, la cual comprende la inclusión de un motor a base de combustibles fósiles el cual no participa en el movimiento del vehículo, sino que su función es la de cargar las baterías para brindar una mayor autonomía [21].

#### 2.1.2 Vehículo híbrido (HEV)

Este tipo de vehículo es capaz de combinar el motor eléctrico y el de combustión interna (ICE) como se observa en la Figura 2, los cuales llegan a trabajar de una forma complementaria o paralela para reducir el consumo de combustible y así disminuir la contaminación producida por el mismo [21].

En este tipo de vehículo las ruedas tienen una conexión directa con ambos motores. La batería que posee se diferencia de las del BEV dado que esta es de menor autonomía y su forma de carga es por medio del aprovechamiento de la energía cinética producida al

momento de frenar el vehículo. Esta es transformada en electricidad por medio de un freno regenerativo.

En el instante de encender el vehículo el motor a gasolina arranca y el motor eléctrico puede funcionar como un generador cargando la batería. Al momento de necesitar mayor potencia los dos motores entran en funcionamiento impulsando al vehículo y al detenerse ambos motores se apagan dando paso a que la batería comience a suministrar energía a todos los servicios auxiliares que sean necesarios en ese momento [19] [20].

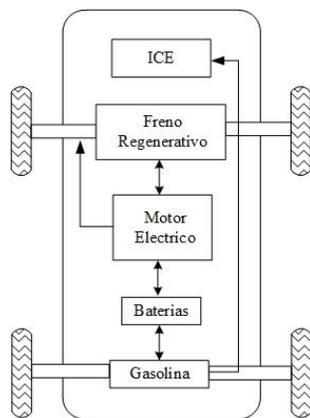


Figura 2. Vehículo eléctrico híbrido.

### 2.1.3 Vehículo híbrido enchufable (PHEV)

Este tipo de vehículos son muy parecidos a los HEV con la diferencia que estos pueden ser enchufados a la red de energía eléctrica para ser cargados, lo cual causa que las baterías del motor eléctrico sean más grandes y posean mayor autonomía, haciendo que el vehículo pueda funcionar temporalmente como un auto totalmente eléctrico, la representación de este vehículo se puede observar en la Figura 3 [20].

Al igual que los HVE si se necesita mayor potencia de arranque, los dos motores trabajarán en conjunto para satisfacer esa necesidad. Si las baterías no estuvieran cargadas o su energía no

sería capaz de satisfacer las necesidades del vehículo, el motor de combustión interna entraría en funcionamiento abarcando todas las funciones [19].

Las baterías en este tipo de vehículo pueden ser cargadas parcialmente por el freno regenerativo y el motor de combustión interna, para luego poder completar la carga por medio de la red de energía eléctrica [21].

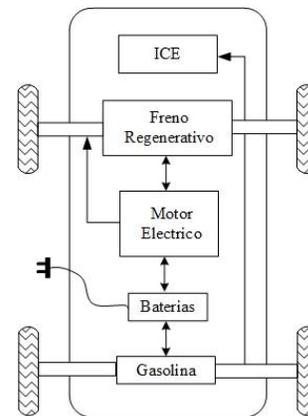


Figura 3. Vehículo eléctrico híbrido enchufable.

## 2.2 Micro-red (MR)

Son redes de energía eléctrica a nivel de distribución que tienen la capacidad de operar tanto en modo no autónomo como autónomo, este tipo de redes vista desde la red principal es considerado como una entidad controlada que puede funcionar como una carga única o como una fuente de generación, la cual puede servir como fuente de energía o como servicio auxiliar que contribuye a la estabilidad y regulación de la red principal [22][23].

Este tipo de sistemas buscan la forma de suministrar energía de una forma óptima y confiable, pueden trabajar de una forma aislada o conectada a la red de energía convencional. Son caracterizadas por ser autosuficientes y lograr la optimización de sus recursos debido a sus sistemas de control. Presentan gran aceptación debido a la integración de fuentes de energía renovable a los

sistemas de distribución, logrando conseguir mejoras en su operación [24][25].

Tabla 1. Tecnologías de generación distribuida.

Tecnología	Fuente primaria	Renovable	Continuo o Intermitente	AC/DC
Combustión	Petróleo	No	C	AC
	Gas	No	C	AC
	Carbón	No	C	AC
	Biomasa	Si	C	AC
Fotovoltaica	Sol	Si	I	DC
Hidráulica	Energía mecánica: agua	Si	C	AC
Eólica	Energía mecánica: viento	Si	I	AC

Una MR está compuesta principalmente por una red de distribución en baja tensión junto a un conjunto de fuentes de generación distribuida como las que se detallan en la Tabla 1, una infraestructura de comunicación entre todos los elementos que la comprenden con el fin de implementar un sistema jerárquico de control y gestión; sistemas de almacenamiento de energía y controladores inteligentes para cargas y consumos [26][27].

$$\frac{\delta L}{\delta P g_i} = \frac{\delta C_f(P g_i)}{\delta P g_i} - \lambda = C I_i(P g_i) - \lambda \quad (1)$$

$$C I_i(P g_i) = \lambda \quad (2)$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = P_d - \sum_{i=1}^n P g_i = 0 \quad (3)$$

$$P_d = \sum_{i=1}^n P g_i \quad (4)$$

Donde:

- $C_f$  Función de costos.
- $\lambda$  Costo marginal.
- $C I_i$  Costo incremental.
- $P_d$  Potencia de demanda.

$P g_i$  Potencia de generación de cada unidad.

La MR posee un sistema de gestión central, el cual administra o controla el funcionamiento de cada uno de los equipos y está ubicado a la cabeza del sistema jerárquico de control. [28][29].

- **Modo conectado a la red principal**, cuando la MR trabaja en este modo todas sus fuentes de generación distribuida se acoplan a la referencia de voltaje y frecuencia que proporciona la red principal, logrando evitar los problemas de estabilidad. El controlador central en este modo trabaja como un gestor de mercado debido a que se encarga de realizar el despacho económico de las fuentes de generación existente en la MR por medio de las ecuaciones (2) y (4). Una vez obtenido los resultados del despacho envía la información a cada uno de los controladores de las fuentes y las consignas de potencia a las cargas inteligentes. Adicional verifica que la MR cumpla con todas las restricciones para evitar la producción de perturbaciones a la red externa [30].
- **Modo aislado**: cuando la MR trabaja en este modo, las fuentes de generación que posea deben ser capaces de responder de una forma rápida a los cambios que presente la demanda para evitar inestabilidad en la tensión y frecuencia. La mayoría de las fuentes de generación aplicadas a las MR poseen un interfaz basado en electrónica de potencia, por lo que estos no poseen inercia para asumir los cambios en la demanda. Debido a esta problemática es muy importante que existan sistemas de almacenamiento, los cuales sean capaces de mantener el

balance energético como se plantea en la ecuación (3).

### 2.2.1 MR en corriente continua

Este tipo de MR utilizan corriente continua para poder alimentar diferentes cargas electrónicas de alta sensibilidad o en transmisiones punto a punto de largas distancias obteniendo mayores beneficios como son la disminución de las pérdidas de energía, la desaparición de la potencia reactiva junto a la corrección del factor de potencia y la no existencia de armónicos.

Adicional dejan de ser necesarios los inversores que se aplican a las fuentes de generación en CC, por otro lado, se debe emplear mayor énfasis en el estudio de los sistemas de protecciones, debido a que este tipo de sistemas necesitan protecciones más complejas [31].

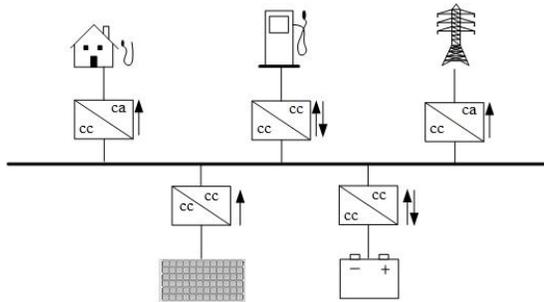


Figura 4. MR en CC.

### 2.2.2 MR en corriente alterna

Las MR en AC presentan beneficios al momento de conectarse a la red eléctrica convencional debido a que este proceso es directo. La conexión de este tipo de red a cargas en CC es más económica que su viceversa dado que se implementan convertidores de menor tamaño. Este tipo de MR es aplicado para implementar una conexión a la red de energía convencional, logrando asegurar el suministro de energía a todas las cargas.

En el modo conectado a la red principal se toma en cuenta, que, si el suministro de energía de las fuentes de generación distribuida no es suficiente

para abastecer la demanda, la red convencional abastecerá la energía faltante y si se diera el caso contrario, la MR entraría en un proceso de entregar su energía sobrante a la red, obteniendo beneficios económicos [32][33].

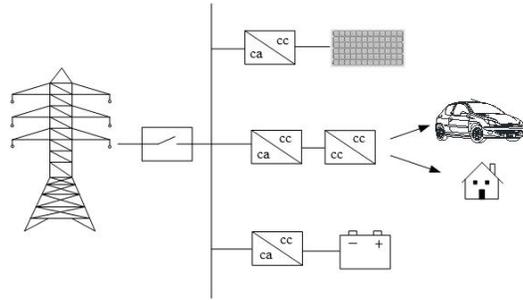


Figura 5. MR en CA.

## 2.3 Estaciones de carga de vehículos

La venta de VE en el mundo ha incrementado de manera exponencial en los últimos años, lo que ha ocasionado que los sistemas eléctricos de algunos países se encuentren en continuo desarrollo y sean capaces de soportar la nueva tecnología.

Los vehículos son desarrollados para aceptar diferentes modos de carga, lo cual facilita que los puntos de recarga estén más cerca al usuario por ejemplo poseer un cargador en casa o en los parqueaderos de los centros comerciales o trabajos. Otra de las alternativas para la recarga son las electrolinerías, las cuales tienen como principal función el recargar VE de una forma rápida [11].

### 2.3.1 Tipos de recarga

Uno de los puntos claves para que los VE funcionen son sus baterías y su forma de carga, la cual se la puede clasificar generalmente como rápida y lenta, pero poseen una subclasificación la cual varía por la potencia y tiempo de carga [34].

- **Recarga lenta** o más conocida como recarga normal, se emplea en residencias debido a sus niveles de voltaje y corriente. Este tipo de carga

es aceptada por todos los VE y necesita una fuente de corriente alterna sea monofásica o bifásica que sea capaz de abastecer 230V y 16A, demandando una potencia de 3.6 a 11kW. Con este tipo se puede cargar un 80% de la batería de 4 a 5 horas mientras que el 100% de 6 a 8 horas, dependiendo del tipo de batería que posea el vehículo [35].

- **Recarga semi rápida**, es empleada principalmente en lugares públicos y semipúblicos como estacionamiento o centros comerciales. Este tipo de carga necesita una alimentación de corriente alterna monofásica o bifásica de 230V, 32A demandando una potencia que se encuentra entre los 8 y los 18kW, y posee una salida de corriente alterna trifásica a 400V y 63A hacia el vehículo, con una potencia para la carga de 22 a 43kW, con la que puede cargar por completo a un VE entre 1 a 3 horas [36].
- **Recarga rápida**, es utilizada en estaciones de recarga de VE dado que su tiempo de recarga es muy bajo y su implementación requiere mayor análisis. Este tipo de carga requiere potencias altas de demanda que van desde los 44 a 100kW, y realizan la carga de los vehículos por medio de CC con voltajes y corrientes altas. El tiempo aproximado para recargar el 80 o 90% de las baterías es de 30 min [26][27].
- **Recarga ultra rápida**, este tipo de carga utiliza potencias elevadas las cuales superan los 100kW y al igual que la recarga rápida, es aplicada en estaciones de recarga. Este tipo de carga trabaja con voltajes y corrientes altas en CC y son capaces de cargar un VE de 5 a 15 min. Esta tecnología es la más avanzada que se aplica en la actualidad, pero aún se realiza

investigaciones para su mejora y así poder reducir el tiempo de carga de las baterías [25][27].

### 2.3.2 Modos de carga

Según la norma UNE-EN 61851-1 [38] los VE poseen 4 diferentes modos de carga los cuales plantean el nivel de comunicación que posee el vehículo con la infraestructura de carga, determinando si existe control en el momento de la carga.

- **Modo 1:** este modo aplica el tipo de carga lenta junto con un conector normalizado. Este modo no posee comunicación entre la fuente de carga y el vehículo [39].
- **Modo 2:** este tiene una comunicación muy baja debido a que se utiliza un cable especial el mismo que posee un pequeño dispositivo electrónico con función piloto de protección y control, para verificar la correcta conexión del VE a la red de carga. Este modo utiliza el tipo de carga semi rápida con un conector normalizado [35].
- **Modo 3:** este trabaja con los tipos de carga semi rápida y lenta, la característica de este modo es que posee un elevado sistema de comunicación. El cable utilizado posee un hilo piloto de comunicación dado que el sistema de comunicación y protección se encuentra dentro del punto de recarga [34].
- **Modo 4:** este trabaja con el tipo de carga rápida y posee un alto nivel de comunicación. Este modo necesita un convertidor para poder transformar la corriente a CC y los sistemas de control, protección y los cables de carga se encuentran fijos en los puntos de carga. Los conductores que son utilizados principalmente para este modo son CHAdEMO o el SAE J1772 con pines extras para CC [36].

## 2.4 Sistemas fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica también conocida como energía renovable o verde es la que aprovecha la radiación que emite el sol, la cual es absorbida y transformada en energía eléctrica por medio de los paneles solares [40].

Los paneles están constituidos por celdas fotovoltaicas de semiconductores de silicio u otros materiales, las cuales reaccionan a los fotones que se presenta en la radiación solar, estos fotones son absorbidos y su energía se refleja en los electrones del material de las celdas, lo que ocasiona que exista un flujo de corriente continua a la salida del panel [41].

Este tipo de generación de energía eléctrica es utilizada en la actualidad debido a que su fuente primaria es gratis. La implementación de esta tecnología se puede realizar en cualquier lugar que exista un nivel de radiación solar, gracias a esto su aplicación puede darse en grandes centrales fotovoltaicas o en pequeñas instalaciones residenciales [42].

El arreglo de paneles fotovoltaicos entrega corriente continua a su salida, lo que hace necesario un inversor si se da el caso de que el sistema fotovoltaico se conecte a la red eléctrica o a cargas de corriente alterna [43].

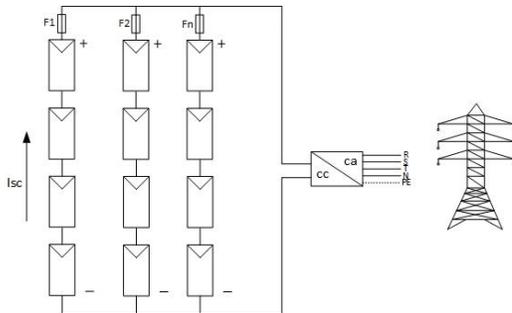


Figura 6. Arreglo de paneles conectados a la red.

Para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos es importante conocer el valor de la potencia nominal y

el voltaje de trabajo de la instalación, esto proporciona la información para elegir el inversor que se va a utilizar y con este el número de paneles necesarios en la instalación [44].

$$HPS = \frac{R}{I} \quad (5)$$

$$E_{panel} = I_{panel} \times HPS \times r_{panel} \quad (6)$$

$$P_{inv} = P_{cs} \times \eta_{inv} \quad (7)$$

$$P_{cs} = N_s \times N_p \times P_{panel} \quad (8)$$

Donde:

$HPS$	Hora de sol pico.
$I$	Potencia de irradiación incidente.
$R$	Irradiancia.
$E_{panel}$	Energía del panel fotovoltaico.
$I_{panel}$	Corriente alcanzada durante un día.
$r_{panel}$	Rendimiento del panel.
$P_{inv}$	Potencia nominal del inversor.
$P_{cs}$	Potencia del campo solar.
$P_{panel}$	Potencia del panel.
$N_s, N_p$	Numero de paneles en serie y paralelo respectivamente.
$\eta_{inv}$	Eficiencia del inversor.

Con las características técnicas del inversor y del panel se procede al cálculo del número de paneles que se deben colocar en serie y paralelo por medio de las ecuaciones (9), (10) y (11). Con esto se logra satisfacer la corriente y el voltaje de entrada del inversor [45].

$$N_{s-max} = \frac{V_{inv-max}}{V_{mpv-max}} \quad (9)$$

$$N_{s-mix} = \frac{V_{inv_{min}}}{V_{mp_{t_{min}}}} \quad (10)$$

$$N_p = \frac{I_{inv_{max}}}{I_{sc}} \quad (11)$$

Sabiendo que:

- $N_s$  Número de paneles colocados en serie.
- $N_p$  Número de paneles colocados en paralelo.
- $V_{inv}$  Es el rango de voltaje de entrada admisible del inversor.
- $I_{inv_{max}}$  Es la corriente de entrada admisible del inversor.
- $V_{mp}$  Voltaje a máxima potencia del panel en base a la temperatura.
- $I_{sc}$  Corriente de cada uno de los ramales.

## 2.5 Bancos de baterías

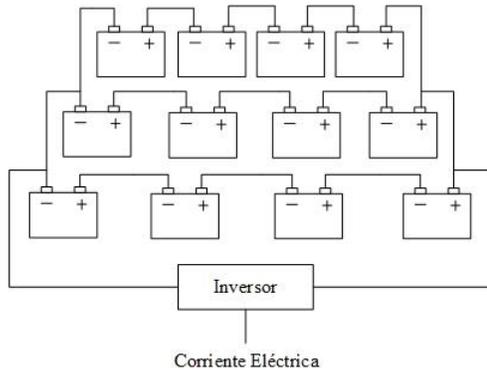


Figura 7. Bancos de baterías

Las baterías son elementos que pueden entregar energía eléctrica por medio de una reacción electroquímica de sus materiales internos. Las baterías se pueden clasificar en dos tipos, primarias y secundarias [46][47].

- Las baterías primarias son aquellas que pueden realizar la reacción electroquímica para entregar energía

eléctrica (corriente de descarga) pero no son capaces de realizar la reacción inversa, por esta razón no pueden ser cargadas [48].

- Las baterías secundarias pueden ser utilizadas más de una vez debido a que ellas son capaces de realizar la reacción inversa y ser cargadas por medio de la circulación de corriente en dirección contraria a la corriente de descarga [49].

La principal característica de los bancos de baterías es el almacenamiento de energía eléctrica, dadas sus características químicas las baterías son capaces de ser cargadas y logran almacenar energía, mientras más grande sea el banco mayor es la cantidad de energía guardada.

Los bancos de almacenamiento son uno de los principales equipos de respaldo en los sistemas eléctricos debido a que se encuentran siempre conectados y el proceso de entrega de su energía es instantánea por lo que el abastecimiento de la demanda no será interrumpido si se presenta la desconexión de la red eléctrica. El tiempo que los bancos de almacenamiento son capaces de abastecer energía dependerá de su diseño dado que mientras más tiempo de autonomía necesite el sistema, mayor debe ser el banco de baterías [50][51].

Para el diseño del banco de baterías es importante saber el valor de la potencia demandada por la carga o la potencia para el diseño, adicional se necesita el tiempo de autonomía del banco. Por medio de la ecuación (12) se realiza el cálculo de la corriente nominal, la que se utiliza para encontrar la capacidad necesaria del banco de baterías [52].

$$I_{nom} = \frac{P_{tot}}{V_{banco}} \quad (12)$$

$$Cap = I_{nom} \times t \quad (13)$$

Donde:

- $P_{tot}$  Potencia de diseño.
- $V_{banco}$  Voltaje del banco de baterías.
- $I_{nom}$  Corriente del banco de baterías.
- $t$  Tiempo de autonomía.
- $Cap$  Capacidad del banco en amperios-hora.

Una vez conseguida la capacidad del banco es necesario conocer el número de baterías en serie y paralelo empleadas para abastecer la demanda establecida.

$$B_s = \frac{V_{banco}}{V_{bat}} \quad (14)$$

$$B_p = \frac{Cap_{tot}}{E_{bat}} \quad (15)$$

Donde:

- $B_s$  Baterías en serie.
- $B_p$  Baterías en paralelo.
- $V_{bat}$  Voltaje de las baterías.
- $Cap_{tot}$  Capacidad total del banco.
- $E_{bat}$  Energía de la batería.

### 2.5.1 Baterías de “Descarga Profunda”

Las baterías capaces de operar en este modo de trabajo están diseñadas con placas de plomo más anchas que lo habitual y el espacio donde se produce la reacción química de reducción y oxidación es menor, debido a esto la producción de corriente es baja en comparación de una convencional, con la diferencia de que son capaces de producir corriente eléctrica por tiempos más largos [53].

Este tipo de baterías son capaces de llegar hasta un 80% de descarga sin ocasionar algún daño a la misma, para prolongar su vida útil se considera una descarga profunda máxima del 50% para

el diseño como se observa en la Figura 8 [54].

Los equipos empleados para la utilización de estas baterías tienen ya programado el porcentaje de descarga permitido para evitar daños en ellas, debido a que mientras menos descargas profundas se le realice a una batería mayor es su vida útil [55].

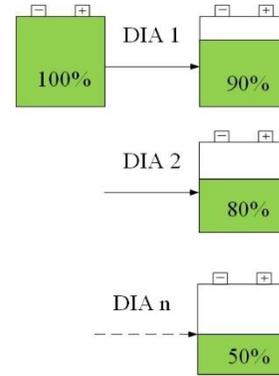


Figura 8. Descarga profunda en baterías.

La ecuación (16) plantea el cálculo de la capacidad real en base a la profundidad de descarga que permite la batería empleada en el diseño

$$Cap_{tot} = \frac{Cap}{Profundidad\ de\ descarga} \quad (16)$$

### 2.6 Sistemas de Gestión de Energía en MR (EMS)

Un sistema de gestión de energía es el conjunto de elementos interrelacionados que interactúan para establecer una política, y procedimientos necesarios para alcanzar los objetivos energéticos establecidos. La gestión energética busca la forma de realizar el uso de la energía de forma racional y eficiente por medio de proceso de optimización los cuales se basan en mantener o mejorar los aspectos relacionados con la calidad y seguridad del sistema [56][57].

El EMS se considera como una aportación al sistema de control SCADA debido a que este determina la configuración más rentable de

producción, transmisión y distribución de energía en toda la red, tomando en cuenta los criterios necesarios para la estabilidad, seguridad y confiabilidad del sistema [58][59].

Un EMS proporciona la información fundamental y tiene la capacidad de cálculo para realizar análisis de red en tiempo real, adicional es capaz de proporcionar estrategias para controlar los flujos de energía y determinar la combinación más económica de generación, compras y ventas de energía eléctrica [60][61]. El sistema de gestión trabaja en base al balance de potencias expresado en la ecuación (17).

$$P_{fv} + P_{bat} + P_{red} = \sum_{i=1}^n Pd_{isla}_i \quad (17)$$

Donde:

- $P_{fv}$  Potencia de generación del sistema fotovoltaico.
- $P_{bat}$  Potencia del banco de baterías.
- $P_{red}$  Potencia suministrada por la red.
- $Pd_{isla}_i$  Potencia demanda por cada una de las islas.

## 2.7 Respuesta a la demanda

Los sistemas eléctricos de potencia poseen una demanda variante en el tiempo, lo que ocasiona que los sistemas de generación de respaldo entren en funcionamiento en las horas pico de la demanda, haciendo que el valor de la energía eléctrica aumente [62][63][64].

Los sistemas de gestión de respuesta a la demanda buscan la disminución de la curva de demanda del sistema por medio de la utilización de las fuentes de respaldo que poseen algunos de los usuarios, es por esto por lo que la gestión de la respuesta de la demanda está ligada con los sistemas de generación distribuida, redes independientes,

sistemas de almacenamiento de energía, sistemas de monitorización y control de consumo de aparatos eléctricos [65][66][67].

La respuesta a la demanda se basa básicamente en la utilización de tecnologías o mecanismos por los cuales los clientes logran reducir su nivel de consumo eléctrico voluntariamente en periodos críticos de máxima demanda a cambio de una compensación económica, además tienen la opción de inyectar sus excedentes de generación propia a la red, logrando así una reducción de la demanda global [68][69][70].

## 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al gran deterioro que producen los vehículos en el medioambiental, se han buscado diversas maneras de contrarrestar esta afectación, una de ellas es la inclusión de los VE en el mercado, los cuales ayudan a mitigar este impacto ambiental debido al tipo de energía que utilizan. Una de las formas de impulsar la inclusión de nuevas tecnologías, es el desarrollo de ciertos puntos de apoyo para incrementar la aceptación de los usuarios.

En el presente artículo plantea el dimensionamiento de una MR tipo estación de recarga de VE para fomentar la utilización de los mismo debido a que su única limitante es el tiempo de autonomía que poseen. La mayoría de las investigaciones que se realiza en la actualidad se basan en esta pequeña problemática, debido a esto la estación de recarga implementa dos tipos diferentes de cargadores, para que los usuarios decidan cual será el tipo de carga que utilizaran en sus vehículos dependiendo del tiempo que disponga cada uno de ellos para la recarga.

### 3.1 Caso de estudio

La estación de recarga está constituida por 6 cargadores, de los cuales 4 de ellos ocupan un tipo de recarga ultra rápida y los restantes el tipo rápida, la elección de estos dos tipos de recarga se da debido al corto tiempo que necesitan para realizar la recuperación de la energía de las baterías, adicional los cargadores empleados son capaces de permitir cualquier tipo de carga que necesite el usuario dependiendo del costo y el programa de respuesta de la demanda que se aplique .

La estación de recarga se diseña por medio de la implementación de una MR conectada a la red principal de distribución como se muestra en la Figura 9. Para el diseño de este tipo de MR se tomó como referencia el diseño realizado en [28][71][72]. La MR implementada se encuentra conformada por dos tipos de fuentes de generación adicionales y un banco de almacenamiento, las mismas que intervienen como apoyo para satisfacer la demanda total, como sistemas de generación en caso de desconexión de la red de energía principal y como parte del sistema de respuesta a la demanda.

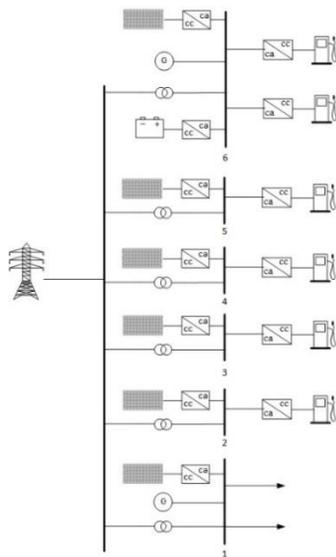


Figura 9. MR propuesta de la estación de recarga.

En la Figura 10 se puede apreciar la curva de demanda base de los servicios auxiliares de la estación de recarga donde se puede apreciar las horas pico del sistema.

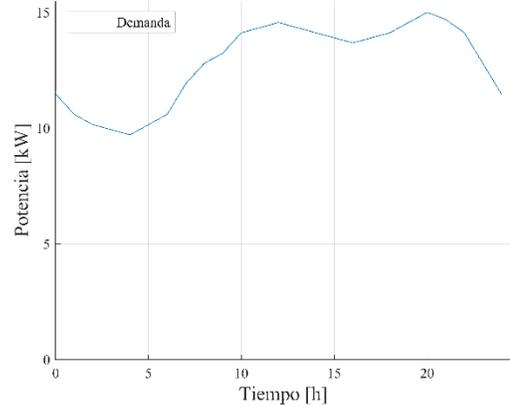


Figura 10. Curva de demanda base de la MR.

### 3.2 Parámetros del Diseño

Las estaciones de recarga utilizan lugares estratégicos para la implementación de la infraestructura de las MR, por esta razón la ubicación que se desea utilizar son los parqueaderos del Centro de Convenciones Metropolitano de Quito el cual se encuentra en los predios del parque Bicentenario en el norte de la ciudad de Quito, tal como se observa en la Figura 11. El diseño de la estación de recarga consiste en diferentes procesos los cuales conllevan a la elección de cada uno de los materiales y equipos que serán necesarios para cumplir las funciones primordiales de la instalación.



Figura 11. Ubicación geográfica del Parque Bicentenario. Google Earth.

### 3.2.1 Estimación de la potencia demandada de servicios auxiliares

Los servicios auxiliares son elementos que ayudan a satisfacer las exigencias del cliente y comprenden los circuitos de iluminación y fuerza. Estos elementos deben ser tomados en cuenta en el diseño de la estación de recarga debido a que su potencia de consumo es representativa tal como se observa en la Figura 10 y es tomada en cuenta en el cálculo de la línea de alimentación soterrada.

Los servicios auxiliares son divididos en dos tableros de protección. El primero está compuesto por todos los elementos que ayudan al funcionamiento del supermercado, el cual se encuentra ubicado junto a la estación de recarga. Este tablero posee 8 circuitos y trabaja a un voltaje de 220/127 v como se observa en la Figura 12.

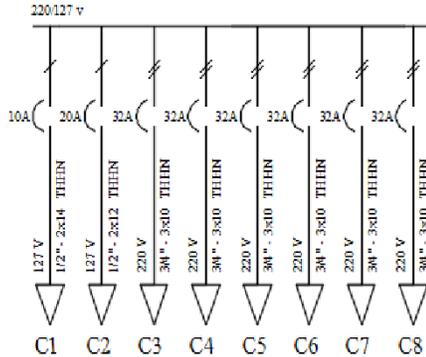


Figura 12. Tablero de protecciones del supermercado.

El tablero que se observa en la Figura 13, está constituido de los circuitos de iluminación y tomacorrientes, que trabajan a un voltaje de 220/127v en la estación de recarga, los mismos que complementan a los cargadores de vehículos para ofrecer un servicio de calidad.

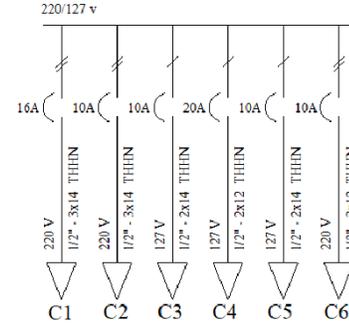


Figura 13. Tablero de protecciones de los servicios auxiliares de la estación de recarga.

La potencia activa de cada uno de los circuitos implementados en estos tableros se calcula por medio de la ecuación (18), y utilizando la ecuación (19) se obtiene la potencia aparente total de las cargas que trabajan a 220/127v [73].

$$P_{Ci} = \left( \sum_{j=1}^n P_{i,j} \right) \times fu_i \quad (18)$$

$$S_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Ci}}{fp} \quad (19)$$

Considerando:

- $P_{i,j}$  Potencia de cada elemento en kW.
- $P_{Ci}$  Potencia de cada circuito en kW.
- $S_{tot}$  Potencia total de los servicios auxiliares en kVA.
- $fu_i$  Factor de uso del circuito i.
- $fp$  Factor de potencia, también conocido como  $\cos \varphi$ .

La potencia calculada en (19) es aplicada para la elección de la celda de transformación, debido a que esta debe ser capaz de suministrar la potencia total de la demanda sin trabajar en sobrecarga, para evitar dicho acontecimiento la potencia es multiplicada por un factor de seguridad como se muestra en (20).

$$S_{transf} = S_{tot} \times 1.2 \quad (20)$$

Donde:

$S_{transf}$  Potencia nominal de diseño para el transformador.

Adicional por medio de la potencia hallada en (18) se puede obtener la corriente que circula por cada uno de los circuitos. Esta es utilizada para realizar el cálculo de los conductores y protecciones empleados en la instalación, los cuales son elegidos en base a la corriente máxima [74].

$$I_{Ci} = \frac{P_{Ci}}{V_f \times \cos \varphi} \quad (21)$$

$$I_{max} = I_{Ci} \times 1.25 \quad (22)$$

Considerando:

$I_{Ci}$  Corriente en cada circuito.  
 $V_f$  Voltaje de fase.  
 $I_{max}$  Corriente nominal de diseño.

La corriente nominal de cada uno de los elementos debe cumplir con lo expuesto en (23) para evitar el daño de cualquiera de ellos al presentarse una falla.

$$I_{Load} < I_{Prot} < I_{Cond} \quad (23)$$

Donde:

$I_{Load}$  Corriente nominal de la carga.  
 $I_{Prot}$  Corriente nominal de la protección.  
 $I_{Cond}$  Corriente nominal del conductor.

### 3.2.2 Estimación de la potencia demandada por tipo de cargador

La elección del tipo de carga rápida y ultra rápida se da debido al tiempo que necesitan para recuperar parcialmente la carga de la batería del VE. El tiempo estimado de recarga se deduce por medio

de las ecuaciones (24), (25) y (26); las cuales demuestran que para disminuir el tiempo de recarga se da el incremento de una de las dos variables eléctricas. Si se da el incremento de la corriente en el proceso de recarga, conlleva al aumento de la sección de los conductores del cargador, es por esto por lo que en los cargadores rápidos y ultra rápidos se realiza el aumento del nivel de voltaje aplicado en el proceso.

$$P = V \times I \quad (24)$$

$$E = P \times t \quad (25)$$

$$t = \frac{E}{V \times I} \quad (26)$$

Donde:

$P$  Potencia en W.  
 $V$  Voltaje en V.  
 $I$  Corriente en A.  
 $t$  Tiempo en h.  
 $E$  Energía en Wh.

La elección de los elementos complementario para el funcionamiento de los cargadores es muy similar al de los sistemas auxiliares, pero con la diferencia que para los cargadores se establece un cálculo para sistemas trifásicos. Debido a la implementación de celdas de transformación cada uno de los cargadores es alimentado por una de ellas.

$$S_i = \frac{P_{Carg(i)}}{fp} \quad (27)$$

Donde:

$S_i$  Potencia aparente de cada cargador.  
 $P_{Carg(i)}$  Potencia real de cada cargador.

Para evitar la sobre carga en los transformadores se aplica la misma observación expuesta en (20). El cálculo de la corriente que necesita el cargador se la obtiene por medio de la ecuación (28), aplicando los mismos principios expuesto en los servicios auxiliares se procede a la elección de calibre del conductor y la protección necesaria [75].

$$I_{carg(i)} = \frac{P_{carg(i)}}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos \varphi} \quad (28)$$

Donde:

$I_{carg(i)}$  Corriente de cada cargador en A.

$V_L$  Voltaje de línea.

### 3.2.3 Línea soterrada de media tensión

Para poder realizar el cálculo de la línea de alimentación soterrada se necesita poseer la potencia nominal de la carga, con la cual se calcula la corriente del sistema por medio de la ecuación (29) [53] [54].

$$I_{nom} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Transf(i)}}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos \varphi} \quad (29)$$

Donde:

$I_{nom}$  Corriente máxima de diseño [A].

$P_{Transf(i)}$  Potencia activa de cada transformador [kW].

$V_L$  Voltaje de la red de media tensión [V].

A esta corriente se le aplica el coeficiente de profundidad ( $K_p$ ) y el coeficiente de agrupación con otros circuitos ( $K_a$ ).

$$I' = \frac{I_{nom}}{K_a \times K_p} \quad (30)$$

Esta corriente es utilizada para elegir por medio de catálogos el calibre del conductor a implementarse el cual debe

cumplir que su corriente máxima admisible sea mayor que la calculada en (30). Una vez elegido el conductor se verifica que sea el adecuado por medio de la potencia de cortocircuito de la red primaria. Para realizar esta comprobación se necesita conocer la potencia de cortocircuito ( $S_{cc}$ ), el tiempo máximo de desconexión y el nivel de voltaje al que trabaja la red principal ( $V_L$ ). Con esta información se calcula la corriente de corto circuito del primario ( $I_{cc}$ ) por medio de la ecuación (31) [53][55].

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times V_L} \quad (31)$$

Adicional se procede a calcular la corriente de cortocircuito del conductor en base a la sección elegida por medio de (30) y se verifica si cumple con lo expuesto en (33). Si el conductor estudiado no cumple se procede a elegir una sección superior debido a que el primero no es capaz de soportar la  $I_{cc}$  del primario.

$$I_{cc\text{conductor}} = \sigma \times S \quad (32)$$

$$I_{cc\text{conductor}} > I_{cc} \quad (33)$$

Sabiendo que:

$\sigma$  Densidad máxima de corriente de cortocircuito en base al tiempo máximo de desconexión que posee el primario en  $A/mm^2$ .

$S$  Sección del conductor en  $mm^2$ .

### 3.2.4 Pseudocódigo de EMS

Las MR son caracterizadas por estar formadas de diversas fuentes de generación, esta es la razón por la que se implementa la asignación óptima de los recursos energéticos obteniendo un menor consumo de energía de la red principal en determinado tiempo. Debido

a esto las fuentes de generación responden al siguiente pseudocódigo.

Tabla 2. Despacho Energético - EMS

<b>Asignación de Recursos</b>
<b>Lectura de datos:</b> P_max, P_min
<b>Número de Islas=6</b>
<b>Paso 1:</b> Demanda del sistema $P_{sis} = P_{islas} + D_{base}$
<b>Paso 2:</b> Realiza las decisiones
If $8 \geq \text{horas} \geq 16$
If $P_{sis} < P_{fv}$
$P_{sis} = P_{fv}$
Else
$P_{sis} = P_{fv} + P_{red}$
End If
Else
If $18 \geq \text{horas} \geq 22$
If $P_{sis} < P_{Bateria}$
$P_{sis} = P_{Bateria}$
Else
$P_{sis} = P_{Bateria} + P_{red}$
End If
Else
$P_{sis} = P_{red}$
End If
End If
<b>Paso 3:</b> Designación de manera óptima de recursos
Caso1= Verano
Caso2= Invierno

## 4 METODOLOGÍA APLICADA PARA OBTENCIÓN DEL DISEÑO

En el presente artículo de investigación plantea los parámetros necesarios para el diseño de una estación de recarga de VE. Cada elemento es seleccionado por medio de un proceso que analiza las características técnicas necesarias para el diseño en función de una óptima respuesta a la demanda, lo que garantiza que cada uno de los elementos puedan brindar un servicio de calidad, sin presentar alguna falla.

La elección de los cargadores a utilizar se da por medio del tiempo que se establece para la recarga, la Figura 14

plantea el proceso para determinar el conductor y la protección de estos.

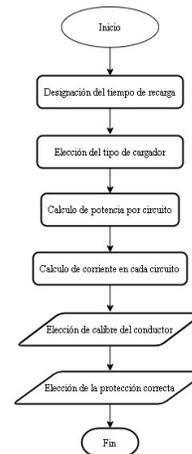


Figura 14. Flujograma del cálculo de conductores.

Una vez realizado el diseño de los elementos relacionados con las cargas se procese a dimensionar las celdas de transformación y sus respectivas protecciones.

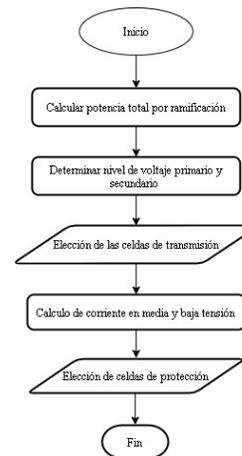


Figura 15. Flujograma del dimensionamiento de transformadores.

Los procesos necesarios para el dimensionamiento de los sistemas de generación auxiliar se los detalla en Figura 16, Figura 17 y Figura 18.

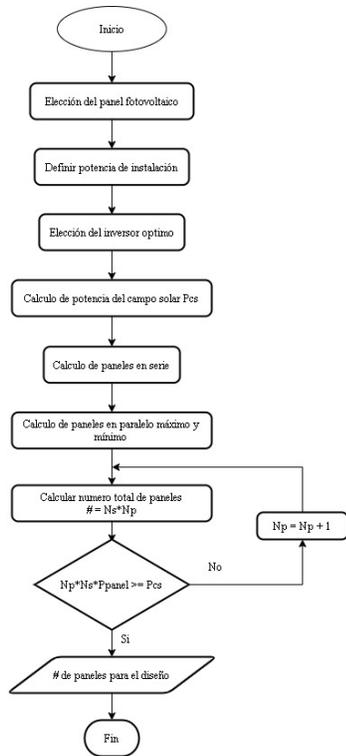


Figura 16. Flujograma del cálculo del sistema fotovoltaico.

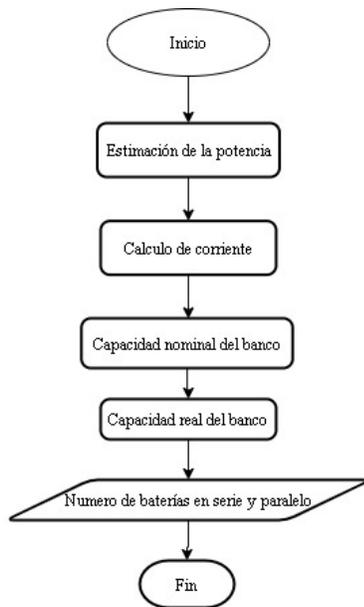


Figura 17. Flujograma del cálculo del sistema de almacenamiento.

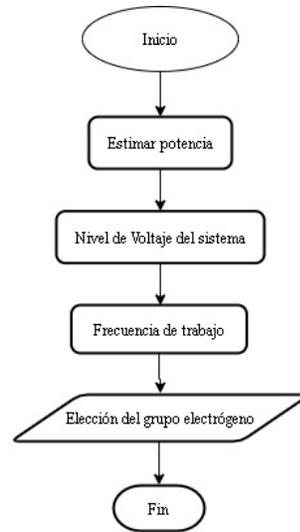


Figura 18. Flujograma del grupo electrógeno.

Uno de los elementos más importantes en el diseño de la MR tipo estación de recarga es el calibre del conductor que conecta la MR a la red primaria, el cual debe ser capaz de soportar parcial o totalmente la carga existente en el sistema. El proceso para poder dimensionarlo se detalla en la Figura 19.

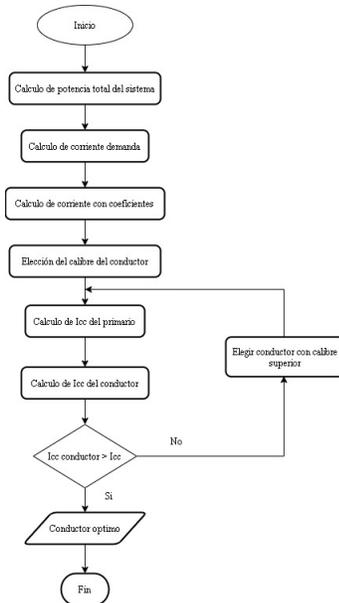


Figura 19. Flujograma del dimensionamiento de la línea soterrada.

## 5 RESULTADOS DEL DISEÑO PROPUESTO

El análisis eléctrico realizado en el presente artículo da como resultado la elección de los elementos óptimos para garantizar el funcionamiento correcto de la MR. En la Tabla 3 se muestra un detalle de los circuitos de iluminación y tomacorrientes que se implementaran en el sistema, adicional se incluyen las dimensiones del conductor y protección aplicada en cada uno de ellos.

Tabla 3. Cálculo de servicios adicionales.

SERVICIOS ADICIONALES ESTACIÓN DE RECARGA TD1					
Descripción	Tensión (V)	Potencia (kW)	Int (A)	Protección	AWG
Iluminación externa 1	220	1.80	8.18	16A/2P	14
Iluminación externa 2	220	0.80	3.64	10A/2P	14
Iluminación de maquinaria	127	0.29	2.27	10A/1P	14
Tomacorrientes letrero	127	1.12	8.82	20A/1P	12
Compressor de aire	127	0.30	2.36	10A/1P	14
Compressor de aire	220	0.75	3.39	10A/2P	12
SERVICIOS MINIMARKET TD2					
Iluminación	127	0.576	4.54	10A/1P	14
Tomacorrientes	127	1.26	9.92	20A/1P	12
Tomacorrientes (220V)	220	2	9.09	30A/2P	10
Tomacorrientes (220V)	220	2	9.09	30A/2P	10
Tomacorrientes (220V)	220	2	9.09	30A/2P	10
Tomacorrientes (220V)	220	2	9.09	30A/2P	10
Tomacorrientes (220V)	220	2	9.09	30A/2P	10
Tomacorrientes (220V)	220	2	9.09	30A/2P	10

El cargador rápido elegido en el presente artículo posee una potencia de carga de 50kW con una gran versatilidad de trabajo y se encuentra diseñado para aplicaciones de estaciones de servicio, dado que este proporciona un funcionamiento en modo de carga 4 y 3. Para la recarga en corriente continua el cargador entrega una tensión de 500V, una corriente de 120A y el conector utilizado es de tipo CHAdeMo, mientras que para la recarga en corriente alterna el mismo proporciona una tensión de 400V a una corriente de 63A y se utiliza el conector tipo 2. Este cargador emplea un

tipo de carga rápida la cual es diseñada para cargar un vehículo al 80% de la capacidad en 30 minutos.

En la Tabla 4 se puede apreciar el conductor y protección utilizada para este tipo de cargador.

Tabla 4. Cálculo de cargadores rápidos.

ESTACIÓN DE RECARGA					
Descripción	Tensión (V)	Potencia (kW)	Int (A)	Protección	AWG
Cargador 1	400	52.654	80	125A/3P	6
Cargador 2	400	52.654	80	125A/3P	6

Se utilizo un cargador de potencia ultra rápida modular, el cual fue elegido por su flexibilidad para su expansión a futuro debido a que consta de gabinetes de potencia y postes de carga que pueden ser adicionados dependiendo de la expansión deseada. Cada gabinete proporciona 175kW y es capaz de restaurar 400km en 15 min.

Este tipo de cargador utiliza la tecnología de intercambio dinámico de energía en corriente continua (Dynamic DC Power Sharing), misma que se basa en la unión de los gabinetes para incrementar la potencia de recarga, la Figura 20, Figura 21 y Figura 22 presentan la conexión de los vehículos a este tipo de cargador.

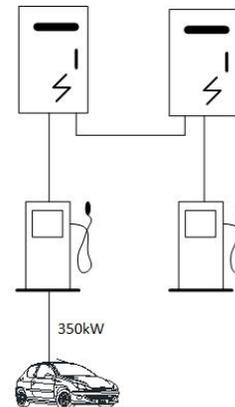


Figura 20. Carga máxima dedicada a EV premium hasta 350kW en cualquier puesto de carga.

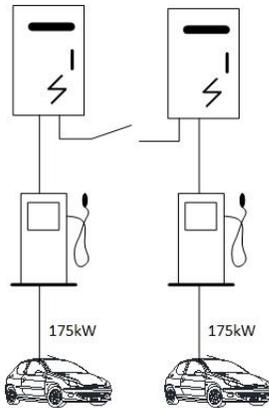


Figura 21. Entrega de energía compartida para utilización premium de EV a más a 175 kW para cada vehículo.

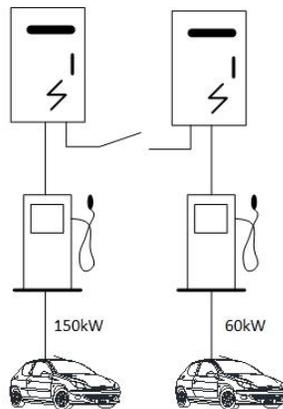


Figura 22. Entrega compartida adaptada a demandas variables del modelo EV.

En la Tabla 5 se puede apreciar el conductor y protección utilizada para este tipo de cargador.

Tabla 5. Cálculo de cargadores ultra rápidos.

ESTACION DE RECARGA					
Descripción	Tensión (V)	Potencia (kW)	Int (A)	Protección	AWG
Cargador 3	480	175	221.57	300A/3P	3/0
Cargador 4	480	175	221.57	300A/3P	3/0
Cargador 5	480	175	221.57	300A/3P	3/0
Cargador 6	480	175	221.57	300A/3P	3/0

La utilización de los dos tipos de cargadores presenta beneficios para la estación debido a sus cortos tiempo para la recarga. Se realiza una comparación entre los tiempos de recarga y el número de vehículos cargados en una hora.

Se plantean tres casos de estudio en base a la conexión que pueden presentar los cargadores ultra rápidos, la Tabla 6 utiliza la configuración planteada en la

Figura 21, donde se utiliza a los cuatro cargadores de forma independiente y se puede cargar un total de 20 vehículos en una hora.

Tabla 6. Caso 1, cargadores ultra rápidos independientes.

Número de cargadores	Potencias (kW)	Tiempo (min)	Vehículos cargados
2	50	30	4
4	175	15	16

En la Tabla 7, se analiza el segundo caso el cual utiliza la configuración de la Figura 20, es decir de los 4 postes de carga solo se utilizaran 2 de ellos debido a que los gabinetes de potencia se conectan entre ellos de dos en dos. Con esta configuración se logra cargar un total de 16 vehículo en una hora.

Tabla 7. Caso 2, cargadores ultra rápidos conectados en pareja.

Número de cargadores	Potencias (kW)	Tiempo (min)	Vehículos cargados
2	50	30	4
2	350	10	12

El tercer caso que se plantea es que, de los cuatro cargadores ultra rápidos, dos de ellos se encuentren enlazados y los otros dos trabajen de forma independiente como se puede observar en la Tabla 8, el total de vehículos que se puede cargar en esta configuración son 18.

Tabla 8. Caso 3, cargadores ultra rápidos conectados de forma mixta.

Número de cargadores	Potencias (kW)	Tiempo (min)	vehículos cargados
2	50	30	4
2	175	15	8
1	350	10	6

Cada uno de los casos que se plantearon tienen un valor diferente de vehículos cargados debido al valor de la potencia y tiempo de la recarga, es muy importante considerar que se puede utilizar cualquiera de los casos para el funcionamiento de la estación de recarga,

tomando en cuenta el tiempo que los usuarios posean para la recarga.

Es muy importante verificar que los conductores utilizados no superen los niveles de caída de tensión permitida. En la Tabla 9 se presenta el porcentaje de caída de tensión, de los conductores empleados en los cargadores.

Tabla 9. Porcentaje de caída de tensión.

Descripción	Conductor (AWG)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Caída de tensión (%)
Cargador 1	6	13.3	20	0.884
Cargador 2	6	13.3	20	0.884
Cargador 3	3/0	84.91	10	0.160
Cargador 4	3/0	84.91	10	0.160
Cargador 5	3/0	84.91	10	0.160
Cargador 6	3/0	84.91	10	0.160

En la Figura 23 se muestra el incremento que posee el porcentaje de caída de tensión de los conductores empleados en los cargadores, como se puede observar la caída de tensión es directamente proporcional a la longitud del conductor.

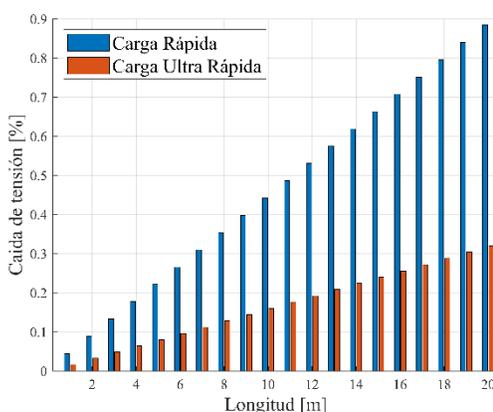


Figura 23. Caída de tensión en los cargadores.

## 5.1 Dimensionamiento de fuentes de generación distribuida

- **Sistemas fotovoltaicos.** Los paneles solares empleados en la instalación fotovoltaica son monocristalinos de 350Wp con una eficiencia del 18.4%, los cuales son capaces de suministrar una tensión en corriente continua de 38V y 9A.

Una de las limitantes que posee el diseño de los sistemas fotovoltaicos

es el área que se puede utilizar para la implementación de los paneles, es por esto que por medio del Anexo 2 se realiza el cálculo del área total de la superficie destinada para la instalación, este proceso es utilizado para obtener un aproximado del número de cuantos paneles podrían ser instalados y por ende la potencia máxima que puede adquirir el campo solar. En el diseño planteado se dio la utilización del 75.5% del área total y el restante se lo designo para movilización en caso de mantenimientos.

En el presente artículo se realiza el diseño de las fuentes fotovoltaicas de 15, 100 y 200kW los cuales proporcionan energía para compensar una parte de la demanda que consumen la estación de recarga de VE. El sistema de 15kW está conectado en la isla número uno donde se encuentran los servicios auxiliares, las islas 2, 3, 4 y 6 poseen una instalación fotovoltaica de 100kW cada una, mientras que la isla 5 posee un sistema de 200kW conformado por dos inversores de 100kW.

Para el sistema fotovoltaico que se implementa en los cargadores ultra rápidos, se utiliza el inversor trifásico de 100kW, el cual proporciona una eficiencia máxima mayor al 99%. Este es capaz de proporcionar una tensión trifásica de 480v y 120A. El sistema conectado a los cargadores rápidos posee un el inversor trifásico de 100kW el cual trabaja a un nivel de voltaje de 400v con una eficiencia de 99.1% y para el diseño de la instalación fotovoltaica de las cargas a 220/127v, se utiliza un inversor trifásico de 15kW compacto con una eficiencia máxima del 97.3%.

Al asignar las potencias necesarias de cada uno de los inversores se procede por medio de las ecuaciones establecidas anteriormente en el punto 2.4 a realizar el cálculo de cada una de las instalaciones establecidas. En la Tabla 10 se da un resumen referente a las características de diseño de cada uno de los inversores.

Tabla 10. Propuesta de diseño de sistemas fotovoltaicos.

Número Inversores	Potencia (kW)	Np	Ns	Fusible DC	Seccionador	
					DC	AC
1	15	5	9	16A/1P	60A/2P	50A/3P
1	100	20	15	16A/1P	250A/2P	200A/3P
5	100	28	11	16A/1P	350A/2P	150A/3P

En la Figura 24 se puede apreciar los valores de potencia de generación de todo el sistema fotovoltaico en base a la radiación solar que incide en el yacimiento, en las estaciones de invierno y verano.

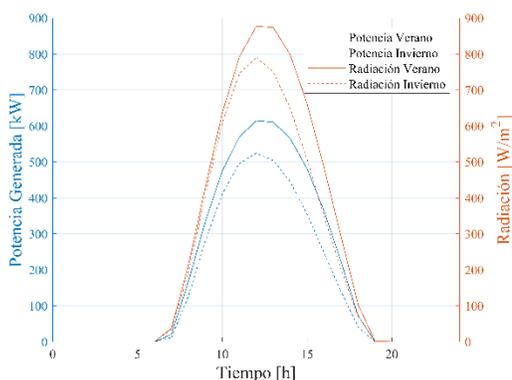


Figura 24. Curva de Potencia total y la Radiación.

- **Banco de almacenamiento.** La estación de recarga de vehículos posee un banco de baterías de 50 kW conectado a los cargadores de carga rápida que se encuentran en la isla número 6 y junto al grupo electrógeno de 60kW entregan energía suficiente para abastecer esa demanda, el diseño de este equipo se lo realiza por medio de baterías de descarga profunda de 12v y una capacidad de 250Ah.

Tabla 11. Propuesta de diseño del banco de almacenamiento.

Potencia (kW)	Tensión (v)	Frecuencia (Hz)	Bp	Bs	Seccionador AC
50	400	60	4	40	100A/3P

- **Grupos electrógenos.** La MR tipo estación de recarga cuenta con dos grupos electrógenos, el primero abastece de energía a las cargas de 220/127v que se encuentran en la isla número uno. El segundo está ubicado junto al banco de baterías y juntos son capaces de abastecer la demanda de los dos cargadores rápidos en caso de desconexión de la red principal, la ubicación de cada uno de ellos se puede apreciar en la Figura 9.

Los grupos electrógenos escogidos cumplen con normativas internacionales de funcionamiento además de poseer una optimización en el diseño para realizar un bajo consumo de combustible y disminuir las emisiones contaminantes al ambiente. La selección de este tipo de equipos se la realiza debido a que poseen un rango de generación que les permite tener una buena respuesta transitoria.

En la Tabla 12 se presentan las características que poseen cada uno de los grupos electrógenos escogidos para el diseño.

Tabla 12. Propuesta de diseño de los grupos electrógenos.

Grupo electrógeno	Potencia (kW)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)	Isla
G1	15.5 a 20	220	60	1
G2	36 a 60	400	60	6

## 5.2 Gestión de la respuesta a la demanda

En la MR es muy importante la implementación de sistemas de respuesta

a la demanda debido a la integración de generación distribuida, la cual necesita un sistema de gestión para poder hacer la distribución óptima de los recursos energéticos y lograr abastecer la demanda sin ninguna interrupción y económicamente rentable.

El sistema de respuesta a la demanda establece la inclusión de las fuentes alternas en las horas pico en donde la curva de demanda crece hasta su punto máximo. La MR tiene como fuente de energía principal la red convencional y la función objetivo establecida en este artículo es la minimización del consumo de energía de la misma por medio de la inclusión de tres fuentes alternas.

La fuente fotovoltaica de la MR participa en el día con su potencia de generación dependiendo de la radiación como se establece en la Figura 24, adicional se tiene el banco de baterías y el grupo electrógeno los cuales son capaces de entregar energía dependiendo de su tiempo de autonomía y nivel de carga en el caso de las baterías.

En la Figura 25 se observa el despacho de las fuentes de generación en invierno donde se puede apreciar que los paneles fotovoltaicos no son capaces de entregar su máxima potencia instalada debido a que no existe el nivel adecuado de radiación. Este análisis se realiza a una curva de demanda variable en él y tiempo.

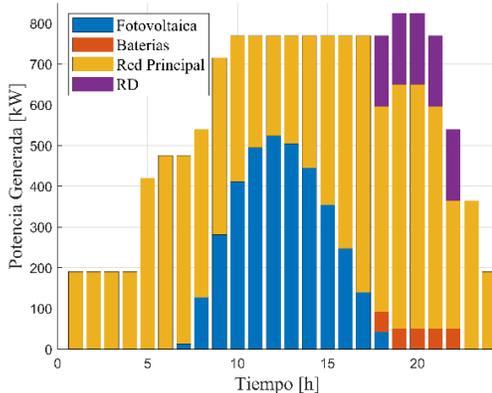


Figura 25. Despacho en invierno.

En la Figura 26 se expone el despacho en invierno donde los paneles fotovoltaicos han aumentado el nivel de potencia de generación y se da una mejor respuesta a la demanda, adicional las fuentes de generación restante entran en funcionamiento en las horas pico de la curva de demanda.

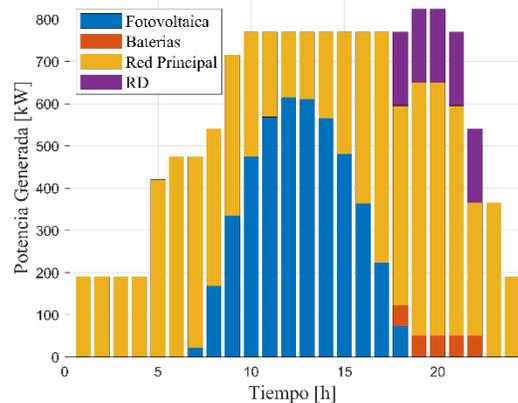


Figura 26. Despacho en verano.

### 5.3 Despacho energético por isla

El objetivo de disminuir el consumo de energía de la red convencional por medio del ingreso de una fuente de generación fotovoltaica es detallada desde la Tabla 13 hasta la Para este análisis se toma la hora en que los paneles fotovoltaicos logran entregar la máxima energía en el día y por medio de la Figura 29 se puede observar que la aportación de la red en esta isla es reducida al 3% en invierno mientras que en verano la generación fotovoltaica logra abastecer a toda la demanda y adicional entrega un 15% de energía a la red para ser distribuida en otra isla.

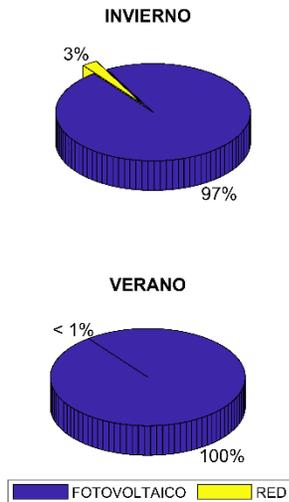


Figura 29. Despacho en la hora 11 de la isla 5.

La isla 6 adicional a la instalación fotovoltaica posee un banco de almacenamiento de energía, el cual entra en funcionamiento en las horas pico de la curva de demanda para reducir el consumo de la red.

Tabla 17, donde se puede observar que al pasar las horas, el consumo de la red va disminuyendo hasta llegar al punto máximo de generación de la fuente renovable dependiendo de la estación. Para este análisis se asume el consumo de la máxima potencia por isla.

La isla número uno comprende las cargas de servicios adicionales y cuenta con una instalación fotovoltaica de 15kW.

Tabla 13. Despacho en la isla 1 en [kW].

HORA	INVIERNO		VERANO	
	FV	Red	FV	Red
0	0	15	0	15
1	0	15	0	15
2	0	15	0	15
3	0	15	0	15
4	0	15	0	15
5	0	15	0	15
6	0.30	14.70	0.51	14.49
7	3.08	11.92	4.11	10.89
8	6.85	8.15	8.14	6.86
9	10.03	4.97	11.58	3.42
10	12.08	2.92	13.86	1.14
11	12.79	2.21	15.00	0.00
12	12.29	2.71	14.89	0.11
13	10.86	4.14	13.78	1.22
14	8.64	6.36	11.72	3.28
15	6.03	8.97	8.86	6.14

HORA	INVIERNO		VERANO	
	FV	Red	FV	Red
16	3.40	11.60	5.43	9.57
17	1.01	13.99	1.78	13.22
18	0	15	0	15
19	0	15	0	15
20	0	15	0	15
21	0	15	0	15
22	0	15	0	15
23	0	15	0	15

En la Figura 27 se aprecia el porcentaje de participación de cada una de las fuentes de generación y se observa que en verano la hora que el fotovoltaico logra generar su máxima potencia es la (hora 11), la isla puede ser abastecida en su totalidad por la energía renovable, dejando sin participación a la red.

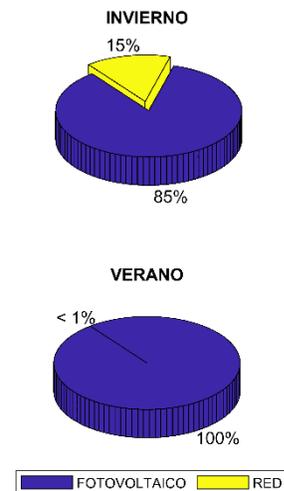


Figura 27. Despacho en la hora 11 de la isla 1.

La isla 2 está destinada a realizar el trabajo de respuesta a la demanda desde la 18:00 hasta las 22:00 de la noche con un porcentaje de participación del 20% y se encuentra constituida por un cargador ultra rápido y una fuente de generación fotovoltaica de 100kW.

Tabla 14. Despacho en las islas 2 en [kW].

HORA	INVIERNO		VERANO	
	FV	Red	FV	Red
0	0	175	0	175
1	0	175	0	175
2	0	175	0	175
3	0	175	0	175
4	0	175	0	175
5	0	175	0	175
6	2.00	173.00	3.38	171.62
7	20.53	154.47	27.37	147.63
8	45.65	129.35	54.28	120.72

HORA	INVIERNO		VERANO	
	FV	Red	FV	Red
9	66.85	108.15	77.19	97.81
10	80.54	94.46	92.41	82.59
11	85.25	89.75	100.00	75.00
12	81.94	93.06	99.28	75.72
13	72.39	102.61	91.89	83.11
14	57.63	117.37	78.14	96.86
15	40.22	134.78	59.04	115.96
16	22.64	152.36	36.23	138.77
17	6.76	-6.76	11.84	-11.84
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	175	0	175
23	0	175	0	175

De la Tabla 14 se toma una hora al azar para poder realizar una representación de porcentaje de participación de las fuentes y verificar la disminución en el consumo de la energía de la red.

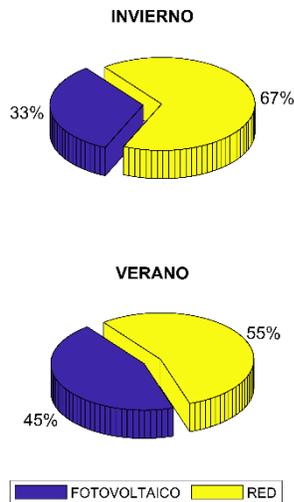


Figura 28. Despacho en la hora 14 de la isla 2.

La isla 3 y 4 poseen las mismas características técnicas que la isla 2 pero no intervienen en la respuesta a la demanda, por ende, su despacho y porcentaje de participación es similar.

Tabla 15. Despacho en las islas 3 y 4 en [kW].

HORAS	INVIERNO		VERANO	
	FV	Red	FV	Red
0	0	175	0	175

HORAS	INVIERNO		VERANO	
	FV	Red	FV	Red
1	0	175	0	175
2	0	175	0	175
3	0	175	0	175
4	0	175	0	175
5	0	175	0	175
6	2.00	173.00	3.38	171.62
7	20.53	154.47	27.37	147.63
8	45.65	129.35	54.28	120.72
9	66.85	108.15	77.19	97.81
10	80.54	94.46	92.41	82.59
11	85.25	89.75	100.00	75.00
12	81.94	93.06	99.28	75.72
13	72.39	102.61	91.89	83.11
14	57.63	117.37	78.14	96.86
15	40.22	134.78	59.04	115.96
16	22.64	152.36	36.23	138.77
17	6.76	168.24	11.84	163.16
18	0	175	0	175
19	0	175	0	175
20	0	175	0	175
21	0	175	0	175
22	0	175	0	175
23	0	175	0	175

La isla 5 posee un cargar ultra rápido y una instalación fotovoltaica de 200kW conformada por dos inversores de 100kW.

Tabla 16. Despacho en la isla 5 en [kW].

HORA	INVIERNO		VERANO	
	FV	Red	FV	Red
0	0	175	0	175
1	0	175	0	175
2	0	175	0	175
3	0	175	0	175
4	0	175	0	175
5	0	175	0	175
6	3.99	171.01	6.75	168.25
7	41.06	133.94	54.74	120.26
8	91.29	83.71	108.57	66.43
9	133.70	41.30	154.38	20.62
10	161.08	13.92	184.81	-9.81
11	170.50	4.50	200.00	-25.00
12	163.87	11.13	198.56	-23.56
13	144.78	30.22	183.79	-8.79
14	115.27	59.73	156.28	18.72
15	80.44	94.56	118.08	56.92
16	45.28	129.72	72.46	102.54
17	13.52	161.48	23.69	151.31
18	0	175	0	175
19	0	175	0	175
20	0	175	0	175
21	0	175	0	175
22	0	175	0	175
23	0	175	0	175

Para este análisis se toma la hora en que los paneles fotovoltaicos logran entregar la máxima energía en el día y por medio de la Figura 29 se puede observar que la aportación de la red en esta isla es reducida al 3% en invierno

mientras que en verano la generación fotovoltaica logra abastecer a toda la demanda y adicional entrega un 15% de energía a la red para ser distribuida en otra isla.

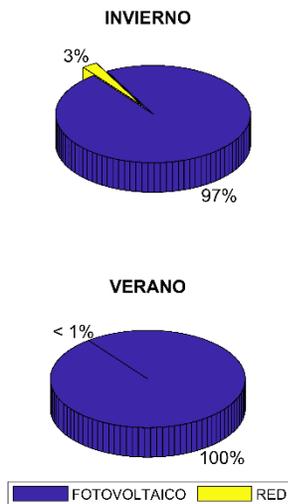


Figura 29. Despacho en la hora 11 de la isla 5.

La isla 6 adicional a la instalación fotovoltaica posee un banco de almacenamiento de energía, el cual entra en funcionamiento en las horas pico de la curva de demanda para reducir el consumo de la red.

Tabla 17. Despacho en la isla 6 en [kW].

H	INVIERNO			VERANO		
	FV	B	Red	FV	B	Red
0	0	0	110	0	0	110
1	0	0	110	0	0	110
2	0	0	110	0	0	110
3	0	0	110	0	0	110
4	0	0	110	0	0	110
5	0	0	110	0	0	110
6	2.00	0	108	3.38	0	106.62
7	20.53	0	89.47	27.37	0	82.63
8	45.65	0	64.35	54.28	0	55.72
9	66.85	0	43.15	77.19	0	32.81
10	80.54	0	29.46	92.41	0	17.59
11	85.25	0	24.75	100.00	0	10.00
12	81.94	0	28.06	99.28	0	10.72
13	72.39	0	37.61	91.89	0	18.11
14	57.63	0	52.37	78.14	0	31.86
15	40.22	0	69.78	59.04	0	50.96
16	22.64	0	87.36	36.23	0	73.77
17	6.76	50	53.24	11.84	50	48.16
18	0	50	60	0	50	60
19	0	50	60	0	50	60
20	0	50	60	0	50	60
21	0	50	60	0	50	60
22	0	0	110	0	0	110
23	0	0	110	0	0	110

En este caso se toma la hora 17 debido a que en ese instante se produce un alto consumo a nivel nacional y por ende se encuentran habilitadas las tres fuentes de generación y cada una de ellas aportan un porcentaje de energía para poder satisfacer la demanda. En la Figura 30 se observa que la inclusión de las fuentes renovables produce la reducción del consumo de la red a un porcentaje de participación inferior al 50% en cada una de las estaciones.

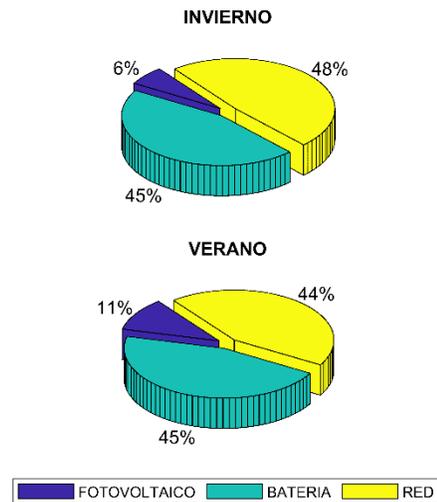


Figura 30. Despacho en la hora 17 de la isla 6.

## 5.4 Análisis de MR aislada

El sistema de gestión central implementado debe ser capaz de mantener en operación a la MR cuando exista alguna contingencia en el sistema de distribución de la red convencional lo que obligue a que la MR pase a modo aislado hasta que la contingencia sea solucionada. El sistema en modo aislado trabaja con una carga mínima de 125kW lo que equivale a la conexión de los servicios auxiliares y dos cargadores rápidos.

La capacidad a la que trabaje en modo aislado depende en su totalidad de sus fuentes de generación, debido a que deben ser capaces de satisfacer a la demanda que permanezca conectada.

La generación fotovoltaica es variante en el tiempo y depende de la radiación existente para la generación, con este antecedente se puede deducir que la capacidad a la que llega a trabajar la MR también varía en el tiempo y una falla en el sistema de distribución puede presentarse en cualquier hora del día, debido a esto la Tabla 18 muestra las cargas que permanecen conectadas dependiendo de la hora y la generación existente a la que se produzca el paso a modo aislado en la estación de invierno.

Tabla 18. Gestión óptima de las cargas de la MR en modo aislado en invierno.

Hora	Servicios Adicionales	Cargador Rápido	Cargador ultra Rápido	Demanda [kW]	Reserva [kW]
0	1	2	0	125	5.00
1	1	2	0	125	5.00
2	1	2	0	125	5.00
3	1	2	0	125	5.00
4	1	2	0	125	5.00
5	1	2	0	125	5.00
6	1	2	0	125	17.28
7	1	1	1	245	11.25
8	1	0	2	365	45.72
9	1	0	3	540	1.13
10	1	1	3	595	30.31
11	1	2	3	650	4.30
12	1	1	3	595	38.91
13	1	0	3	540	35.19
14	1	2	2	475	9.44
15	1	0	2	365	12.35
16	1	1	1	245	24.23
17	1	2	0	125	46.57
18	1	2	0	125	5.00
19	1	2	0	125	5.00
20	1	2	0	125	5.00
21	1	2	0	125	5.00
22	1	2	0	125	5.00
23	1	2	0	125	5.00

En la Tabla 19 se observan las cargas que pueden estar conectadas en la estación de verano y adicional se muestra la reserva que posee la MR en el caso de que los paneles reduzcan su generación.

Tabla 19. Gestión óptima de las cargas de la MR en modo aislado en verano.

Hora	Servicios Adicionales	Cargador Rápido	Cargador ultra Rápido	Demanda [kW]	Reserva [kW]
0	1	2	0	125	5.00
1	1	2	0	125	5.00
2	1	2	0	125	5.00
3	1	2	0	125	5.00
4	1	2	0	125	5.00
5	1	2	0	125	5.00
6	1	2	0	125	25.77
7	1	1	1	245	53.33
8	1	1	2	420	43.84
9	1	1	3	595	9.73
10	1	2	3	650	48.30

Hora	Servicios Adicionales	Cargador Rápido	Cargador ultra Rápido	Demanda [kW]	Reserva [kW]
11	1	0	4	715	30.00
12	1	0	4	715	25.57
13	1	2	3	650	45.15
14	1	1	3	595	15.56
15	1	2	2	475	18.10
16	1	2	1	300	52.81
17	1	0	1	190	12.84
18	1	2	0	125	5.00
19	1	2	0	125	5.00
20	1	2	0	125	5.00
21	1	2	0	125	5.00
22	1	2	0	125	5.00
23	1	2	0	125	5.00

Debido a que las cargas que se encuentran conectadas por hora varían entre la estación de verano e invierno, no es posible asegurar que el funcionamiento sea el mismo, debido a esto se toma una hora significativa para analizar las diferencias que llega a poseer el sistema en base a la estación que se encuentre.

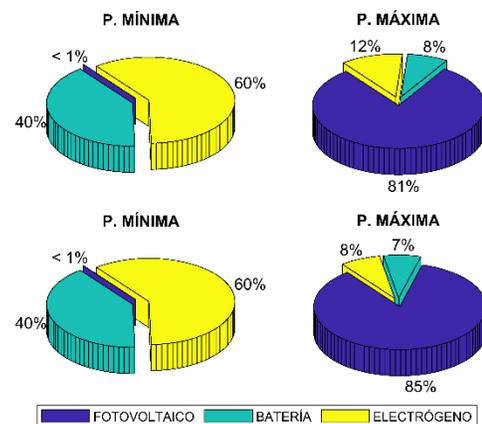


Figura 31. Demanda mínima y máxima de la gestión óptima de cargas.

Las gráficas que se encuentran en la fila 1 corresponden a la estación de invierno y la siguientes a la estación de verano, donde se observa la participación de cada una de las fuentes de generación que posee la MR.

La potencia mínima en ambos casos llega a ser igual, debido a que en las horas donde se designa esa potencia no existe presencia de generación fotovoltaica y las únicas fuentes que trabajan serían los grupos electrógenos y el banco de baterías, los cuales logran abastecer únicamente la demanda de los servicios

auxiliares y dos cargadores rápidos. La mayor participación en este caso se lo llevan los grupos electrógenos los cuales introducen energía en un 60% del total.

En verano la potencia de las cargas conectadas cuando el sistema está en su máxima potencia es mayor a la de invierno debido a que la producción de energía fotovoltaica en esta estación es superior. Esto representa que la participación de las otras fuentes va a reducirse.

Para el análisis que se realiza en la Figura 31 se toma la hora 11 del día para generar la potencia máxima. Las cargas que se pueden conectar en invierno son los servicios auxiliares, 2 cargadores rápidos y 3 ultra rápidos mientras que en verano son los servicios auxiliares y 4 cargadores ultra rápidos

Las tablas mencionadas muestran que la MR puede trabajar de forma aislada con una potencia mínima de demanda de 125kW, máxima de 650kW en invierno y 715kW en verano. En el Anexo 3 se encuentra el despacho en modo aislado que realiza la MR con cada una de sus fuentes de generación para abastecer la demanda expuesta en las tablas Tabla 18 y Tabla 19.

## 6 CONCLUSIONES

Para el diseño de una Micro-red tipo estación de recarga de vehículos eléctricos se obtuvo una participación del 19.5% en invierno y un 24% en verano de los recursos energéticos renovables en base a la potencia máxima de la MR, la existencia de estas fuentes ayudan a la disminución del consumo de energía de la red, adicional la MR es capaz de funcionar en modo aislado en el momento que no exista energía en la red, debido a que el sistema de gestión implementado es capaz de administrar de una forma óptima la demanda y los recursos distribuidos como son las

fuentes de energía fotovoltaica, banco de almacenamiento y sistemas electrógenos para poder suministrar energía a la mayor cantidad de islas, las cuales varían dependiendo de la hora en la que se produzca el cambio, lo que garantiza la utilización de los diferentes tipos de recargas expuestos anteriormente.

En base al cálculo de la sección de los conductores empleados en la instalación de los cargadores de los VE, se puede deducir que las caídas de tensiones existentes en cada una de las estaciones de recarga no sobrepasan ni el 1%, lo cual cumple con el valor máximo del 3% establecido como normativa para los circuitos en derivación.

En base al análisis de MR aislada se logra observar que el aporte de la energía fotovoltaica en el día va creciendo en base al nivel de radiación, lo que facilita al sistema de gestión el ingreso de mayor carga dependiendo de la hora en que se produzca el cambio del modo de operación. El cambio de operación ocasiona que la MR pueda trabajar a un 15% de su capacidad nominal en las horas que no existe radiación, mientras que al ir variando la generación fotovoltaica en el día se puede llegar a una capacidad máxima del 79% u 87% dependiendo de la estación de análisis.

Considerando que el diseño implementado para este artículo tiene un sistema fotovoltaico para cada isla existente, la participación de estas es relevante durante todo el año tomando en cuenta la estación de invierno o verano, la implicación de la isla 1 es del 24.3% y 30,46%, en las islas 2, 3 y 4 que poseen cargadores ultra rápidos la participación es del 13.9% y 17.4% individualmente, en la isla 5 la cual posee el doble de potencia fotovoltaica instalada tiene una participación del 27.7% y 34.8% mientras que en la isla 6 de los

cargadores rápidos la participación 22.1% y 27.7% respectivamente.

### 6.1 Trabajos futuros

Basados en todo lo mencionado en este trabajo se pueden desarrollar diversas investigaciones para trabajos futuros como pueden ser las siguientes:

- Estudios para la implementación de Micro-redes tipo estaciones de recarga de modo aislada.
- Fiabilidad y confiabilidad de las estaciones de recarga de los vehículos eléctricos.
- Estudios económicos enfocados en la implementación y construcción de estaciones de recarga a nivel nacional.
- Estudio de viabilidad de Micro-redes utilizando otros sistemas de energía alternativa en el país.

## 7 REFERENCIAS

- [1] Y. Mercedes, R. Morales, and A. Hernández Guzmán, "Caracterización De Un Motor De Combustión Interna Con Dos Tipos De Combustible," *Imt - Sct*, vol. 417, no. 417, p. 12, 2014.
- [2] J. De la Herrán, "El auto eléctrico, una solución apremiante," *Cienc. boletín*, vol. 1, no. 1, p. 24, 2014.
- [3] V. L. Santana Chóez, "Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fosiles en el Ecuador," Universidad de Guayaquil, 2016.
- [4] J. D. Martinez Angel, "Movilidad motorizada, impacto ambiental, alternativas y perspectivas futuras: consideraciones para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá," *Rev. Salud Pública*, vol. 20, no. 1, pp. 126–131, Jan. 2018, doi: 10.15446/rsap.v20n1.57038.
- [5] S. P. Freile Veloz, Andrés Alejandro Robayo Calle, "Estudio de Factibilidad para la Implementación de Medios de Transporte Eléctricos en el Centro Histórico de Quito," Universidad Internacional del Ecuador, 2016.
- [6] L. P. Sanchez Yunga and A. P. Zuñiga Guzhñay, "Análisis de la contaminación de gases de vehículos tipo L1 y L3, mediante el muestreo de emisiones para la determinación de niveles de contaminación en la ciudad de Loja," Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- [7] O. T. de Energía, "Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica." p. 80, 2012.
- [8] Icx and A. Asarta Peñuelas, "El coche eléctrico en Alemania," *Endesaeduca*. p. 32, 2019.
- [9] United Nations Environment, "Electric Mobility in Latin America," p. 42, 2018.
- [10] Aeade, "Anuario 2018." p. 55, 2018.
- [11] L. A. Quizhpe Conde, "Diseño eléctrico de un sistema de recarga rápida (electrolinera) para baterías de vehículos eléctricos," Universidad Nacional de Loja, 2018.
- [12] Á. Iniesta López, "Vehículo eléctrico: ¿Una opción de futuro en los sistemas eléctricos?," 2015.
- [13] J. M. A. Van Dijck, K., "Guía del Vehículo Eléctrico," *Fund. la Energía la Comunidad Madrid. Conserjería Econ. y Hacienda la Comunidad Madrid, Espana.*, p. 232, 2009.

- [14] R. D. Guanín Sánchez, “Movilidad urbana: autos eléctricos en Ecuador,” Quito, 2017.
- [15] J. Sedano, M. Portal, A. Hernández-Arauzo, J. R. Villar, J. Puente, and R. Varela, “Sistema inteligente de recarga de vehículos eléctricos: diseño y operación,” *Dyna*, vol. 88, no. 6, pp. 644–651, 2013.
- [16] D. Arias Pérez, “Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos,” 2015.
- [17] A. Valenzuela, I. Montalvo, and C. Barrera-Singana, “Electrical vehicle: Facing future challenges in Quito,” in *2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America)*, Sep. 2017, vol. 2017-Janua, pp. 1–6, doi: 10.1109/ISGT-LA.2017.8126694.
- [18] P. Frias and J. Roman, “Vehículo eléctrico: situación actual y perspectivas a futuro,” *2014*, pp. 11–20.
- [19] J. G. Vélez Sánchez, “Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador,” Universidad de Cuenca, 2017.
- [20] M. A. Martínez Escudero, “Propulsión en vehículos eléctricos,” Universidad de Valladolid, 2017.
- [21] M. García Ruíz, “Pasado, Presente y futuro de vehículos eléctricos,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2015.
- [22] R. Velázquez Sánchez, H. G. Sarmiento Uruchurtu, J. L. Silva Farías, G. Vidrio López, and R. Nieva Gómez, “Boletín IIE,” *Boletín IIE*, vol. 31, no. figura 1, pp. 58–65, 2011.
- [23] E. M. Garcia Torres, B. D. Benalcazar Lopez, and I. M. Idi Amin, “Analysis of the Voltage Profile by the Insertion of Electric Vehicles in the Distribution Network Considering Response to Demand,” *2017 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 7–13, 2017, doi: 10.1109/INCISCOS.2017.26.
- [24] P. Pérez Fernández, “Descripción e infraestructura de una microrred para un entorno residencial,” Universidad de Valladolid, 2017.
- [25] E. M. Garcia Torres, “Gestión Energética en Micro-Redes basado en la Optima Respuesta de la Demanda por Precio Real de la Energía Energy Management in Micro Grids based on the Optima Demand Response by Real Price of Energy,” 2019.
- [26] V. E. Caquilpan Parra, “Estimación de la demanda eléctrica y potencial energético de recursos renovables para el diseño de micro-redes en comunidades rurales», Universidad de Chile, 2016.,” Universidad de Chile, 2016.
- [27] E. M. Garcia Torres and I. A. Isaac Millan, “Energy Management in Micro Grids Based on the Optima Demand Response by Real Price of Energy,” *Proc. - 2019 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci. INCISCOS 2019*, pp. 124–130, 2019, doi: 10.1109/INCISCOS49368.2019.00028.
- [28] Á. Martín Montero, “Diseño, desarrollo y construcción de una

- micro-red de 5kva con cargas dinámicas y desequilibrios programables. Parte II: Accionamiento dinámico regulable y red de distribución,” *Zaguan.Unizar.Es*, p. 157, 2016.
- [29] J. F. Meza Cartagena and E. M. Garcia Torres, “Asignación de recursos para la recarga de vehículos eléctricos en estaciones de servicios basado en la respuesta a la demanda,” *I+D Tecnológico*, vol. 14, no. 2, pp. 66–73, 2018, doi: 10.33412/idt.v14.2.2075.
- [30] A. Núñez Jiménez, “Despachos económicos,” pp. 1–12, 2013.
- [31] F. Cadahía Paz, “Diseño de una microrred eléctrica aislada para su implantación en la comuna de Nikki,” *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Petroleos*, 2013.
- [32] C. F. Guamán Sánchez, “Diseño De Una Microrred Basada En Renovables Para Suministrar Electricidad a Un Área De Concesión De La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur,” 2017.
- [33] E. M. Garcia Torres, A. Águila, I. Isaac, J. W. González, and G. López, “Analysis of Voltage Profile to determine Energy Demand using Monte Carlo algorithms and Markov Chains (MCMC),” *Power Eng. Conf. (UPEC), 2016 51st Int. Univ.*, no. Mcmc, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1109/UPEC.2016.8114092.
- [34] J. Pallise, “Evolución y tendencias de los vehículos eléctricos y las infraestructuras de recarga,” *Circuitos*, pp. 16–21, 2012.
- [35] H. P. Barros Guiracocha and L. A. Ortega Ortega, “Análisis y Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Cuenca,” *Universidad Politécnica Salesiana*, 2018.
- [36] ORBIS, “Manual de introducción para la recarga de vehículos eléctricos,” p. 23, 2018.
- [37] C. P. Catalan Palma, “Prefactibilidad de instalación de electrolineras con fuente mixta de energía entre el sistema eléctrico y energía renovable,” *Universidad Técnica Federico Santa María*, 2017.
- [38] Aenor, “UNE-EN 61851-1.” 2012.
- [39] J. M. Salmerón Ozores, “Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera,” *Universidad Carlos III de Madrid*, 2012.
- [40] D. Barberá Santos, “Introducción a la Energía Fotovoltaica.” pp. 1–20, 2014.
- [41] P. Dev/Giz, “Instalacion de un Sistema Fotovoltaico Domiciliario,” *Sensico*, vol. 1. p. 48, 2013.
- [42] G. R. Jáuregui Méndez and E. M. García Torres, “Programación de recursos para una óptima respuesta a la demanda por la penetración de energía renovable en micro-redes,” *Universidad Politecnica Salesiana*, 2018.
- [43] J. I. Alonso Montes *et al.*, *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, 2002.
- [44] M. A. Abella, “Dimensionado de sistemas fotovoltaicos,” 2017.
- [45] S. L. Pinales Vásquez, K. A. Vallejo Lozano, and J. Montealegre, “Dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de generación distribuida conectada a red para autoconsumo en un edificio de la administración pública en la Provincia del

- Guayas y análisis de viabilidad técnica y económica,” no. 1, p. 9, 2015.
- [46] J. R. Flores Hernández, “Grandes Bancos De Baterías.” p. 47, 2012.
- [47] M. Garcia, Torres, Edwin and I. Isaac, “Demand response systems for integrating energy storage batteries for residential users,” 2016.
- [48] J. Guzmán Ruiz, “Pilas y baterías ecológicas, una alternativa para la reducción de contaminantes,” Instituto Politécnico Nacional, 2011.
- [49] M. O. Guanoluisa Taco and D. C. Pazmiño Estrella, “Cargador de baterías de plomo-ácido de 48 voltios,” Escuela Politecnica Nacional, 2008.
- [50] Vertiv, “Soluciones de mantenimiento de baterías en instalaciones críticas,” *Vertiv*. Estados Unidos de América, p. 45, 2017.
- [51] E. M. Garcia Torres, I. Amin, I. Millan, J. Gonzales, and G. Lopez, “Efficient scheme model for electric power tariffs with distributed generation , based on demand response,” 2019.
- [52] Conermex, “Inversores-Cargadores de Onda Senoidal modificada Conermex Serie SM.” p. 22, 2010.
- [53] E. M. GARCIA TORRES, “Estimated cost of electricity with time horizon for micro grids based on the policy response of demand for real price of energy,” *Enfoque UTE*, vol. 11, no. 1, pp. 41–55, 2020, doi: 10.29019/enfoque.v11n1.579.
- [54] M. Vergara, “Tecnología de Baterías,” *Univ. Técnica Federico St. María*, pp. 1–2, 2016.
- [55] J. L. Cavasassi, “Que es una batería de ciclo profundo,” vol. 1340, p. 4, 2017.
- [56] L. Sanz Perdiguero, “Sistema de gestión de la energía en una planta de amoníaco,” p. 207, 2017.
- [57] V. Vergara and E. M. Garcia Torres, “Óptima gestión de la demanda para estaciones de recarga de vehiculos eléctricos en Micro-Redes Inteligentes,” Universidad Politecnica Salesiana, 2017.
- [58] B. Benalcazar and E. M. Garcia Torres, “Óptima Respuesta a La Demanda Para Estaciones De Carga De Vehículos Eléctricos Con Alta Incertidumbre Considerando El Perfil De Voltaje En La Red De Distribución,” Universidad Politecnica Salesiana, 2017.
- [59] E. M. Garcia Torres 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.
- [60] Prías Omar; Campos Juan; Rojas David, *Implementación de un sistema de gestión de calidad con base en la norma ISO 9001:2015*. 2018.
- [61] 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.

- [62] A. Del Rosso and G. Andrés, “Análisis de respuesta a la demanda para mejorar la eficiencia de sistemas eléctricos.” p. 51, 2009.
- [63] E. M. Garcia Torres and I. Isaac, “Multi-objective optimization for the management of the response to the electrical demand in commercial users,” *INCISCOS 2017 - Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 14–20, 2017, doi: 10.1109/INCISCOS.2017.25.
- [64] G. Guerrón, E. M. Garcia Torres, and A. Montero, “Influencia de las ráfagas de viento en la calidad de la energía de los parques eólicos ( Influence of wind gusts in power quality on wind farms ),” *Enfoque UTE*, pp. 25–44, 2014.
- [65] D. Treballe, F. Garcia, M. Gaudó, J. M. Galán, P. Linares, and A. Conchado, “Gestión de la Demanda Eléctrica,” *An. Mecánica Y Electr.*, pp. 26–32, 2013.
- [66] JONATHAN DAVID CAMPOVERDE GANCHALA and E. M. García Torres, “Gestión de la demanda eléctrica mediante modelos bipartitos para una óptima respuesta a la demanda en usuarios residenciales,” 2020.
- [67] D. Carrión, E. M. Garcia Torres, J. W. González, I. Issac, G. J. López, and R. Hincapié, “Método Heurístico de Ubicación Óptima de Centros de Transformación y Enrutamiento de Redes Eléctricas de Distribución,” *Rev. Técnica “energía,”* vol. 13, pp. 90–96, 2017.
- [68] P. Baratto, “Implementación de un programa de respuesta de la demanda de energía eléctrica en un mercado de clientes no regulados en Colombia,” *Rev. la Maest. en Derecho Económico*, vol. 6, no. 6, pp. 259–292, 2013.
- [69] Ices, “Sistemas de gestión de respuesta a la demanda eléctrica ( VPP ) en Australia,” pp. 1–11, 2019.
- [70] P. Moreno and E. M. Garcia Torres, “Respuesta a la Demanda para Smart Home Utilizando Procesos Estocásticos,” *I+D Tecnológico*, vol. 12, 2016.
- [71] W. M. Viñán Robalino and E. M. García Torres, “Review of Electricity Markets for Smart Nano-Grids,” *Ing. Y Compet.*, vol. 21, no. 2, pp. 1–9, 2019, doi: 10.25100/iyc.v21i2.7462.
- [72] D. Jarrín and E. M. Garcia Torres, “Gestión energética para una óptima respuesta a la demanda en micro redes inteligentes,” Universidad Politecnica Salesiana, 2017.
- [73] 2014, Ed., *NFPA 70*, vol. 114, no. 1. NEC ROP, 2014.
- [74] L. L. Grigsby, *Electric power generation, transmission, and distribution*, Third., no. October 2013. 2019.
- [75] B. Atkinson, R. Lovegrove, and G. Gundry, *Electrical installation desing*, Fourth. 2001.

## 7.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 20. Matriz de estado del arte

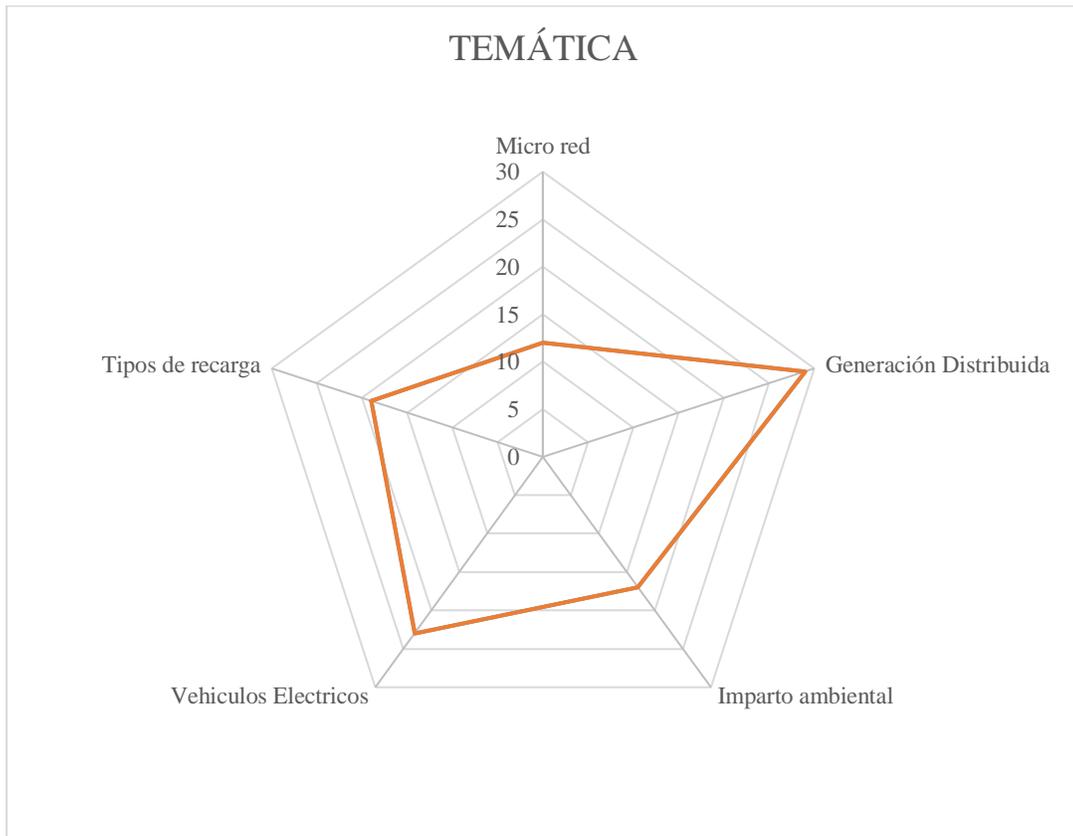
DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO-RED TIPO ESTACIÓN DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CONECTADOS AL SISTEMA ELÉCTRICO																						
ITEM	AÑO	TITULO DEL ARTÍCULO	CITAS	TEMÁTICA					FORMULACION DEL PROBLEMA				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN			SOLUCIÓN PROPUESTA			
				Micro-red	Generación Distribuida	Impartio ambiental	Vehiculos Eléctricos	Tipos de recarga	Estimación de cargas	Procesos matemáticos	Elección del tipo de cargador	Parámetros de diseño	Elementos comerciales	Protecciones del sistema	Características del diseño	Cálculo de características eléctricas	Algoritmos de solución	Formulación matemática	Dimensionamiento de protecciones	Diseño de estación de recarga	Optimización la potencia de carga	Elección de equipos óptimos
1	2014	Caracterización De Un Motor De Combustión Interna Con Dos Tipos De Combustible	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2014	El auto eléctrico, una solución apremiante	2	<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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2016	Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fósiles en el Ecuador	0	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	2018	Movilidad motorizada, impacto ambiental, alternativas y perspectivas futuras: consideraciones para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2016	Estudio de Factibilidad para la Implementación de Medios de Transporte Eléctricos en el Centro Histórico de Quito	1	<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 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"/>
6	2018	Análisis de la contaminación de gases de vehículos tipo L1 y L3, mediante el muestreo de emisiones para la determinación de niveles de contaminación en la ciudad de Loja	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
7	2012	Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica	8	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>
8	2019	El coche eléctrico en Alemania	0	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	2018	Electric Mobility in Latin America	0	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10	2018	Anuario 2018	0	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	2018	Diseño eléctrico de un sistema de recarga rápida (electrolinera) para baterías de vehículos eléctricos	0	<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"/>
12	2009	Guía del Vehículo Eléctrico.	5	<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 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	2013	Sistema inteligente de recarga de vehículos eléctricos: diseño y operación	4	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	2015	Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos	0	<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 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 type="checkbox"/>
15	2017	Electrical vehicle: Facing future challenges in Quito	11	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>
16	2014	Vehículo eléctrico: situación actual y perspectivas a futuro	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	2017	Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y el Ecuador	8	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	2017	Propulsión en vehículos eléctricos	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	2017	Descripción e infraestructura de una microrred para un entorno residencial	1	<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 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	2015	Pasado, Presente y futuro de vehículos eléctricos	2	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	2016	Estimación de la demanda eléctrica y potencial energético de recursos renovables para el diseño de micro-redes en comunidades rurales», Universidad de Chile, 2016.	3	<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 type="checkbox"/>	<input 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	2016	Diseño, desarrollo y construcción de una micro-red de 5kVA con cargas dinámicas y desequilibrios programables. Parte II: Accionamiento dinámico regulable y red de distribución	0	<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 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"/>
23	2013	Despachos económicos	0	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	2013	Diseño de una microrred eléctrica aislada para su implantación en la comuna de Nikki	0	<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 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"/>
25	2017	Diseño De Una Microrred Basada En Renovables Para Suministrar Electricidad a Un Área De Concesión De La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur	1	<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 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 checked="" type="checkbox"/>
26	2012	Evolución y tendencias de los vehículos eléctricos y las infraestructuras de recarga	0	<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 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 checked="" type="checkbox"/>
27	2018	Análisis y Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Cuenca.	1	<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 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	Manual de introducción para la recarga de vehículos eléctricos	0	<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 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 type="checkbox"/>
29	2017	Prefactibilidad de instalación de electrolineras con fuente mixta de energía entre el sistema eléctrico y energía renovable.	0	<input checked="" type="checkbox"/>																	
30	2012	Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera	10	<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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	2013	Instalación de un Sistema Fotovoltaico Domiciliario	0	<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 type="checkbox"/>	<input checked="" 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"/>
32	2014	Introducción a la Energía Fotovoltaica	2	<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 type="checkbox"/>	<input checked="" 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"/>

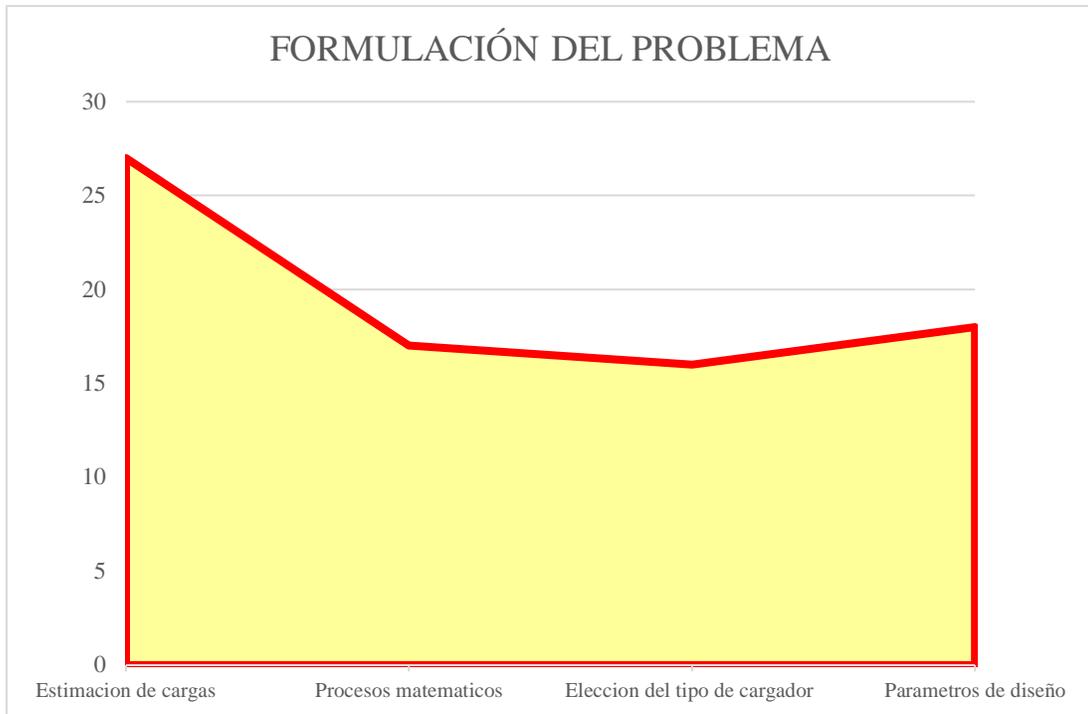
33	2002	Energía Solar Fotovoltaica	68	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	2015	Dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de generación distribuida conectada a red para autoconsumo en un edificio de la administración pública en la Provincia del Guayas y análisis de viabilidad técnica y económica	0	<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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	2012	Grandes Bancos De Baterías	0	<input type="checkbox"/>	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>	
36	2008	Cargador de baterías de plomo-ácido de 48 voltios	0	<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 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"/>	
37	2017	Soluciones de mantenimiento de baterías en instalaciones críticas	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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 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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38	2010	Inversores-Cargadores de Onda Senoidal modificada Conermex Serie SM	0	<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 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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	2016	Tecnología de Baterías	8	<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 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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40	2009	Análisis de respuesta a la demanda para mejorar la eficiencia de sistemas eléctricos	5	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
41	2013	Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42	2013	Gestión de la Demanda Eléctrica	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43	2019	Sistemas de gestión de respuesta a la demanda eléctrica (VPP) en Australia	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44	2013	Implementación de un programa de respuesta de la demanda de energía eléctrica en un mercado de clientes no regulados en Colombia	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45	2015	Vehículo eléctrico: ¿Una opción de futuro en los sistemas eléctricos?	0	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46	2017	Movilidad urbana: autos eléctricos en Ecuador	0	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47	2017	Dimensionado de sistemas fotovoltaicos	13	<input 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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	2011	Pilas y baterías ecológicas, una alternativa para la reducción de contaminantes	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
49	2017	Que es una batería de ciclo profundo	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50	2018	Implementación de un sistema de gestión de calidad con base en la norma ISO 9001:2015	0	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51	2001	Electrical installation desing	17	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52	2013	Electric power generation, transmission, and distribution	46	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

53	2011	Boletín IIE	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	
54	2012	UNE-EN 61851-1.	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
55	2014	NFPA 70	12	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CANTIDAD:				13	31	19	25	22	28	18	19	21	7	15	16	18	10	13	16	12	16	27

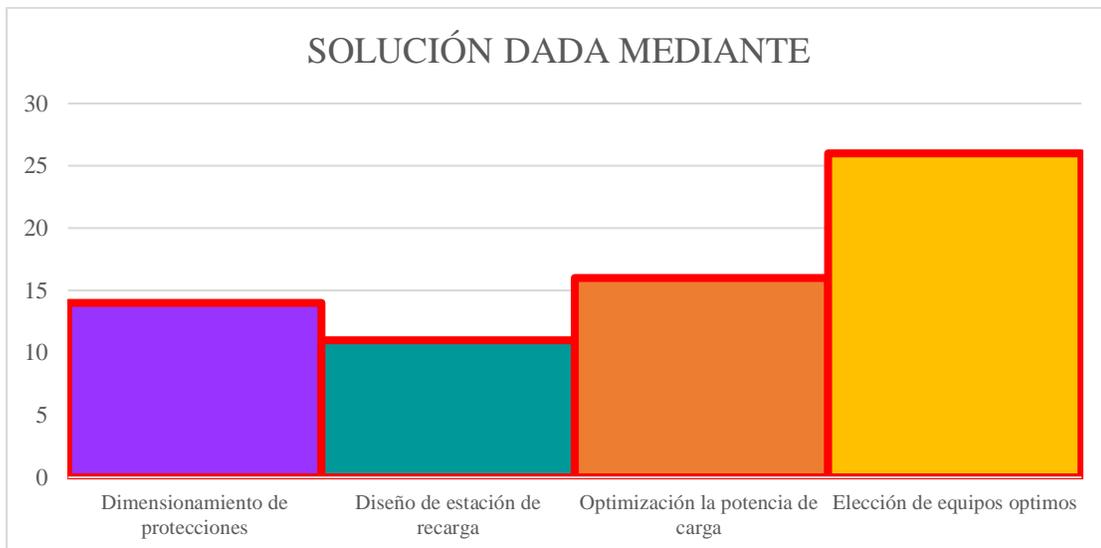
## 7.2 Resumen de Indicadores



**Figura 32.** Resumen e indicador de la temática - Estado del arte



**Figura 33.** Indicador de formulación del problema - Estado del arte



**Figura 34.** Indicador de solución - Estado del arte

# 8 ANEXOS

## 8.1 Anexo 1

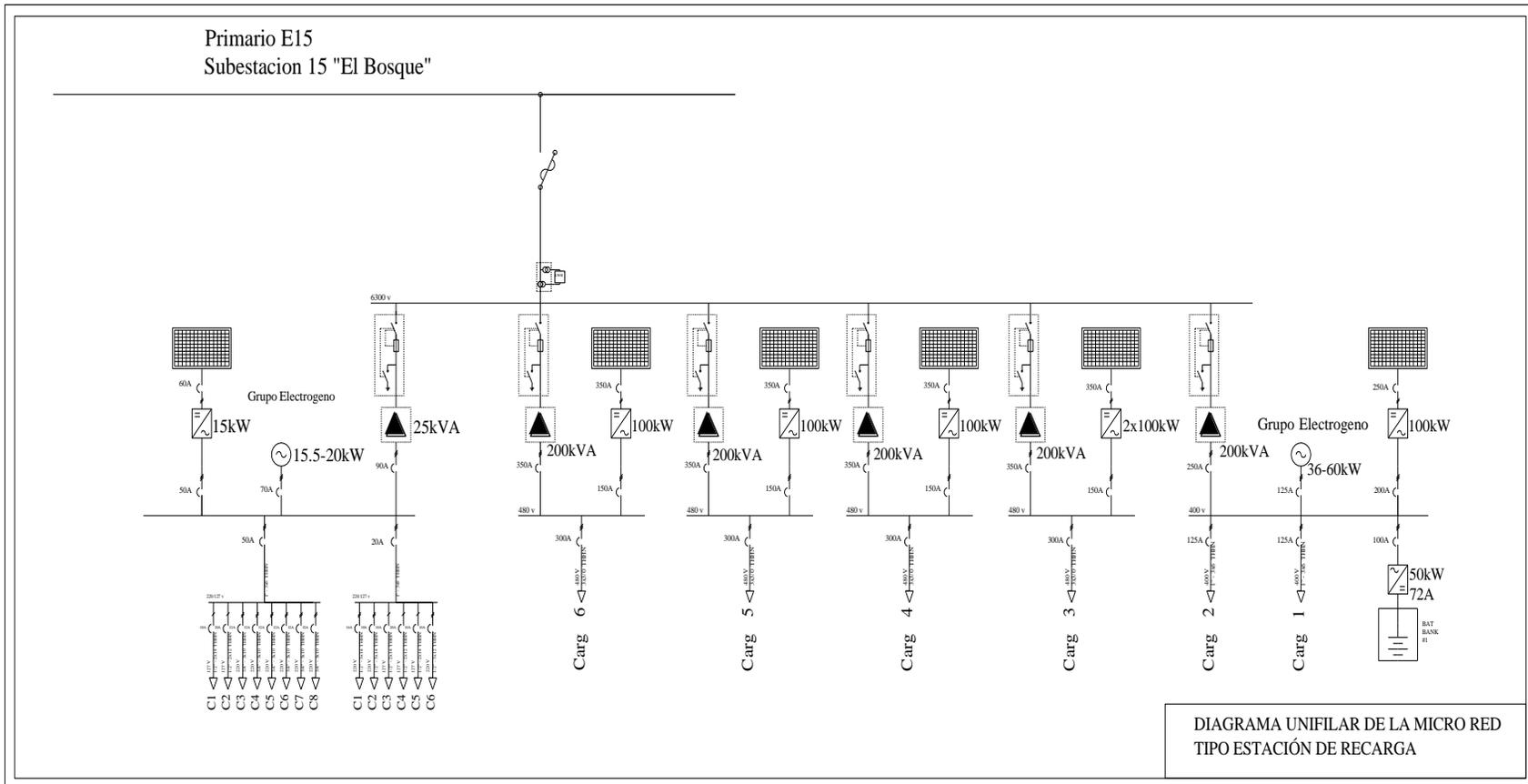


Figura 35. Propuesta de diseño de la Micro-red tipo estación de recarga.

8.2 Anexo 2

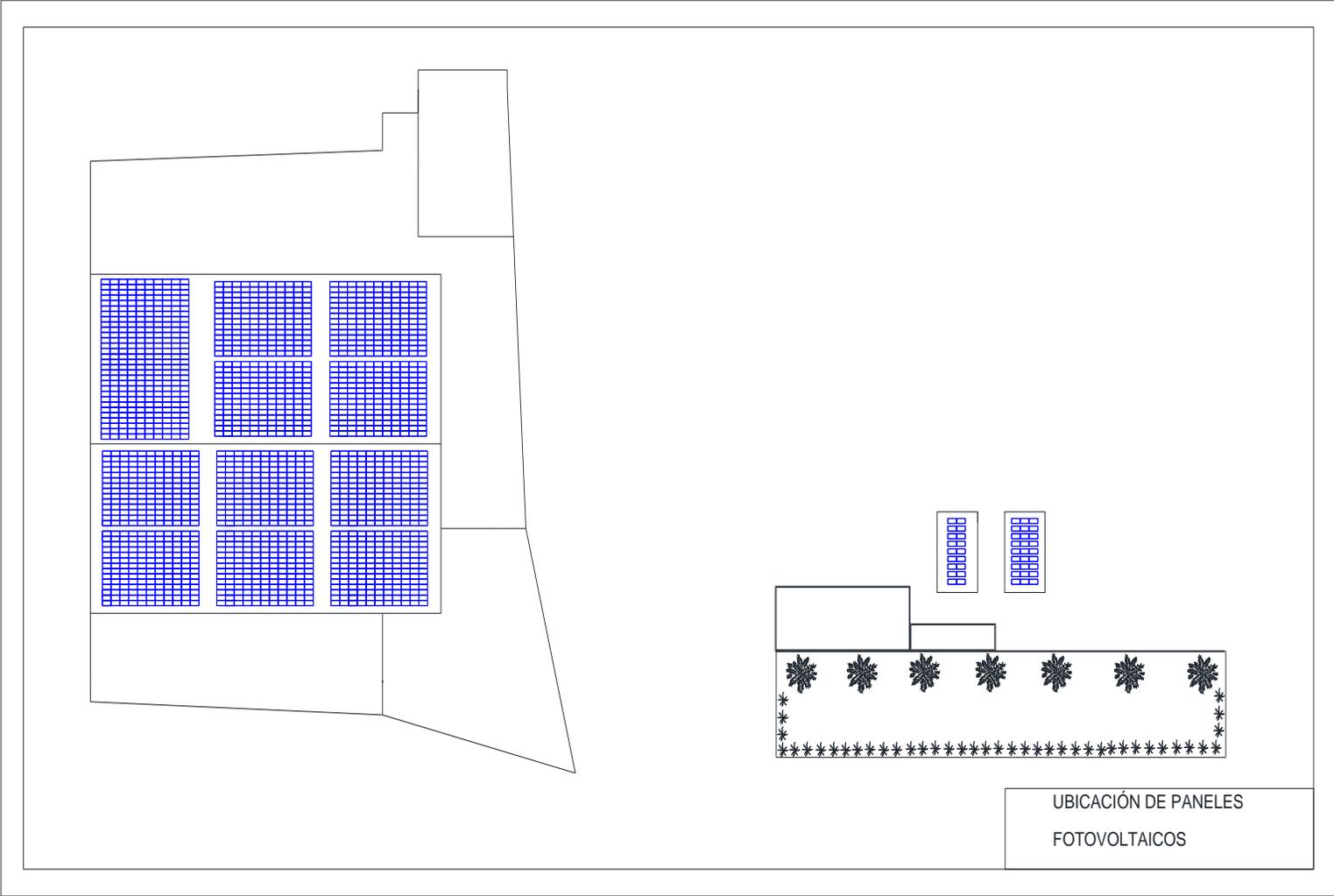


Figura 36. Ubicación de paneles fotovoltaicos.

### 8.3 Anexo 3

Tabla 21. Despacho de generación en modo aislado para invierno.

Hora	Servicios Adicionales	Cargador Rápidos	Cargador Ultra Rápidos	Demanda [kW]	FV	Batería	Electrógeno	Generación Total [kW]	Generación Máxima [kW]	Reserva [kW]
0	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
1	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
2	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
3	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
4	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
5	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
6	1	2	0	125	12.28	50	62.72	125.00	142.28	17.28
7	1	1	1	245	126.25	50	68.75	245.00	256.25	11.25
8	1	0	2	365	280.72	48.28	36.00	365.00	410.72	45.72
9	1	0	3	540	411.13	50	78.87	540.00	541.13	1.13
10	1	1	3	595	495.31	50	49.69	595.00	625.31	30.31
11	1	2	3	650	524.30	50	75.70	650.00	654.30	4.30
12	1	1	3	595	503.91	50	41.09	595.00	633.91	38.91
13	1	0	3	540	445.19	50	44.81	540.00	575.19	35.19
14	1	2	2	475	354.44	50	70.56	475.00	484.44	9.44
15	1	0	2	365	247.35	50	67.65	365.00	377.35	12.35
16	1	1	1	245	139.23	50	55.77	245.00	269.23	24.23
17	1	2	0	125	41.57	47.43	36.00	125.00	171.57	46.57
18	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
19	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
20	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
21	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
22	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
23	1	2	0	125	0	50	75.00	125.00	130.00	5.00

Tabla 22. Despacho de generación en modo aislado para verano.

Hora	Servicios Adicionales	Cargador Rápidos	Cargador Ultra Rápidos	Demanda [kW]	FV	Batería	Electrógeno	Generación Total [kW]	Generación Máxima [kW]	Reserva [kW]
0	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
1	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
2	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
3	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
4	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
5	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
6	1	2	0	125	20.77	50	54.23	125.00	150.77	25.77
7	1	1	1	245	168.33	40.67	36.00	245.00	298.33	53.33
8	1	1	2	420	333.84	50	36.16	420.00	463.84	43.84
9	1	1	3	595	474.73	50	70.27	595.00	604.73	9.73
10	1	2	3	650	568.30	45.69	36.00	650.00	698.30	48.30
11	1	0	4	715	615.00	50	50.00	715.00	745.00	30.00
12	1	0	4	715	610.57	50	54.43	715.00	740.57	25.57
13	1	2	3	650	565.15	48.85	36.00	650.00	695.15	45.15
14	1	1	3	595	480.56	50	64.44	595.00	610.56	15.56
15	1	2	2	475	363.10	50	61.90	475.00	493.10	18.10
16	1	2	1	300	222.81	41.19	36.00	300.00	352.81	52.81
17	1	0	1	190	72.84	50	67.16	190.00	202.84	12.84
18	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
19	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
20	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
21	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
22	1	2	0	125	0.00	50	75.00	125.00	130.00	5.00
23	1	2	0	125	0	50	75.00	125.00	130.00	5.00