

UCUENCA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Electricidad mención Redes Eléctricas Inteligentes

**“GESTIÓN DE LA DEMANDA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, EN
FUNCIÓN DEL PERFIL DE VOLTAJE DE LA RED.”**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Magíster
en Electricidad mención Redes
Eléctricas Inteligentes.

Autor:

Ing. Galo Javier Cabrera Cobos

CI:0301554234

Correo electrónico: galocabrera@gmail.com

Director:

Patricio Alcides Astudillo Salinas, MSc.

CI: 1400588628

Cuenca, Ecuador

22-septiembre-2022

Resumen

En las condiciones actuales, la implantación masiva de vehículos eléctricos no debería poner en riesgo la calidad del servicio eléctrico de las Empresas Distribuidoras de Energía.

Del análisis del perfil de voltaje en la red de Distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur se ha verificado que el perfil de voltaje de las redes secundarias varían en forma inversamente proporcional a la carga de la red, sin que esto signifique un incumplimiento de calidad del producto, es decir son variaciones dentro de la banda considerada como aceptable ($\pm 8\%$).

En este contexto, la presente propuesta plantea una solución que disminuiría el impacto en la calidad del suministro, a través de un modelo que gestionará la demanda del VE en forma autónoma, procesando señales de entrada (perfil de voltaje secundario) y entregando señales de control para variar la potencia entregada al VE.

La propuesta contempla la investigación, desarrollo y simulación mediante software (Open DSS) de dicho modelo y realizar un caso de estudio mediante la extrapolación de la masificación de esta aplicación sobre una red eléctrica.

Palabras Clave: Vehículos eléctricos. Gestión de la demanda. OpenDSS. Simulación de redes de bajo voltaje.

Abstract

Global warming and climate change were generated, among other causes, by using vehicles for transportation using fossil fuels, which emit large amounts of toxic greenhouse gases, and are leading to their replacement by electric cars. In Ecuador, under current conditions, the massive implementation of electric vehicles should not jeopardize the quality of electric service of the Energy Distribution Companies. From the analysis of the voltage profile in the distribution network of Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, it has been verified that the voltage profile in the secondary networks varied inversely proportional to the network load, without this meaning a breach of product quality since they are variations within the band considered acceptable ($\pm 8\%$). In this context, this proposal proposed a solution that would reduce the impact on supply quality through a model that will manage the EV demand autonomously, processing input signals (secondary voltage profile) and delivering control signals to vary the EV's power. The proposal contemplated the research, development, and simulation through software (Open DSS) of such a model. It performed a case study by extrapolating the massification of this application on an electrical grid.

Key Words: Electric vehicles. Demand management. Open DSS. Low voltage grid simulation.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
AGRADECIMIENTOS:	12
DEDICATORIA:	13
1 CAPÍTULO I	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 OBJETIVO	14
1.2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 ALCANCE.....	16
1.5 ANTECEDENTES	16
1.6 PROBLEMÁTICA	16
2 CAPÍTULO II	19
2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN VEHICULO ELÉCTRICO	19

2.2	TIPOS DE VEHICULOS ELECTRICOS	19
2.2.1	BEV (Battery Electric Vehicle).....	19
2.2.2	HEV (Hybrid Electric Vehicle)	20
2.2.3	PHEV (Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables):	21
2.3	MODOS DE CARGA IEC 61851-1	21
2.3.1	MODO DE CARGA 1: CON CORRIENTE ALTERNA.....	22
2.3.2	MODO DE CARGA 2: CON CORRIENTE ALTERNA	23
2.3.3	MODO DE CARGA 3: CON CORRIENTE ALTERNA.....	23
2.3.4	MODO DE CARGA 4: CON CORRIENTE CONTINUA.....	24
2.4	TIPOS DE CONECTORES.....	25
2.4.1	CONECTOR SCHUKO (TIPO F)	25
2.4.2	CONECTOR SAE J1772 (TIPO 1).....	26
2.4.3	CONECTOR MENNEKES O IEC 62192 (TIPO 2).....	26
2.4.4	CONECTOR CHAdeMo.....	27
2.4.5	CONECTOR ÚNICO COMBINADO O CCS.....	27
2.4.6	CONECTOR SCAME (TIPO 3)	28
2.5	RECARGA INTELIGENTE DE VEHICULOS ELECTRICOS	29
2.5.1	TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V1G.....	29
2.5.2	TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V2G CARGA BIDIRECCIONAL.....	31
2.5.3	TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V2H y V2B CARGA BIDIRECCIONAL	
	32	
3	CAPÍTULO III	34
3.1	Modelación de red de distribución piloto en OPENDSS.....	35

3.1.1	OPENDSS (Open Distribution System Simulator)	35
3.1.2	Modelación de elementos de la red piloto.	36
3.2	Caracterización de la carga en función del tipo de consumo.	38
3.3	Caracterización del perfil de carga del vehículo.	40
4	CAPÍTULO IV	45
4.1	ALGORITMO DE SIMULACIÓN	45
4.2	ESCENARIOS DE SIMULACIÓN	46
4.3	RESPUESTA DEL NIVEL DE VOLTAJE EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA (CASO BASE).	47
4.4	SIMULACION DE ESCENARIOS CON INSERCIÓN DE VEHICULOS ELECTRICOS SIN GESTIÓN DE DEMANDA.	50
4.5	INTEGRACIÓN DEL ALGORITMO DE GESTIÓN EN EL MODELO DE SIMULACION.	54
4.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES Y NIVELES DE PENETRACIÓN.	62
4.7	ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS	63
4.8	EXTRAPOLACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	65
4.9	ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS.	67
5	CAPÍTULO V	69
5.1	CONCLUSIONES	69
5.2	RECOMENDACIONES	70
6	CAPÍTULO VI	71
6.1	BIBLIOGRAFÍA	71

7 ANEXOS	73
----------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de tecnología de recarga de VE.....	17
Figura 1.2 Esquema de operación de la tecnología V2G: Cenex 2017	18
Figura 2.1 BEV (Battery Electric Vehicle)	20
Figura 2.2 Vehículo Eléctrico Híbrido	20
Figura 2.3 Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables.....	21
Figura 2.4. MODO DE CARGA 1, Fuente: www.lugenergy.com	22
Figura 2.5. MODO DE CARGA 2, Fuente: www.lugenergy.com	23
Figura 2.6. MODO DE CARGA 3,Fuente: www.lugenergy.com	24
Figura 2.7. MODO DE CARGA 4, Fuente: www.lugenergy.com	25
Figura 2.8. CONECTOR SCHUKO ,Fuente : walbox.eu	26
Figura 2.9. CONECTOR SAE J1772 ,Fuente : walbox.eu	26
Figura 2.10. CONECTOR MENNEKES O IEC 62192 ,Fuente: efimob.com	27
Figura 2.11. CONECTOR CHAdeMo,Fuente: wallbox.eu	27
Figura 2.12. CONECTOR ÚNICO COMBINADO O CCS,Fuente: wallbox.eu	28
Figura 2.13. CONECTOR SCAME (TIPO 3),Fuente: revistacentrozaragoza.com	29
Figura 2.14. TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V1G,Fuente: https://www.ffe.de	30
Figura 2.15, TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V2G ,Fuente: https://www.ffe.de	31
Figura 2.16. Tecnología de integración V2H y V2B Fuente: https://www.ffe.de	33
Figura 3.1. Caída de voltaje. Fuente: https://www.ffe.de	34
Figura 3.2. Programa OpenDSS. Fuente www.epri.com	35
Figura 3.3. Sistema de Distribución analizado	38
Figura 3.4. Perfiles unitarios de carga residenciales	39
Figura 3.5. Perfiles unitarios de cargas comerciales.	39
Figura 3.6. Perfil de P y Q medido del transformador.	40

Figura 3.7. Esquema de conexión del equipo de calidad en los tres vehículos	42
Figura 3.8. Instalación y pruebas de vehículo eléctricos.....	43
Figura 3.9. Perfil de Potencia de los tres vehículos medidos.	44
Figura 3.10. Perfil característico del vehículo eléctrico.	44
Figura 4.1. Diagrama de flujo de algoritmo.	46
Figura 4.2. Interface en Excel para las simulaciones.	46
Figura 4.3. Perfiles de voltaje en cada barra.....	47
Figura 4.4. Dispersión de caídas máximas de voltaje en cada barra	48
Figura 4.5. Voltaje vs Demanda	49
Figura 4.6. Perfiles de potencia en el transformador para los 5 escenarios.....	51
Figura 4.7. Grafica de dispersión de niveles mínimos de voltaje escenario 1.....	52
Figura 4.8. Perfiles de potencia en el transformador para los 5 escenarios.....	53
Figura 4.9. Grafica de dispersión de niveles mínimos de voltaje escenario 3.....	54
Figura 4.10. Algoritmo de gestión de demanda.	55
Figura 4.11. Perfil de caída de Voltaje.	56
Figura 4.12. Capacidad unitaria disponible.	57
Figura 4.13. Perfil de carga del vehículo con algoritmo de gestión.	57
Figura 4.14. Perfiles de potencia en el transformador para los 5 escenarios.....	58
Figura 4.15. Grafica de dispersión de niveles mínimos de voltaje escenario 2.....	60
Figura 4.16. Perfil de potencia en el transformador	61
Figura 4.17. Dispersión de niveles de voltaje mínimos.....	61
Figura 4.18. Grafica de pérdidas en el sistema sin gestión de la demanda	64
Figura 4.19. Grafica de pérdidas en el sistema con gestión de la demanda	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características técnicas de los vehículos medidos	41
Tabla 3.2. Potencias registradas de los vehículos.....	43

Tabla 4.1. Líneas con cargabilidad en el caso base	49
Tabla 4.2. Número de vehículos insertados para cada escenario	50
Tabla 4.3. Cargabilidad de las líneas	51
Tabla 4.4. Número de vehículos insertados para cada escenario	52
Tabla 4.5. Cumplimiento de los tres criterios para el escenario 3 (7% de penetración)	54
Tabla 4.6. Número de vehículos insertados para cada escenario	58
Tabla 4.7. Cargabilidad de las líneas	59
Tabla 4.8. Escenarios	60
Tabla 4.9. Cumplimiento de los tres criterios para el escenario 2 (17% de penetración)	62
Tabla 4.10. Resultado del cálculo de pérdidas	65

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Parametrizaciones en OPEN DSS	74
ANEXO 2. Datos de perfiles de carga de clientes	81
ANEXO 3. Datos de pruebas de los vehículos	89
ANEXO 4. Algoritmo para la simulación en macro de Microsoft Excel con conexión a Open DSS	91

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Galo Javier Cabrera Cobos en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "GESTIÓN DE LA DEMANDA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, EN FUNCIÓN DEL PERFIL DE VOLTAJE DE LA RED.", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de septiembre de 2022



Galo Javier Cabrera Cobos

C.I: 0301554234

Cláusula de Propiedad Intelectual

Galo Javier Cabrera Cobos, autor del trabajo de titulación "GESTIÓN DE LA DEMANDA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, EN FUNCIÓN DEL PERFIL DE VOLTAJE DE LA RED.", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de septiembre de 2022



Galo Javier Cabrera Cobos

C.I: 0301554234

AGRADECIMIENTOS:

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de esta tesis, especialmente al Director Ing Patricio Astudillo Mgs, al Jefe de Estudios Técnicos de la CENTROSUR Ing Sergio Zambrano Phd y a mi familia por el apoyo incondicional durante el curso de esta Maestría.

Ing. Galo Cabrera Cobos.

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a mi querida esposa y a mis adorados hijos.

Ing. Galo Cabrera Cobos.

1 CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el vehículo eléctrico está considerado como una política de los gobiernos para desarrollar un sistema de transporte sostenible y eficiente, que reducirá en forma importante el consumo de combustibles fósiles.

Por lo indicado y considerando un escenario de implantación masiva de Vehículos de este tipo en Ecuador, se prevén problemas en las redes de distribución de energía eléctrica principalmente en los niveles de voltaje y la capacidad del sistema, y que además incrementan las pérdidas técnicas al igual que los costos de operación y mantenimiento. La gestión de esta demanda permite reducir los problemas indicados al igual que los costos por reparación de la infraestructura generados por sobrecarga o fallas técnicas.

En este sentido, el presente trabajo de titulación desarrolla y ofrece una alternativa viable que puede ser de gran utilidad para disminuir este impacto y optimizar los recursos de las empresas distribuidoras de energía eléctrica del sector ecuatoriano.

1.2 OBJETIVO

Investigar, diseñar y simular la implantación de un algoritmo para el cargador del VE, capaz de gestionar la demanda del vehículo de manera autónoma, a fin de preservar la calidad de energía de la red.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar los perfiles de voltaje de sectores residenciales para comprender el

comportamiento del voltaje durante el día, su variación y como se puede procesar dicho perfil para diseñar un control de potencia para el cargador.

- Desarrollar un algoritmo en Open DSS para simular el funcionamiento del cargador que censará las variables eléctricas del punto común de conexión y gestionar la demanda del Vehículo Eléctrico conectado.
- Desarrollo y simulación mediante software (Open DSS) de un caso de estudio mediante la extrapolación de la masificación de esta aplicación sobre una red de bajo voltaje de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, evaluar perfiles de voltaje, pérdidas en las redes, tiempos de carga de los VE, eficiencias y efectividad de la aplicación del modelo.
- Aspectos legales y recomendaciones para el Contrato de Suministro del Servicio Eléctrico para Vehículos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En un posible escenario de implantación masiva, las empresas distribuidoras se verán en la necesidad de garantizar el servicio eléctrico a los consumidores, por lo que la gestión de demanda de los VE tomará gran importancia, ya que deberán cumplir con las regulaciones de Calidad del Servicio vigentes en el Ecuador.

El estudio se justifica por la necesidad de mantener la calidad del servicio eléctrico a los consumidores, considerando la realidad que el sistema eléctrico de distribución ecuatoriano, no evoluciona a la velocidad que se adoptan las nuevas tecnologías.

El reto del proyecto es desarrollar un modelo de gestión de la demanda, que reaccione en

función de las variaciones de voltaje de la red secundaria en el punto de conexión.

1.4 ALCANCE

El estudio contempla la investigación, diseño y simulación de un algoritmo en un sistema autónomo para gestionar la demanda del VE en función del perfil de voltaje de la red secundaria.

1.5 ANTECEDENTES

El transporte sostenible, mediante el uso de vehículos eléctricos (VE), forma parte de las estrategias de movilidad que los diferentes gobiernos están poniendo en práctica. Sin embargo, el uso del VE y su alto potencial de desarrollo supone la implementación de una adecuada infraestructura eléctrica [1].

Debido a que el hábito de recarga de los VEs es coincidente en cuanto a tiempo entre los consumidores, este resultará desfavorable para el normal funcionamiento de las redes eléctricas de las empresas distribuidoras [3]. Por esta razón, dichas empresas buscan la manera de gestionar eficazmente este tipo de demandas.

1.6 PROBLEMÁTICA

En general la demanda promedio per cápita para la cual se encuentran diseñadas las estaciones de transformación y redes de distribución en el medio ecuatoriano es inferior a la requerida para recargar el vehículo eléctrico. Por lo tanto, considerando los hábitos de consumo de los clientes, la capacidad de dichas redes será inferior a la necesaria para suplir la demanda actual más la de los VE. Debido a esto, se vuelve necesario que esta demanda sea gestionada, especialmente en los casos cuando se experimente disminución de la calidad de energía en la red [2], calidad que las Empresas Distribuidoras por ley están obligadas a conservar.

En el mercado actualmente existen básicamente tres tecnologías, V1G, V2G y V2H/B las

cuales se resumen en la figura 1 presentada por IRENA [4]

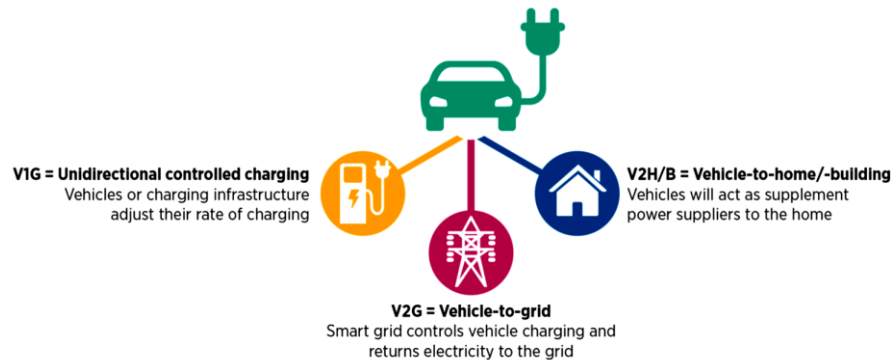


Figura 1.1 Tipos de tecnología de recarga de VE

La diferencia entre V1G unidireccional y V2G bidireccional radica en que en V1G la energía fluye en una sola dirección (de la red al vehículo) y se puede ajustar su tasa de carga hacia arriba y hacia abajo en comparación con la potencia normal de carga. En V2G, los vehículos eléctricos pueden cargar y descargar electricidad desde y hacia la red, respectivamente. [4], cabe indicar que V2G no es visto como una solución viable que se podrá implantar en el corto plazo, debido a que el costo de degradación de las baterías es mayor que la ganancia recibida por venta de energía, como lo manifestó JB Straubel asesor sénior de Tesla Motors. [5] y los Dres. Kotub Uddin y Matthieu Dubarry de la universidad de Warwick y del Hawaii Natural Energy Institute, respectivamente, publicado en ELSEVIER, el cual también indica que los ciclos extra de descarga de la batería pueden ser perjudiciales para su rendimiento y su vida útil [6].

Del vehículo a casa (V2H) o del vehículo a edificio (V2B), el VE se utiliza como fuente de alimentación de respaldo residencial durante períodos de cortes de energía o para aumentar el autoconsumo de energía producida en el sitio [4].

Esta propuesta se puede considerar como un aporte a las tecnologías existentes V1G y V2G, con este modelo cada cargador adquirirá la capacidad de actuar en forma autónoma en base a su propia realidad, es decir bajo las condiciones propias de cada red de bajo voltaje y de su

punto de conexión, de esta forma podrá coexistir armónicamente con cualquier tipo de red pública, sea o no Smart Grid, algo que no sucede actualmente con V1G y V2G que requieren de un centro de control que gestione sus demanda de manera remota o de una configuración preestablecida por el usuario, como se muestra en la Figura 1.2.

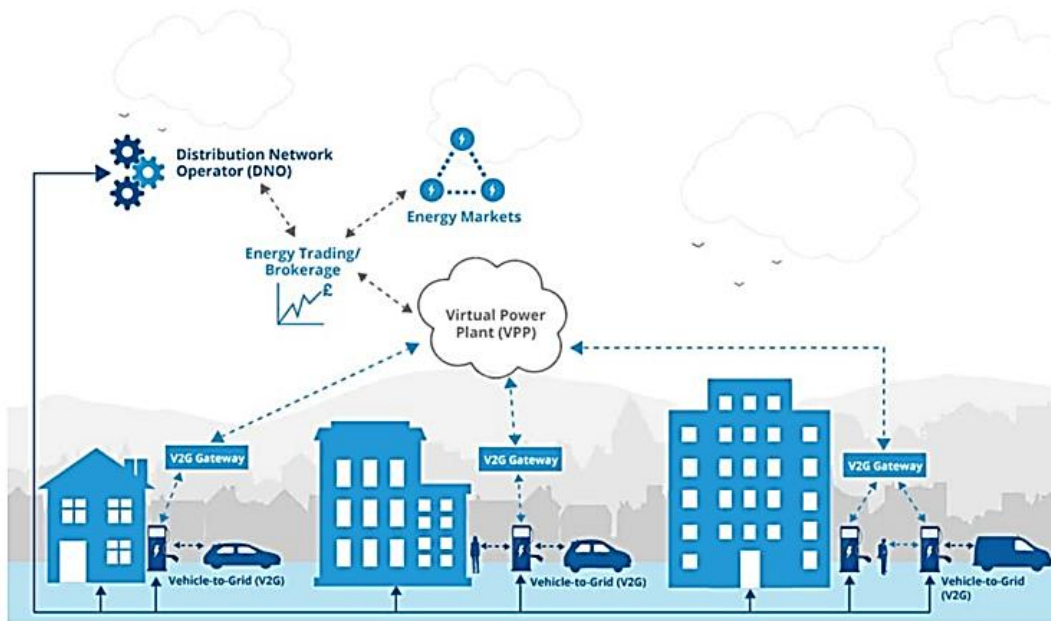


Figura 1.2 Esquema de operación de la tecnología V2G: Cenex 2017

2 CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN VEHICULO ELÉCTRICO

Se conoce como vehículo eléctrico aquel que utiliza uno o más motores eléctricos en forma total o parcial para generar el movimiento, está alimentado por baterías que se pueden recargar por diferentes métodos.

2.2 TIPOS DE VEHICULOS ELECTRICOS

Generalmente se conocen seis tipos de vehículos eléctricos:

2.2.1 BEV (Battery Electric Vehicle)

Se refiere a los conocidos como eléctricos puros o 100% eléctricos, es decir, que su único medio de propulsión es la electricidad.

Conocidos genéricamente como VE, que significa Vehículo Eléctrico.

Una o varias baterías proveen la energía y al ser su única fuente, cuando se agotan estas deben ser recargadas para continuar con el funcionamiento.

Por ejemplo son BEV, el Renault Zoe, el Nissan Leaf, kia Soul y todos los Tesla.



Figura 2.1 BEV (Battery Electric Vehicle)

2.2.2 HEV (Hybrid Electric Vehicle)

Un HEV es un “Vehículo Eléctrico Híbrido”, más conocidos como híbridos convencionales, también llamados “híbridos no enchufables”.

Estos Vehículos resultan de la combinación de un motor convencional de combustible fósil y uno o varios pequeños motores eléctricos. Estos motores eléctricos permiten circular durante trayectos cortos, generalmente en la ciudad, además las baterías se recargan en el modo regenerativo cuando se usa el freno, en cuanto la carga de las baterías se termina, comienza a funcionar el motor de combustión.

Por ejemplo son HEV los Toyota Prius, Corolla o Yaris híbridos, BMW Serie 3, o el Hyundai Ioniq híbrido, kia Optima entre otros.

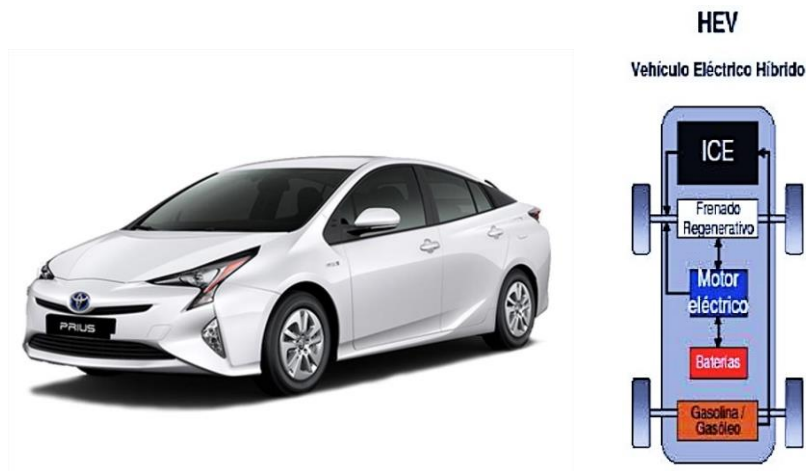


Figura 2.2 Vehículo Eléctrico Híbrido

2.2.3 PHEV (Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables):

Es un vehículo que emplea un motor de combustión y uno o varios motores eléctricos, su principal diferencia con el híbrido convencional es que además de recargarse con el frenado regenerativo se puede recargar mediante conexión a la red de servicio eléctrico, el motor eléctrico es usado para bajas velocidades o para rebasar mientras que el motor de combustión se emplea para la marcha normal.

Por ejemplo son: Peugeot 3008, Citroën C5 Aircross Hybrid, Renault Captur E-TECH Plug In, Volvo XC40, Mercedes GLA 250, Seat León Híbrido Enchufable, Kia XCEED entre otros.

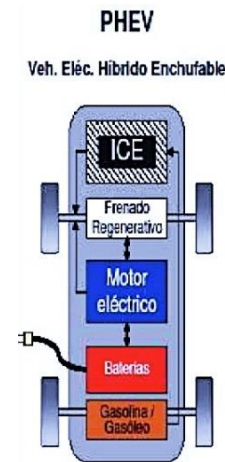


Figura 2.3 Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables

2.3 MODOS DE CARGA IEC 61851-1

La carga de un vehículo eléctrico, a pesar de la diversidad de opciones que existen, tiene ya su propia normativa de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) 62196, estándar internacional para el conjunto de conectores eléctricos y los modos de carga para vehículos eléctricos, es IEC 61851, estándar internacional para el sistema de carga conductiva del vehículo eléctrico. [8]

Según la norma internacional IEC 61851-1 se tiene 4 modos de carga, es decir existen 4 formas

de transferir la energía entre el suministro eléctrico y el vehículo, 3 en corriente alterna y una en corriente continua, los cuales se resumen a continuación:

2.3.1 MODO DE CARGA 1: CON CORRIENTE ALTERNA.

Es un tipo de carga lenta, su conexión se realiza a través de un tomacorriente y enchufe normalizado común y corriente del tipo doméstico que no está dedicado para el uso exclusivo del vehículo, no existe comunicación entre el punto de carga y el vehículo eléctrico, el tiempo que utiliza el vehículo en recargarse depende de la capacidad de la batería y no existe ningún control de tiempo o potencia.

El suministro es una red monofásica de corriente y voltaje del mismo nivel que una vivienda, es decir, 16 amperios / 250 voltios, con lo que se puede entregar una potencia de aproximadamente 3,7 kW. Si el suministro es trifásico hasta un voltaje de 480 V se podrá entregar hasta 11 kW lo cual disminuye a la mitad el tiempo de recarga.

Al no poseer una protección diferencial la norma recomienda que su uso se limite para vehículos pequeños como recarga de motocicletas, bicicletas y scooters eléctricos.

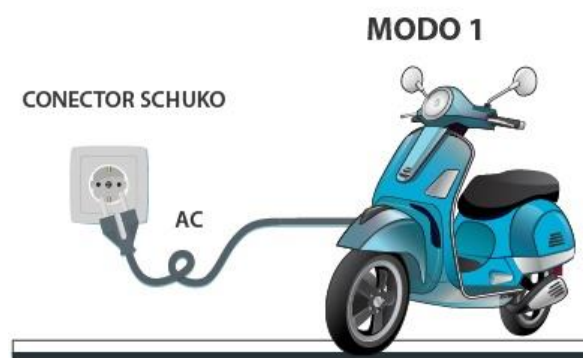


Figura 2.4. MODO DE CARGA 1, Fuente: www.lugenergy.com

2.3.2 MODO DE CARGA 2: CON CORRIENTE ALTERNA

Al igual que el anterior es un tipo de carga lenta, su conexión es a través de un tomacorriente y enchufe normalizado común y corriente del tipo doméstico que no está dedicado para el uso exclusivo del vehículo, la diferencia radica en que utiliza un conector / adaptador para dotar de seguridad a la recarga (protección diferencial), en este caso ya existe comunicación entre el adaptador y el vehículo eléctrico.

El conector del cargador del vehículo eléctrico se introduce en la entrada del vehículo (tipo 2 Mennekes, SAE J1772 o ChadeMo) y el conector para el suministro del adaptador se enchufa en la toma común.

El suministro es una red monofásica de corriente y voltaje del mismo nivel que una vivienda, es decir, máximo 16 amperios / 250 voltios, con lo que se puede entregar una potencia de aproximadamente 3,7 kW. Si el suministro es trifásico, hasta un voltaje de 480 V se podrá entregar hasta 11 kW lo cual disminuye a la mitad el tiempo de recarga.



Figura 2.5. MODO DE CARGA 2, Fuente: www.lugenergy.com

2.3.3 MODO DE CARGA 3: CON CORRIENTE ALTERNA.

En este modo, la carga se considera semi-rápida y se realiza a través de un punto de carga fijo conocido como “Wallbox”, es un suministro que requiere de una instalación exclusiva para la

recarga del vehículo.

Este modo de carga tiene la capacidad de cortar el suministro cuando no se detecta el vehículo y de monitorizar la carga, por lo que permite la recarga inteligente y el desarrollo de redes inteligentes (Smart Grids). Es la que se utiliza en viviendas, zonas públicas, parqueaderos y centros comerciales.

El modo 3 de recarga permite una recarga monofásica o trifásica de hasta 32A 250V

Para este modo de carga se necesita un conector específico, que es de Tipo 1 (SAE J1772) o Tipo 2 (IEC 62196-2) dependiendo de las características del vehículo. Progresivamente, este modo 3 se está generalizando dejando atrás el modo 2. Esto es debido al avance tecnológico en cuanto a potencia y capacidad de las baterías de los Vehículos eléctricos (VE): el modo 3 es más seguro, fiable y mucho más rápido [8].

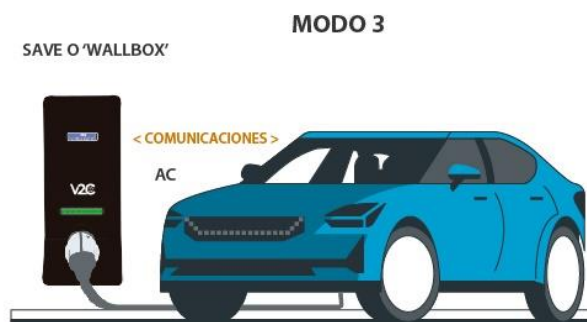


Figura 2.6. MODO DE CARGA 3, Fuente: www.lugenergy.com

2.3.4 MODO DE CARGA 4: CON CORRIENTE CONTINUA.

Es el modo recomendado para la carga denominada “rápida” de un vehículo eléctrico, debido a que transfiere grandes cantidades de energía, normalmente se utiliza corriente continua con un rectificador instalado de forma fija, es decir es el modo generalmente usado para las llamadas “Electrolineras”.

En este modo la corriente es de hasta 400 amperios y el voltaje de hasta 600 voltios, para entregar una potencia máxima entre 125 y 240 kW, dando como resultado un vehículo cargado hasta el 85% en aproximadamente 30 minutos.



Figura 2.7. MODO DE CARGA 4, Fuente: www.lugenergy.com

2.4 TIPOS DE CONECTORES

El tema de los conectores no solo implica un simple problema de forma (macho y hembra), también que cada conector acepta una potencia definida y un modo de recarga.

2.4.1 CONECTOR SCHUKO (TIPO F)

Es el conector utilizado en todos los hogares europeos, utilizado por el modo de carga 1, considerado súper lento y lento, constan de dos polos fase y neutro y un contacto para la conexión a tierra.

Su diseño soporta corrientes de hasta 16A durante periodos cortos de tiempo, por lo que se recomienda no superar los 12 o 13 amperios.



Figura 2.8. CONECTOR SCHUKO ,Fuente : walbox.eu

2.4.2 CONECTOR SAE J1772 (TIPO 1)

Es un conector de origen Japonés también llamado Yazaki, fue adoptado por el mercado Asiático y Americano, considerado lento y semi-rápido, consta de un conector Schuko monofásico de bajo voltaje que adicionalmente posee dos contactos para la comunicación entre el vehículo y el cargador, así como un bloqueo que mantiene el conector sujeto durante la recarga.

Su diseño soporta hasta 32 amperios, lo que permite cargar con una potencia de hasta 7,4 kW



Figura 2.9. CONECTOR SAE J1772 ,Fuente : walbox.eu

2.4.3 CONECTOR MENNEKES O IEC 62192 (TIPO 2)

Su nombre se debe a la empresa Alemana que lo diseñó, está homologado en la Unión Europea, utilizado para carga súper lenta, lenta y semi-rápida, consta de siete bornes, tres fases, un neutro, una puesta a tierra y dos para la comunicación entre el vehículo y el cargador.



Figura 2.10. CONECTOR MENNEKES O IEC 62192 ,Fuente: efimob.com

2.4.4 CONECTOR CHAdeMo

Es un conector diseñado por una asociación de empresas japonesas, TEPCO (Tokyo Electric Power Company), Mitsubishi, Nissan, Toyota y Subaru. Es utilizado para cargas rápidas en corriente continua. Consta de 10 bornes, dos para positivo y negativo, cuatro para una señal analógica, dos pines para una señal digital y uno para tierra.

Su diseño soporta hasta 125 amperios, con lo que puede entregar una potencia de hasta 50 kW

Generalmente los vehículos que portan este conector también están dotados de un conector tipo 1 para la carga lenta.



Figura 2.11. CONECTOR CHAdeMo, Fuente: wallbox.eu

2.4.5 CONECTOR ÚNICO COMBINADO O CCS

Es un conector distinto para recargar en corriente continua, es una ingeniosa combinación entre un conector de corriente alterna Tipo 2 (Mennekes) y uno de corriente continua con dos

contactos. Es utilizado para cargar el vehículo en modos 2, 3 y 4 a través de una sola toma, el subtipo llamado Combo 2 consta de 5 pines: 2 de corriente alterna, 2 de corriente continua y 1 pin de comunicación, mientras que el subtipo llamado Combo 1 consta de 7 pines, 2 pines extra, uno para comunicación y otro sin uso.

Su diseño soporta hasta 63 amperios en sistemas trifásicos, con lo que puede entregar una potencia de hasta 44 kW en corriente alterna y hasta 100kW en corriente continua.



Figura 2.12. CONECTOR ÚNICO COMBINADO O CCS, Fuente: wallbox.eu

2.4.6 CONECTOR SCAME (TIPO 3)

Es un conector que está considerado en desuso, debido a que el conector Mennekes se convirtió en estándar europeo.

Este conector tiene dos variantes 3A y 3C de 16 y 32 amperios respectivamente, la variante 3A cuenta con 4 bornes, fase, neutro, tierra y comunicaciones, mientras que la variante 3C cuenta con 7 bornes al igual que el conector Mennekes y permite carga trifásica y monofásica hasta 22kW.



Figura 2.13. CONECTOR SCAME (TIPO 3), Fuente: revistacentrozaragoza.com

2.5 RECARGA INTELIGENTE DE VEHICULOS ELECTRICOS

El escenario donde todos los conductores de VE regresan a casa después del trabajo y conectan sus vehículos para recárgalo, es un escenario nada favorable para la red eléctrica, por lo que se vera la necesidad de incrementar la potencia instalada o gestionar la misma para que su demanda no afecte a las redes de la distribuidora.

Al ser cargas importantes los VEs están transformando la concepción de las redes eléctricas, en el sentido de consumo y almacenamiento de energía, ya que no solo se ve al VE como una gran carga que se debe alimentar sino como una gran batería sobre ruedas, es así que actualmente se han desarrollado tres tipos de tecnología de integración de entre la red y los VEs, las cuales son V1G, V2G, V2B o V2H, a continuación, se detallará cada una de ellas.

2.5.1 TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V1G

La tecnología V1G hoy en día se está aplicando y representa una muy buena alternativa mediante la cual las Empresa Distribuidoras pueden gestionar el conjunto de vehículos eléctricos conectados a sus redes, con el objetivo de mejorar el desempeño de su infraestructura eléctrica.

Con este tipo de integración lo que se consigue es la oportunidad de que los vehículos

eléctricos se conviertan en activos en lugar de una carga más para la Distribuidora, debido a que se puede registrar los hábitos de carga diarios de los conductores y encontrar una manera de gestionar cómo y cuándo se cargan las baterías. En el común de los casos si un conductor llega a casa del trabajo, conecta su automóvil a la red eléctrica y no necesita conducirlo nuevamente hasta la mañana siguiente, es beneficioso que el automóvil no inicie su carga hasta la medianoche cuando la demanda en el sistema eléctrico es menor, en lugar de hacerlo de inmediato en las primeras horas de la tarde y noche donde la demanda máxima alcanza su punto más alto debido a que todos están en casa, usando la iluminación, preparando la merienda y operando electrodomésticos, etc.

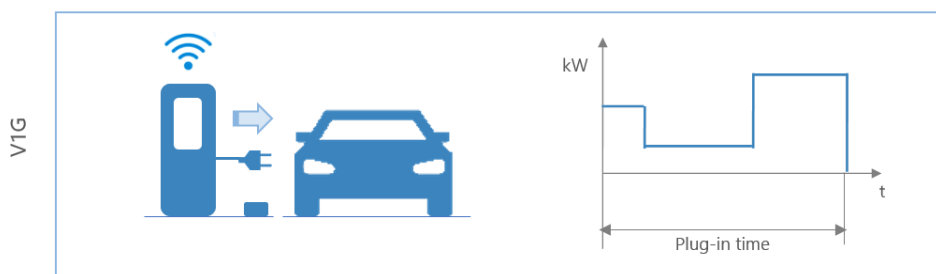


Figura 2.14. TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN VIG, Fuente: <https://www.ffe.de>

Si la Distribuidora puede automatizar este proceso de demora cuando se carga el automóvil y asegurar que el vehículo se cargue completamente para que el conductor se vaya por la mañana, entonces se necesitaría menos potencia instalada y capacidad en la red eléctrica para cumplir con los niveles de demanda pico. El estado se beneficia al no necesitar construir una central de generación adicional para satisfacer la creciente demanda, al reducir la congestión en la infraestructura de transmisión y distribución.

Generalmente el cliente que permite a la Distribuidora este acceso al sistema de carga de su vehículo para ajustar su demanda de energía también se beneficia. Los programas VIG son básicamente un tipo de estrategia de gestión de la demanda, que muchas empresas eléctricas compensan a los clientes por su participación. Al aceptar cambiar su uso de energía a las horas de menor demanda, las empresas distribuidoras ofrecen incentivos financieros, precios de

energía más baratos y otros beneficios.

Este esquema ya es aplicable en Ecuador debido a que el pliego tarifario prevé la instalación de medidores con registro de perfil de demanda para los clientes con vehículos eléctricos, este tema se trata más a detalle en el apartado 4.9 de este trabajo de Titulación.

2.5.2 TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V2G CARGA BIDIRECCIONAL

Si bien la tecnología V1G actualmente está disponible en algunas empresas distribuidoras de energía a nivel mundial, aún no se puede considerar como de uso masivo, por otro lado V2G aún está un poco más lejos, sin embargo se está investigando y desarrollando rápidamente.

Mientras que V1G permite únicamente que la Empresa Distribuidora interactúe con la carga del vehículo modificando el tiempo en que el automóvil se está cargando, V2G hace que la Empresa aproveche para su beneficio la energía almacenada en los Vehículos, es decir que V2G permitiría que las empresas de servicios públicos extraigan energía de la batería del automóvil hacia la red de distribución cuando sea necesario.

Los conductores podrán cargar intencionalmente la batería del vehículo eléctrico cuando la energía está disponible en abundancia y es más barata, por ejemplo durante la madrugada y luego enviar esa energía de la batería a la red de distribución cuando los precios de la energía estén altos y la red este sobrecargada, por ejemplo en las horas pico de consumo de energía.

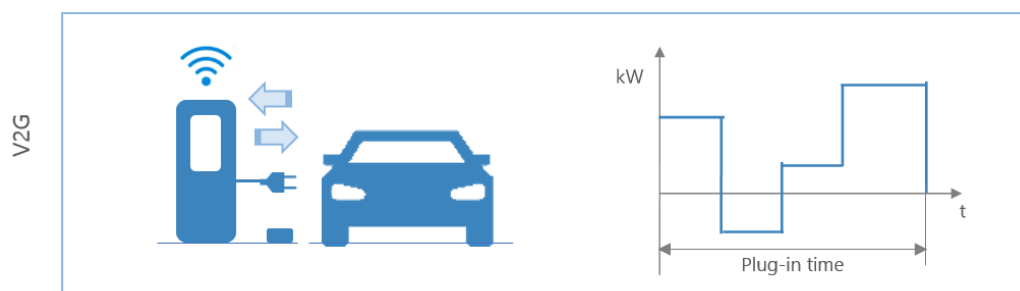


Figura 2.15, TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V2G ,Fuente: <https://www.ffe.de>

Un gran desafío de las energías renovables es que se puede generar más energía limpia de la que se puede utilizar en ese periodo por la red, por ejemplo, días muy soleados o con mucho viento y ese exceso de energía termina siendo reducido, desperdiciado o vendido con pérdidas. Pero si hubiera una fuente de almacenamiento de energía masiva y de fácil disponibilidad como decenas de miles de vehículos eléctricos conectados a la red, entonces esa energía limpia podría almacenarse temporalmente hasta que la demanda aumente y fuese necesaria.

Obviamente, esta disponibilidad de almacenamiento evitaría que el estado tenga que construir centrales de generación adicionales que seguramente contendrían centrales térmicas de combustibles fósiles que emiten carbono, solo para satisfacer esos picos ocasionales de demanda de energía. Desde el punto de vista del cliente, sus beneficios serían incluso mayores que con V1G porque podrían comprar energía de la red a un precio menor y luego venderla a las Empresas más tarde cuando los precios sean más altos. En lugar de que las empresas eléctricas ofrezcan incentivos para que los clientes colaboren como en el caso de V1G, V2G permitiría a los conductores de vehículos eléctricos actuar como participantes del mercado y ganar dinero directamente con la venta de su energía almacenada.

La tecnología V2G actualmente no es fácil de implementar ya que hoy en día los vehículos eléctricos no están contruidos con capacidades de carga bidireccional a excepción de algunos modelos de Tesla, lo cual no permite mover la energía en dos direcciones. En segundo lugar, estudios demuestran que esta tecnología reduce la vida útil de las baterías de los vehículos, lo cual se convierte en una gran limitante, debido a que se encontraría oposición de los dueños de los automóviles si la compensación no fuese lo suficientemente grande como para compensar el retiro anticipado de la batería de su vehículo eléctrico. Por lo tanto, hasta que la tecnología de la batería no tenga mejoras en la vida útil no se ve factible la implementación generalizada de V2G.

2.5.3 TECNOLOGIA DE INTEGRACIÓN V2H y V2B CARGA BIDIRECCIONAL

Esta tecnología es una variante de V2G, V2H (Vehicle to Home) se basa en utilizar la energía

almacenada en la batería para alimentar a la vivienda, esto con el objetivo de disminuir el valor de la factura por consumo eléctrico o para usarla de respaldo en caso de falla del servicio eléctrico público.

Uno de sus mayores potenciales es su utilidad como generador de emergencia en aquellos lugares más propensos a sufrir desastres naturales o mayor cantidad de cortes de energía debido a una red eléctrica pública deficiente.

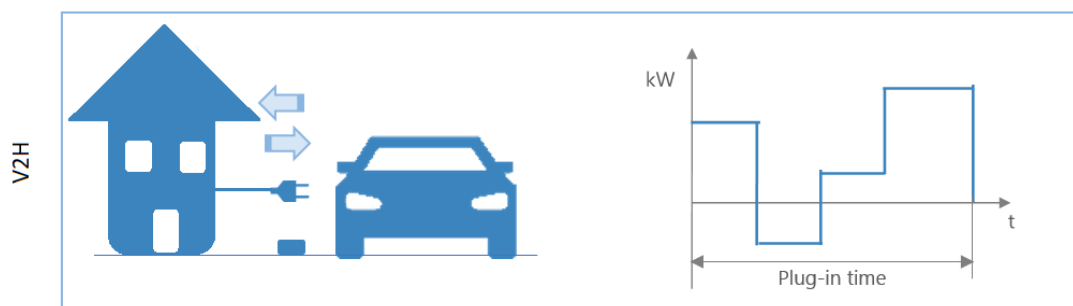


Figura 2.16. Tecnología de integración V2H y V2B Fuente: <https://www.ffe.de>

V2B se trata del mismo concepto que el V2H solo que aplicado a edificios o Empresa con flotas de vehículos. Gracias a esta tecnología, un conjunto de vehículos eléctricos pueden servir como fuente de alimentación y ofrecer ventajas como:

- Reducir la factura de consumo, gracias a la recarga nocturna y la entrega de energía en horas de demanda pico, además pueden reducir los cargos por demanda de su factura.
- Aprovechamiento de energías renovables, cargando los vehículos con una instalación presente en el edificio.
- Back up. En el caso de haber un corte de electricidad, la flota podría seguir alimentando el edificio, en lugar de los grupos electrógenos convencionales.

3 CAPÍTULO III

RESPUESTA DEL VOLTAJE EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA.

Como es conocido no existe un conductor perfecto, por lo que todos presentan una resistencia al paso de la corriente eléctrica, la mencionada resistencia se incrementa con la longitud del conductor, con su sección y con el tipo de material utilizado.

Cuando el conductor experimenta el paso de la corriente eléctrica existe un nivel de voltaje entre el inicio y el final del conductor que resta el nivel de voltaje al extremo de la línea, debido a este efecto llamado “caída de voltaje” se puede observar que el nivel de voltaje en el extremo del circuito es inversamente proporcional a la corriente que circula por la línea, en este sentido se puede decir que el voltaje se encuentra variando en función de las cargas que se conectan a las redes de distribución.

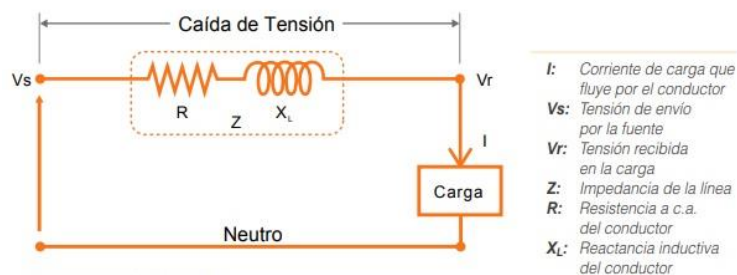


Figura 3.1. Caída de voltaje. Fuente: <https://www.ffe.de>

Al ser el nivel de voltaje una magnitud que depende en gran medida de la robustez del circuito, esta magnitud se encuentra regulada a través de los entes de control gubernamentales de cada país, en el caso de Ecuador está controlada por la regulación 002-2020 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”, mediante su artículo 8 “Nivel de Voltaje”, el cual especifica que el rango de variación máximo aceptado es de $\pm 8\%$ para niveles de voltaje menores o iguales a 600 voltios, es decir que el voltaje podrá variar dentro de esta

banda y no representará un incumplimiento de calidad del producto, justamente esta variación natural del voltaje es la que se propone utilizar para diseñar un controlador de potencia para el vehículo eléctrico.

Como se vio en el capítulo anterior la tecnología V1G gestiona la demanda de los vehículos eléctricos en función de las ordenes que recibe desde la Smart Grid, sin embargo, el presente trabajo propone llevar esa inteligencia hacia el punto de carga, para lo cual se plantea que la potencia de carga del vehículo varíe automáticamente en función de la variación natural que tiene perfil de voltaje en función de la demanda, es decir en horas donde el perfil de voltaje se encuentre cercano al límite inferior regulado (-8%) el vehículo deberá cargarse al mínimo de potencia para no empeorar las condiciones de la red, en cambio cuando el perfil de voltaje este cercano o superior al valor nominal el vehículo podrá cargarse a su máxima potencia.

3.1 Modelación de red de distribución piloto en OPENDSS.

3.1.1 OPENDSS (Open Distribution System Simulator)



Figura 3.2. Programa OpenDSS. Fuente www.epri.com

El programa Open Distribution System Simulator (OpenDSS) es una herramienta de simulación para sistemas de distribución de servicios eléctricos. Es implementación de código abierto que puede ser ejecutada de tres formas:

1. Un programa ejecutable independiente. (OpenDSS.exe)

2. Una DLL de servidor COM diseñada para ser manejada desde una variedad de plataformas de software existentes. (OpenDSSEngine.DLL)
3. Una DLL Stdcall que proporciona todas las funciones del servidor COM, pero que se puede utilizar desde lenguajes que no son compatibles con COM o que requieren ejecución Threadsafe, como en un servidor en la nube.

La versión ejecutable tiene una interfaz de usuario básica basada en texto en el motor de la solución para ayudar a los usuarios a desarrollar scripts y ver soluciones.

El programa admite casi todos los análisis rms de estado estable (es decir, dominio de frecuencia) que se realizan comúnmente para la planificación y el análisis de sistemas de distribución de servicios públicos. Además, admite muchos tipos nuevos de análisis diseñados para satisfacer las necesidades futuras, muchas de las cuales están siendo dictadas por la desregulación de los servicios públicos en todo el mundo y el advenimiento de las “redes inteligentes”. Muchas de las características que se encuentran en el programa originalmente estaban destinadas a respaldar las necesidades de análisis de generación distribuida. Otras características admiten el análisis de eficiencia energética del suministro de energía, las aplicaciones de redes inteligentes y el análisis de armónicos. El DSS está diseñado para ampliarse indefinidamente, de modo que pueda modificarse fácilmente para satisfacer necesidades futuras.

3.1.2 Modelación de elementos de la red piloto.

Para la simulación del proyecto se tomarán los datos de un sistema común mayormente residencial de distribución de bajo voltaje, perteneciente a la Empresa Eléctrica Regional Centro sur, el cual consta de un transformador trifásico de 50 kVA código 63991, de voltaje nominal 220 voltios fase-fase y 127 voltios fase-neutro, que sirve a 46 clientes con una red de bajo voltaje trifásica de aproximadamente 701,35 metros, que se encuentra ubicado en las calles Culebrillas y Antisana, de la parroquia Totoracocho.

El simulador requiere datos de entrada como las características técnicas de: las líneas de distribución, del transformador y de las acometidas, dicha información ha sido facilitada por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR, en cuanto a perfiles de demanda de los consumidores se realizará una conversión de consumo mensual a curva de carga diaria a través del factor de carga y de las curvas características según el tipo de consumo.

En cuanto al perfil de carga de los vehículos eléctricos se usarán como base las mediciones realizadas a tres tipos de vehículos con registradores de calidad de energía, para obtener una curva característica para el caso base, es decir sin el algoritmo de gestión, con este perfil determinaremos el nivel máximo de penetración de VEs en este sistema, que se puede tener sin afectar los parámetros de calidad y de cargabilidad de líneas y estación de transformación. Para la segunda parte se realizará la simulación incluyendo en los vehículos eléctricos el algoritmo de gestión de la demanda y de igual forma se determinará el nivel máximo de penetración de VEs en el sistema, naturalmente sin afectar los niveles de calidad y cargabilidad indicados.

Para un análisis más detallado, en el anexo 1 se pueden encontrar la información de las sentencias OpenDSS de configuración de líneas, conexión entre barras, disposición de conductores en las estructuras y parametrización del transformador, temas que no se abordarán en este capítulo por no ser el objetivo del presente trabajo, a continuación, se muestra el caso base parametrizado en OpenDSS.

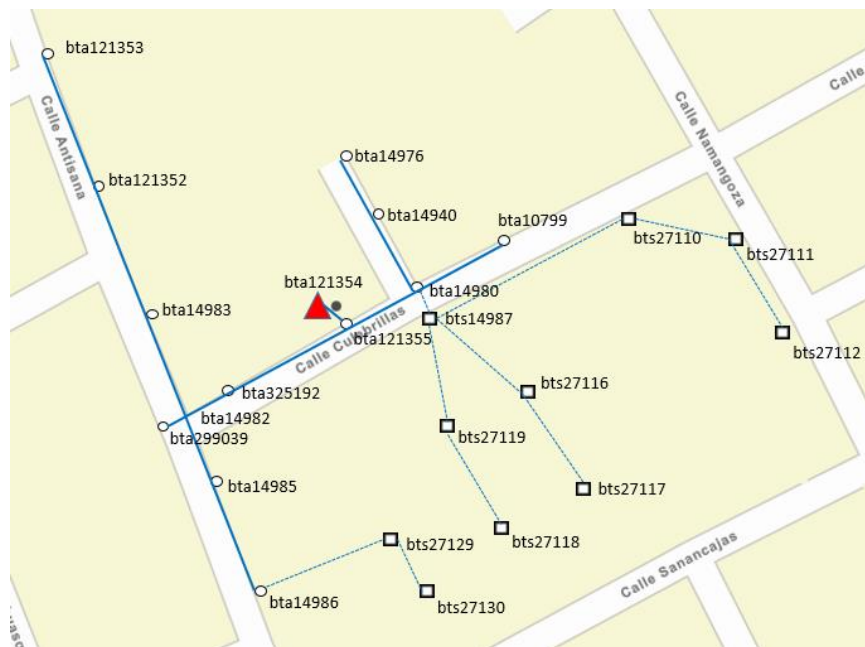


Figura 3.3. Sistema de Distribución analizado

3.2 Caracterización de la carga en función del tipo de consumo.

Como se indicó en el apartado anterior, una de las entradas más importantes del modelo es el perfil de consumo de los clientes conectados al sistema de distribución, este perfil es de particular interés debido a que en función de este perfil variará el voltaje en los diferentes nodos de la red de distribución y justamente esta variación es la señal que se utilizará para realizar la gestión de la potencia de carga del vehículo, por lo que se dedicará mucha atención en su obtención y calibración.

El Departamento de Calidad de la CENTROSUR se encuentra permanentemente monitoreando la calidad del producto a través de la instalación de equipos registradores de calidad de energía en diferentes puntos de su sistema tales como: Subestaciones, Transformadores de distribución y consumidores de medio y bajo voltaje, dichas mediciones además de medir parámetros de calidad como nivel de voltaje, flicker y armónicos, también

registran perfiles de consumo, por lo que a través de estas mediciones se han obtenido perfiles unitarios característicos según el tipo de consumo tanto residencial como comercial, los cuales se presentan en la figura 3.4:

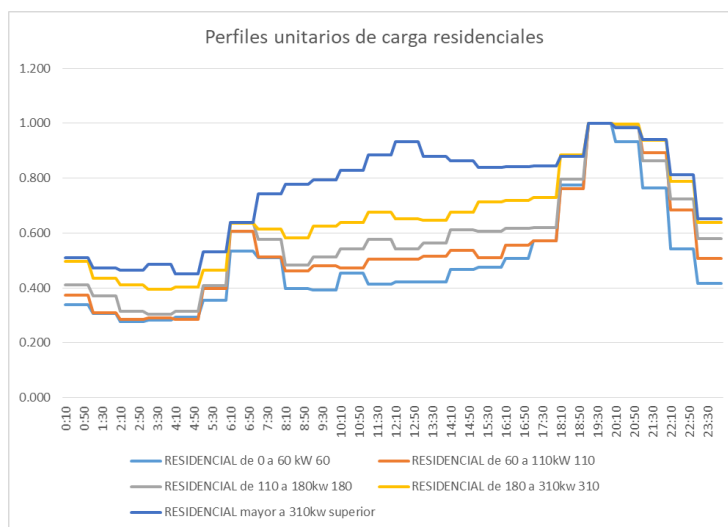


Figura 3.4. Perfiles unitarios de cargas residenciales

De igual manera se obtuvieron los perfiles de carga de los clientes comerciales los cuales se encuentran en la figura 3.5:

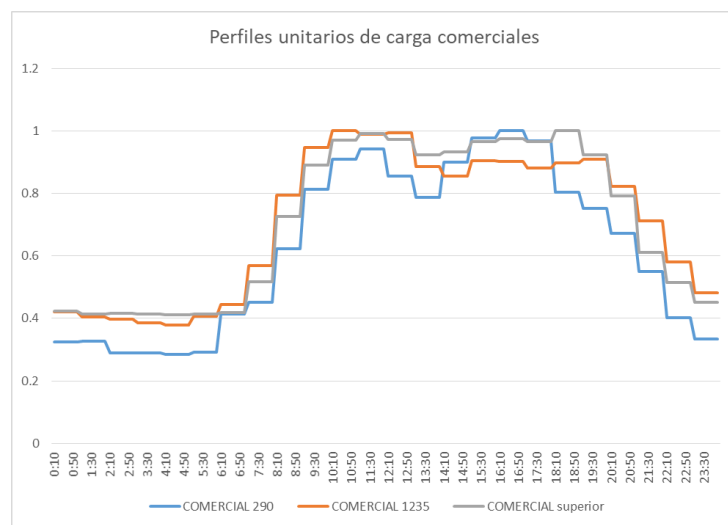


Figura 3.5. Perfiles unitarios de cargas comerciales.

En el anexo 2 se encuentran tabulados los valores en por unidad de los diferentes perfiles

mostrados en la Figura 3.4 y Figura 3.5.

Los perfiles unitarios de carga obtenidos son generales para todo el sistema eléctrico, por lo que se someterá a un ajuste por medio de iteraciones, de tal forma la suma de los diferentes clientes existentes en el sistema de distribución estudiado coincida con el perfil de carga medido en el transformador, como se muestra en la figura 3.6:

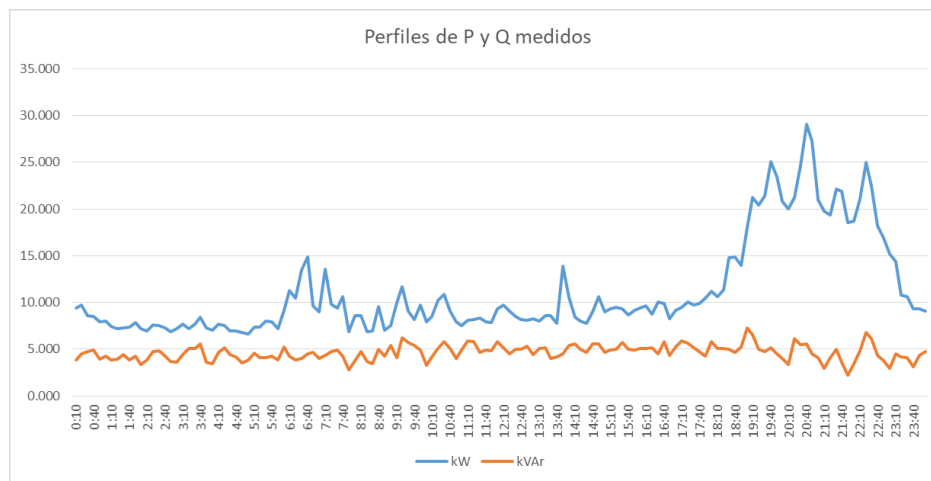





Figura 3.6. Perfil de P y Q medido del transformador.

3.3 Caracterización del perfil de carga del vehículo

Quizá la entrada más importante del modelo es el perfil de carga de los vehículos eléctricos, es decir la forma en la que consumen energía, para obtener dicho perfil se han utilizado los datos de pruebas realizadas a tres tipos de vehículos, los cuales se detallan en la tabla 1.

Tabla 3.1 Características técnicas de los vehículos medidos

ITEM	Características	Vehículo
1	<p>Marca: Kia</p> <p>Modelo: Soul</p> <p>Potencia máxima: 107,5 HP</p> <p>Batería: Polímero de iones de litio 27 kWh</p> <p>Demanda en carga lenta: 6.6 kW</p> <p>Tiempo de carga: 5 Horas</p> <p>Autonomía: 212 km</p>	
2	<p>Marca: Nissan</p> <p>Modelo: Leaf</p> <p>Potencia máxima: 107 HP</p> <p>Batería: ion-litio 24 kWh</p> <p>Demanda en carga lenta: 6.6 kW</p> <p>Tiempo de carga: 8 Horas</p> <p>Autonomía: 175 km</p>	
3	<p>Marca: Renault</p> <p>Modelo: Kangoo Combi</p> <p>Potencia máxima: 59.2 HP</p> <p>Batería: ion-litio 22 kWh</p> <p>Demanda en carga lenta: 3.7 kW</p> <p>Tiempo de carga: de 9 Horas</p> <p>Autonomía: 170 km</p>	

El protocolo de pruebas consistió en conectar un equipo de calidad para monitorear los tres

vehículos, con el objetivo de obtener su perfil de potencia durante el intervalo de carga, además obtener la energía total consumida, así como su factor de potencia.

En la figura 3.7 se muestra el diagrama multifilar de las pruebas realizadas a los vehículos, así como el conexionado del registrador de calidad de energía.

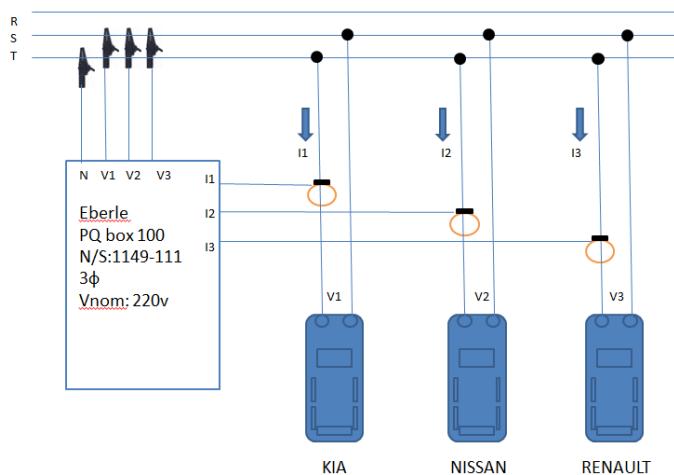


Figura 3.7. Esquema de conexión del equipo de calidad en los tres vehículos

Se registran, entre otras, las siguientes magnitudes:

- Corriente media.
- Perfil de voltaje.
- Potencias activa, reactiva y aparente.
- Factor de potencia.



Figura 3.8. Instalación y pruebas de vehículo eléctricos.

La potencia activa máxima y promedio registrada durante el proceso de carga de cada uno de los vehículos se presenta en la tabla 2.

Tabla 3.2. Potencias registradas de los vehículos

	Vehículo 1 (KIA)	Vehículo 2 (Nissan)	Vehículo 3 (Renault)
P. max [W]	5,884.7	6,273.3	3,451.4
P. med [W]	5,764.9	5,218.6	3,245.7

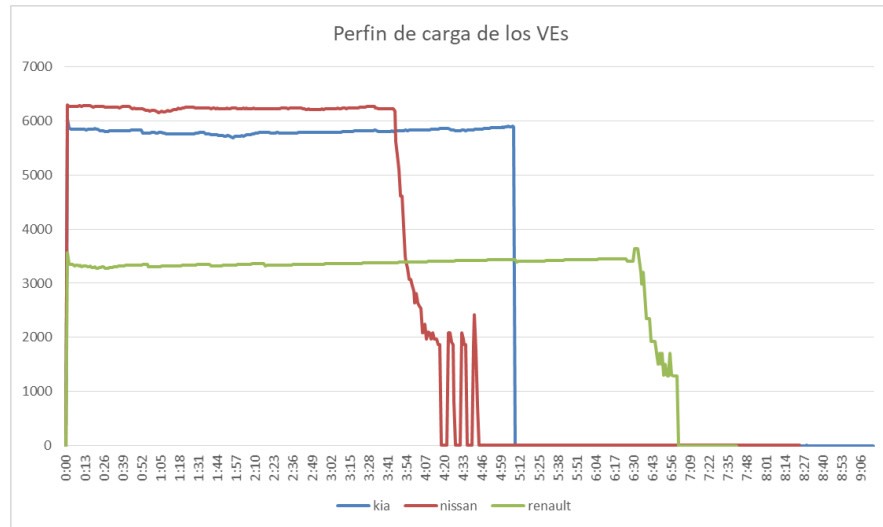


Figura 3.9. Perfil de Potencia de los tres vehículos medidos.

Haciendo una extrapolación, se podría asumir que el perfil característico del vehículo eléctrico para el presente análisis es una combinación de los tres perfiles medidos, por lo que se ha obtenido un perfil unitario característico como el que se muestra en la figura 3.10, que servirá para simular su comportamiento en el tiempo en la red de distribución.

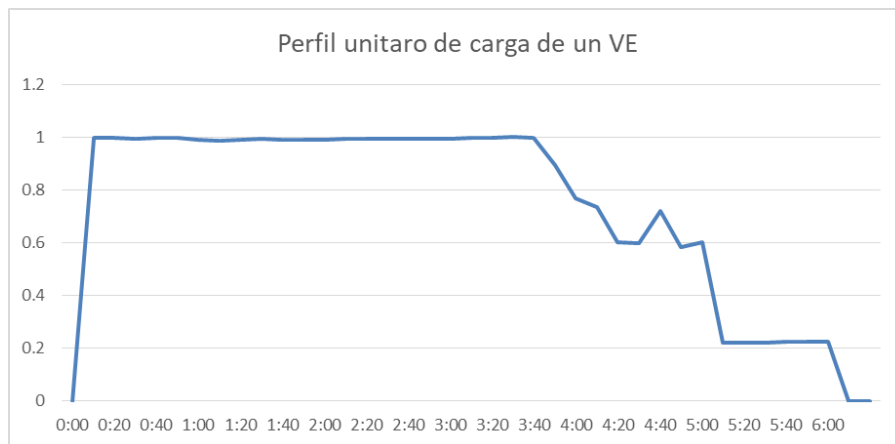


Figura 3.10. Perfil característico del vehículo eléctrico.

4 CAPÍTULO IV

MODELO DE GESTION DE LA DEMANDA

4.1 ALGORITMO DE SIMULACIÓN

Para el análisis de perfiles de magnitudes eléctricas es necesario ejecutar una simulación en función del tiempo, es decir, ejecutar una simulación para cada intervalo de tiempo (10 minutos), se ha realizado una integración entre Excel y OpenDSS con el objetivo de ejecutar varias simulaciones consecutivamente, la macro en Excel ayuda a ejecutar 144 flujos de potencia por cinco escenarios, como resultado se tiene 720 flujos de potencia en unos pocos segundos, de tal forma que se obtiene perfiles de voltaje y potencia en todas las barras del sistema de distribución, para el desarrollo de esta integración se tomó como base un desarrollo efectuado en la dirección de Planificación de la CENTROSUR.

A continuación, se muestra un esquema de la estructura del algoritmo que ejecuta las simulaciones y que permite un análisis de perfiles diarios.

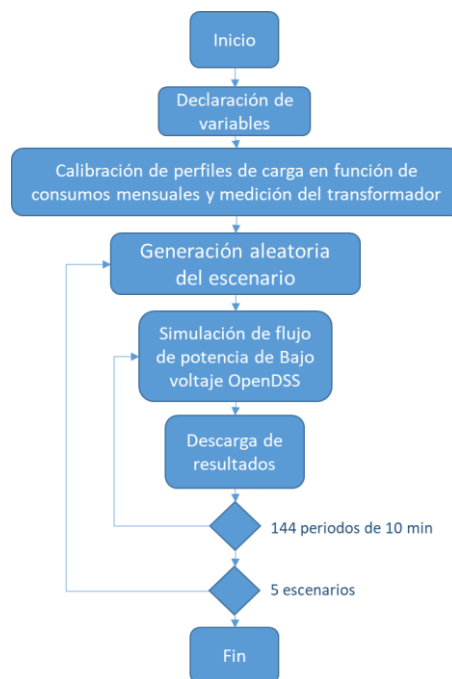


Figura 4.1. Diagrama de flujo de algoritmo.

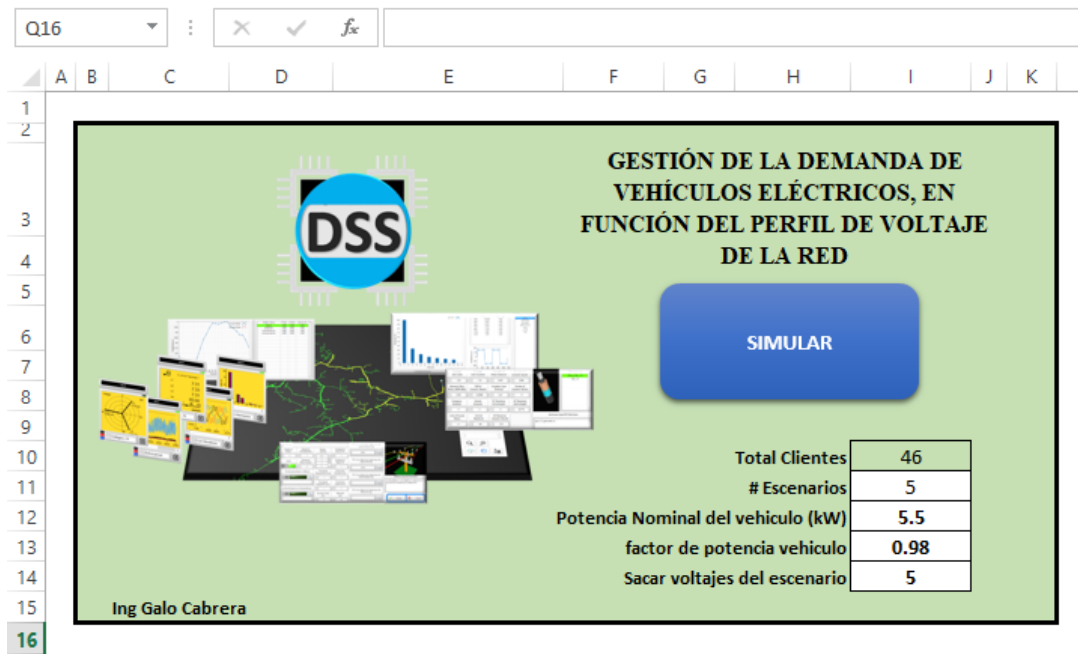


Figura 4.2. Interface en Excel para las simulaciones.

4.2 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Para obtener los niveles máximos de penetración tanto en el escenario de la no existencia de vehículos como en los escenarios de cada porcentaje de penetración es necesario ejecutar 144 veces el flujo de potencia de tal manera que se obtenga un perfil diario con intervalos de 10 minutos, motivo por el cual se ha incluido un bucle adicional para que ejecute cada escenario.

Por efectos de tiempo de procesamiento se han limitado a cinco escenarios, por lo que se ejecuta el algoritmo para escenarios de 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de penetración, una vez identificado el intervalo donde se presenta el máximo nivel de penetración se ejecuta el algoritmo para sub intervalos por ejemplo 44% 48% 52% 56% y 60% y con una tercera iteración se puede definir exactamente con dos dígitos el nivel de penetración de vehículos en el sistema de distribución estudiado.

El procedimiento para determinar el nivel máximo de penetración se deberá ejecutar tres veces:

1. Sin vehículos eléctricos (Caso base para calibración y verificación del modelo)
2. Con vehículos eléctricos comunes.
3. Con vehículos eléctricos con algoritmo de gestión de la demanda.

4.3 RESPUESTA DEL NIVEL DE VOLTAJE EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA (CASO BASE).

Una vez definidas las entradas del modelo, las diferentes parametrizaciones de los elementos de la red en el programa OpenDSS, y el procedimiento para el análisis, se han obtenido los diferentes perfiles de voltaje en cada una de las barras para el caso base, es decir el escenario donde no existen aún vehículos eléctricos conectados a la red. A continuación, se muestra estos perfiles de voltaje para las 64 barras del modelo, el valor de voltaje nominal y el límite mínimo de caída de voltaje regulado (-8%), cabe indicar que el sistema se encuentra en muy buenas condiciones en canto a niveles de voltaje.

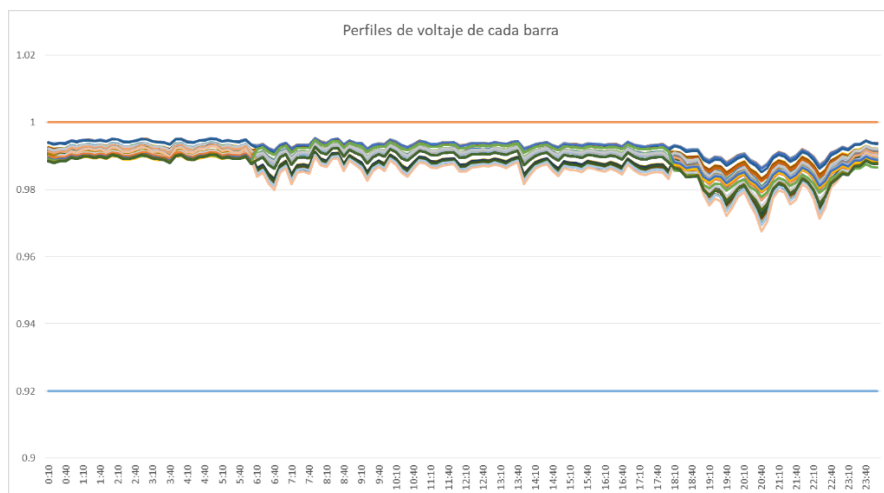


Figura 4.3. Perfiles de voltaje en cada barra

A continuación, en la figura 4.4 se muestra la dispersión de las tensiones mínimas obtenidas

en el caso base donde se resume que todas cumplen con la normativa vigente 0,92 del voltaje nominal (-8% de caída de voltaje)

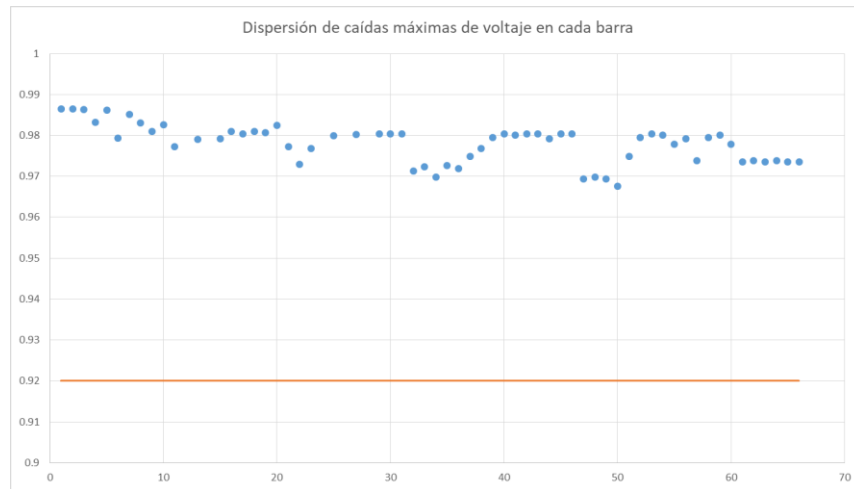


Figura 4.4. Dispersión de caídas máximas de voltaje en cada barra

Como resultado se encuentra que la mayor caída de voltaje se da en la barra bta_656101 de la cual se ha obtenido el perfil de voltaje diario que se muestra a continuación en la figura 4.5 junto con el perfil de carga medido del transformador.

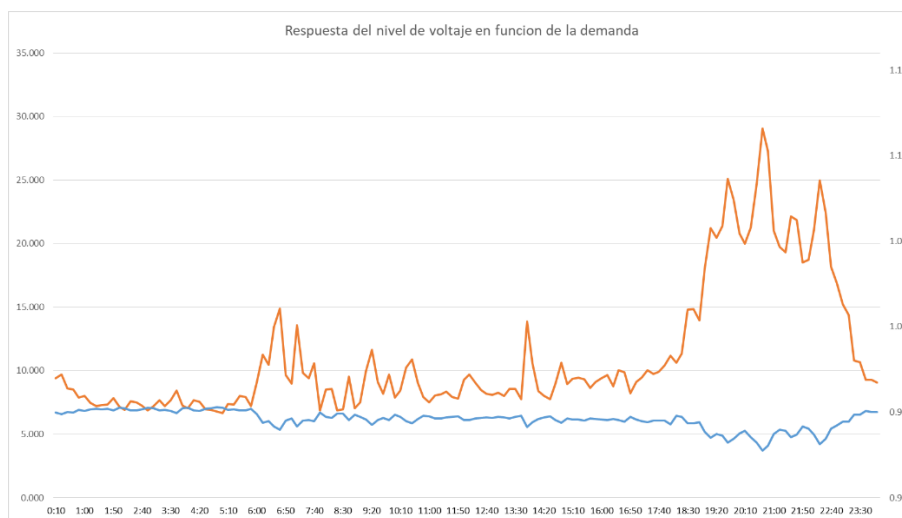


Figura 4.5. Voltaje vs Demanda

En la figura 4.5 se han emplazado convenientemente el perfil de voltaje de la barra con mayor caída de voltaje y el perfil de carga del transformador para mostrar que los dos varían en sentidos contrarios, pero no necesariamente en la misma proporción debido a que el perfil de voltaje depende también de las otras cargas conectadas en el ramal y que pueden hacer variar el voltaje para todas las cargas, es decir el voltaje de una barra no depende exclusivamente de su carga sino de las cargas de su ramal, a pesar de no existir una dependencia directa se observa que generalmente guardan un comportamiento relacionado que sin lugar a duda será útil para diseñar un controlador de gestión de demanda.

Para el caso base se analiza la cargabilidad de la red de bajo voltaje, en la tabla 3 se muestra un resumen de las líneas con mayor cargabilidad, donde se tiene como resultado que ninguna se encuentra sobrecargada, teniendo la mayor carga en las líneas Line.lbta_121355 y Line.lbta_121354 un 62.23%.

Tabla 4.1. Líneas con cargabilidad en el caso base

Linea	I nominal (A)	Caso Base	Caso Base
Line.lbta_121355	140	87.13	62.23%
Line.lbta_121354	140	87.13	62.23%
Line.lbts_27109	50	10.31	20.61%
Line.lbta_325192	242	42.87	17.72%
Line.lbta_14982	242	39.72	16.41%
Line.lbta_14980	242	38.51	15.91%
Line.lbta_14983	242	33.96	14.03%
Line.abta_148726	76	10.61	13.96%
Line.abta_227384	76	8.23	10.83%
Line.lbta_13940	242	24.31	10.05%

Como resumen del caso base, se verifica que el sistema se encuentra en muy buenas

condiciones tanto en niveles de voltaje, cargabilidad de transformador y cargabilidad de líneas.

4.4 SIMULACION DE ESCENARIOS CON INSERCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS SIN GESTIÓN DE DEMANDA.

Una vez definido y calibrado el caso base, se procede con la inserción progresiva de vehículos eléctricos en la red de bajo voltaje, con la intención de evaluar el estado del sistema y definir el nivel máximo de penetración.

Para esta simulación se usará el perfil del vehículo eléctrico determinado en el capítulo 3 apartado 3.3, con una potencia de carga de 5.5 kW.

Para definir el nivel máximo de penetración se usa tres criterios de parada:

- Que no se supere la potencia instalada de transformación.
- Que no se sobrecarguen las redes.
- Que no se incumpla el límite de caída de voltaje.

Cuando se incumpla cualquiera de estos tres criterios significará que el punto anterior es el límite máximo de inserción de vehículos eléctricos que el sistema puede soportar en las condiciones actuales.

Este ejercicio se realizó inicialmente con cinco escenarios de penetración

Tabla 4.2. Número de vehículos insertados para cada escenario

Escenario	# de vehículos insertados	% Penetración
1	4	9%
2	9	20%
3	14	30%
4	19	41%
5	23	50%

El resultado de perfil de potencia en el transformador se muestra en la figura 4.6, donde se obtiene que con los escenarios 2, 3, 4 y 5 la capacidad de la estación de transformación ya es superada.

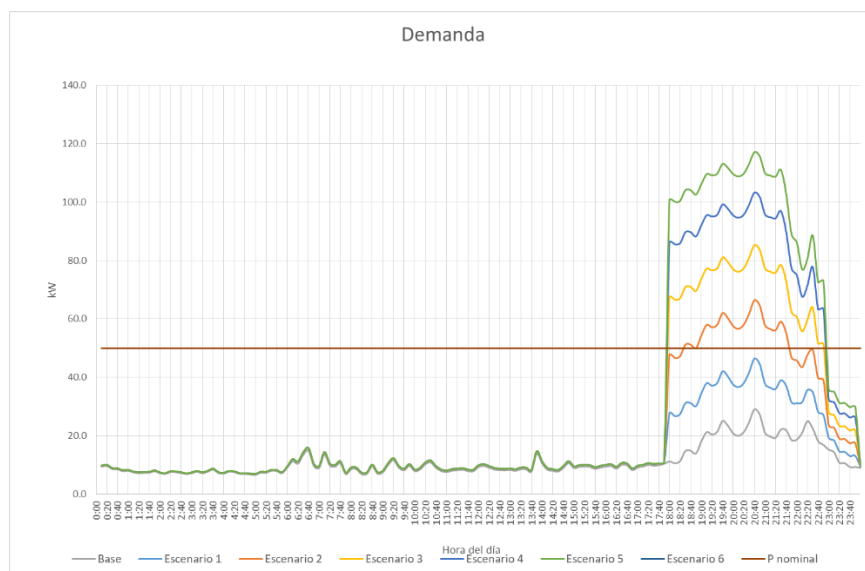


Figura 4.6. Perfiles de potencia en el transformador para los 5 escenarios.

Del análisis de cargabilidad de las líneas se obtiene que para todos los escenarios se incumple con la capacidad máxima de las líneas por lo que es necesario evaluar un escenario menor al escenario 1 en el cual ya se incumple por 4,44%.

Tabla 4.3. Cargabilidad de las líneas

Línea	I nominal (A)	Base	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Esc 4	Esc 5
Line.lbta_121355	140	62.23%	104.44%	142.14%	182.32%	222.55%	247.96%
Line.lbta_121354	140	62.23%	104.44%	142.14%	182.32%	222.55%	247.96%
Line.abta_132200	65	8.91%	33.74%	34.01%	58.00%	81.16%	79.36%
Line.lbta_14980	242	15.91%	22.59%	29.63%	45.29%	57.09%	66.58%
Line.lbta_325192	242	17.72%	24.18%	43.62%	43.33%	49.22%	61.23%
Line.lbta_13940	242	10.05%	16.68%	23.63%	40.45%	52.32%	54.27%
Line.abta_148726	76	13.96%	13.99%	55.20%	54.84%	54.27%	53.33%

Line.abta_227384	76	10.83%	10.99%	32.16%	32.13%	52.21%	51.69%
Line.abta_14981	76	4.99%	46.57%	46.81%	47.44%	47.47%	47.34%
Line.lbta_14982	242	16.41%	23.26%	40.75%	40.49%	46.98%	46.69%

En cuanto a los niveles de voltaje de cada barra observamos que para el escenario uno no se incumple los niveles de voltaje en ninguna barra como se muestra en la figura 4.7 de dispersión.

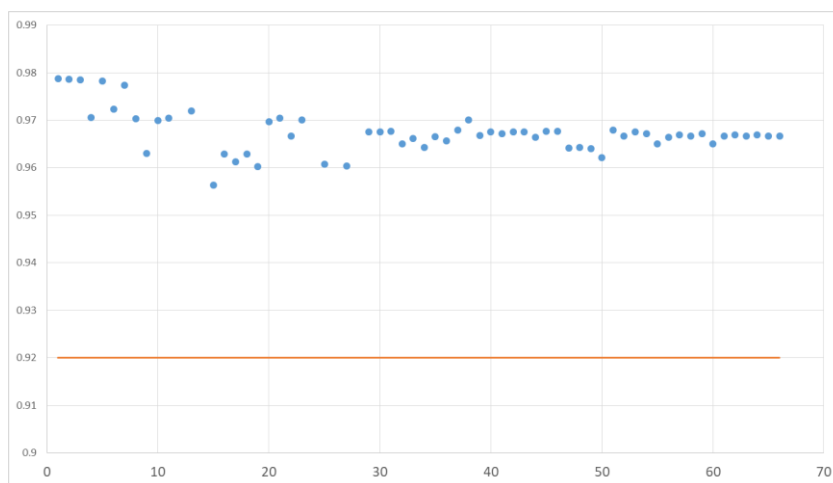


Figura 4.7. Grafica de dispersión de niveles mínimos de voltaje escenario 1.

Debido a que uno de los tres criterios (cargabilidad de líneas) no se cumple con el escenario uno y para poder mejorar la precisión se procede a evaluar cinco escenarios más, los cuales estarán contenidos dentro del escenario uno planteado inicialmente.

Tabla 4.4. Número de vehículos insertados para cada escenario

Escenario	# de vehículos insertados	% Penetración
1	1	2%
2	2	4%
3	3	7%
4	4	9%
5	5	11%

Para el escenario 3, nivel de penetración del 7% se observa que ya no se incumplen los criterios, por lo que se puede decir que este será el nivel máximo permitido de vehículos que será permitir en este sistema sin afectar la calidad del servicio eléctrico. A continuación, en la figura 4.8 se muestra el cumplimiento de los tres criterios.

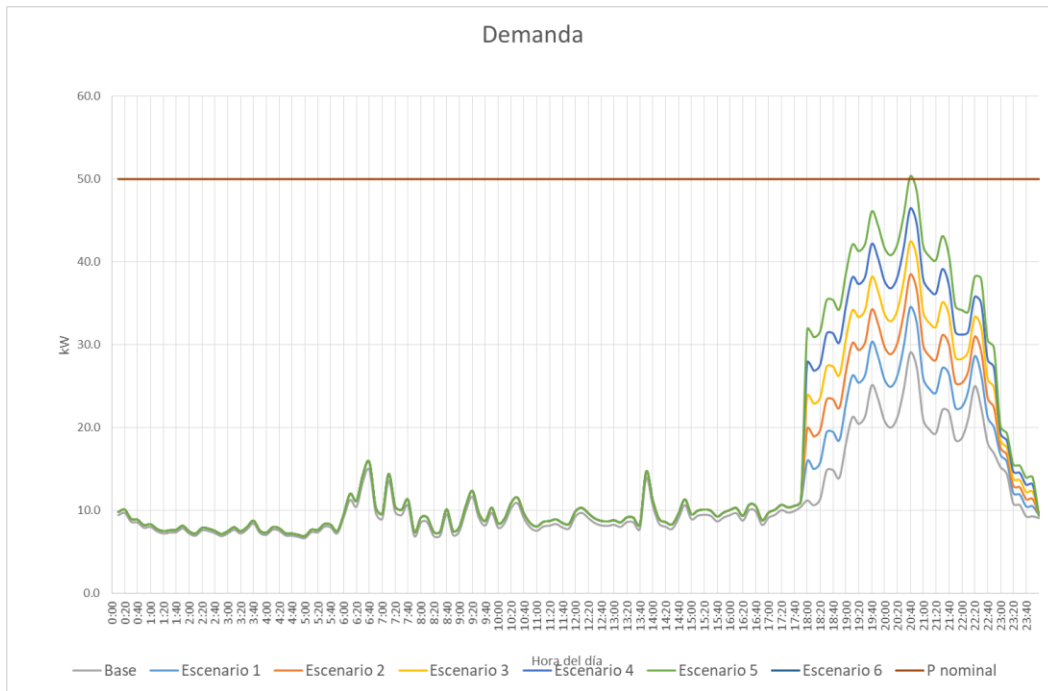


Figura 4.8. Perfiles de potencia en el transformador para los 5 escenarios.

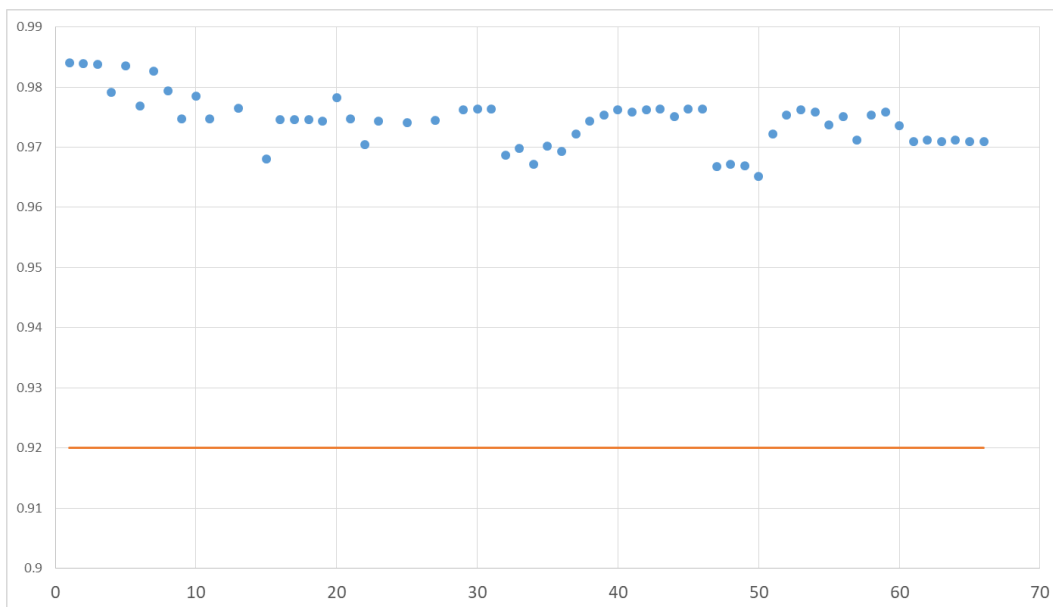


Figura 4.9. Grafica de dispersión de niveles mínimos de voltaje escenario 3.

Tabla 4.5. Cumplimiento de los tres criterios para el escenario 3 (7% de penetración)

Línea	I nominal (A)	Base	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Esc 4	Esc 5
Line.lbta_121355	140	62.23%	73.76%	85.43%	97.41%	120.80%	131.86%
Line.lbta_121354	140	62.23%	73.76%	85.43%	97.41%	120.80%	131.86%
Line.abta_148726	76	13.96%	13.99%	14.03%	14.07%	56.10%	55.94%
Line.lbta_14980	242	15.91%	22.53%	29.22%	36.09%	36.28%	42.74%
Line.abta_132200	65	8.91%	33.45%	33.50%	33.79%	33.98%	33.79%
Line.lbta_325192	242	17.72%	17.76%	17.81%	17.87%	31.20%	31.13%
Line.lbta_13940	242	10.05%	16.64%	16.73%	23.54%	23.65%	30.04%
Line.abta_204227	65	4.21%	4.22%	28.70%	28.86%	29.03%	29.18%
Line.abta_14977	65	4.30%	4.33%	4.35%	29.15%	29.25%	28.91%
Line.lbta_14982	242	16.41%	16.44%	16.44%	16.44%	28.35%	28.27%

4.5 INTEGRACIÓN DEL ALGORITMO DE GESTIÓN EN EL MODELO DE SIMULACION.

La gestión de la demanda se realiza a través de un algoritmo de control que corrige el nivel de potencia de carga del vehículo en función del valor de voltaje medido, es decir es un bucle que incrementa progresivamente la potencia de carga del vehículo hasta que el voltaje decaiga a niveles no aceptables, en caso de que el valor se mantenga el vehículo podrá cargarse al 100%.

Si el voltaje decae durante la carga del vehículo, éste disminuirá progresivamente su potencia de carga hasta que el voltaje se reestablezca, en el caso de que el voltaje no se recupere a valores aceptables el vehículo descenderá su carga hasta un valor mínimo definido 10%, este valor mínimo permite que el vehículo no se desconecte y por lo tanto no disminuir la vida útil de la batería incrementando el número de ciclos de carga.

Si el voltaje se incrementa debido a que ha pasado la hora pico del sistema, entonces el algoritmo ira incrementando su potencia de carga hasta llegar al 100% cuando el voltaje alcance el valor nominal que generalmente se da durante las horas de demanda mínima del sistema.

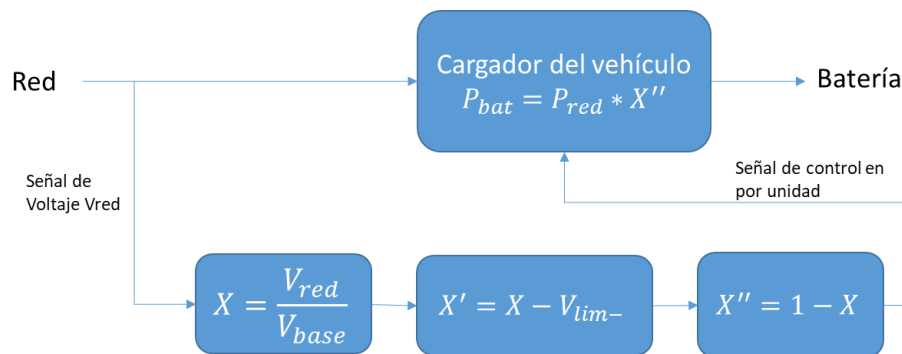


Figura 4.10. Algoritmo de gestión de demanda.

En la primera etapa el algoritmo toma el voltaje medido de la red de alimentación y determina la caída de voltaje respecto del voltaje nominal, este perfil será la señal de entrada que controlará la potencia de carga del vehículo, a continuación, en la figura 4.11 se muestra dicho

perfil de caída de voltaje ajustado su comportamiento en un perfil en por unidad, donde se determina que la caída máxima de voltaje se da en la hora pico.

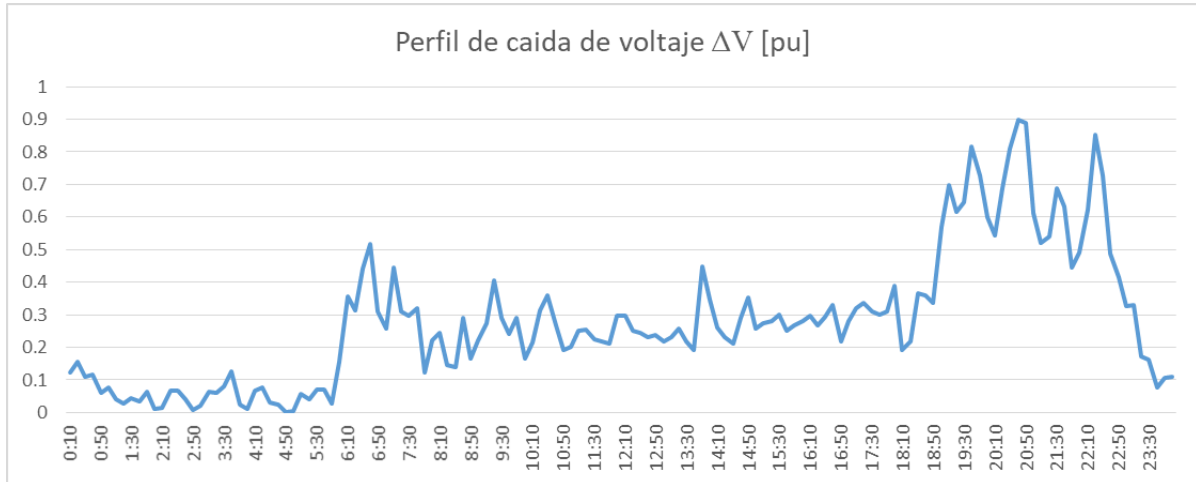


Figura 4.11. Perfil de caída de Voltaje en pu.

Una vez obtenido la caída de voltaje, el modelo determina el margen que se consideraría disponible que se pudiera soportar cuando se realice la carga de los vehículos a insertar, dicho “margen de voltaje disponible” determinará el porcentaje de “reserva” que se dispondría en el sistema de distribución, por lo tanto, se podría decir que su comportamiento debería ser imitado por los vehículos para evitar inconvenientes de voltaje en la red, en la figura 4.12 se muestra este margen de voltaje en por unidad disponible en la red.

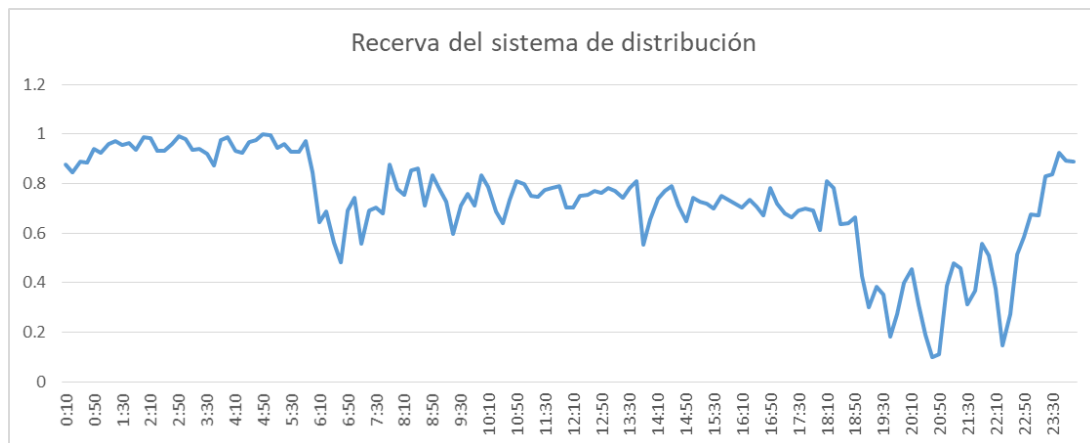


Figura 4.12. Margen de voltaje disponible.

El margen unitario disponible en cada intervalo de 10 minutos es el peso que afectará a la potencia máxima de carga del vehículo y se obtiene que para un vehículo estándar de 5,5 kW que necesita 25KWh para cargarse al 100%, se calcula el área bajo la curva es decir la energía necesaria, como se observa en la figura 4.13.

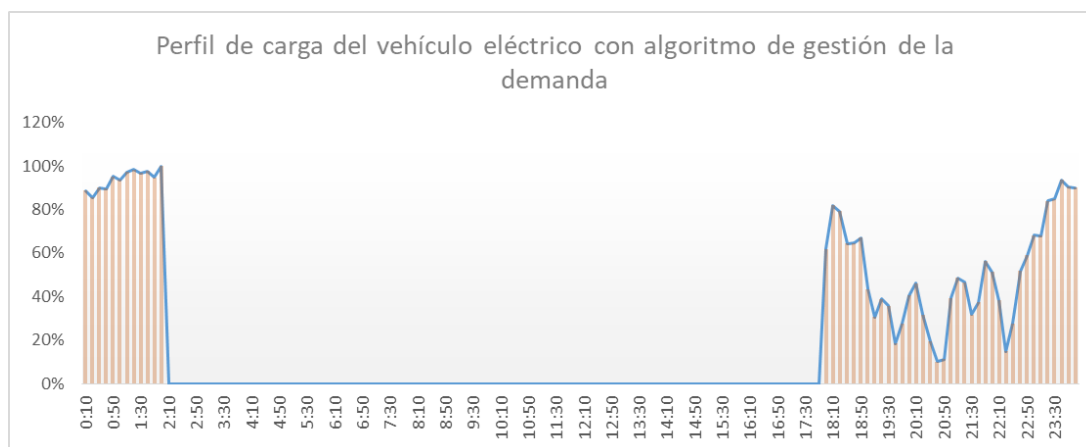


Figura 4.13. Perfil de carga del vehículo con algoritmo de gestión.

Al integrar el área bajo la curva para completar la energía que requiere el vehículo, se obtiene el tiempo de carga del mismo que en este caso es de 8 horas 10 minutos, lo que significa un incremento en el tiempo para carga completa que en el caso de estudio sin gestión de la demanda es de 4 horas 33 minutos.

Al igual que para el caso anterior donde se encontró el nivel máximo de penetración para vehículos sin gestión de la demanda se usan los mismos tres criterios de parada:

- Que no se supere la potencia instalada de transformación.
- Que no se sobrecarguen las redes.
- Que no se incumpla el límite de caída de voltaje.

Cuando se incumpla cualquiera de estos tres criterios significará que el punto anterior es el límite máximo de inserción de vehículos eléctricos con gestión de la demanda que el sistema puede soportar en las condiciones actuales.

Este ejercicio se lo realiza inicialmente con cinco escenarios de penetración

Tabla 4.6. Número de vehículos insertados para cada escenario

Escenario	# de vehículos insertados	% Penetración
1	4	9%
2	9	20%
3	14	30%
4	19	41%
5	23	50%

El resultado de perfil de potencia en el transformador se muestra en la figura 4.14, donde se obtiene que con los escenarios 3, 4 y 5 la capacidad de la estación de transformación ya es superada.

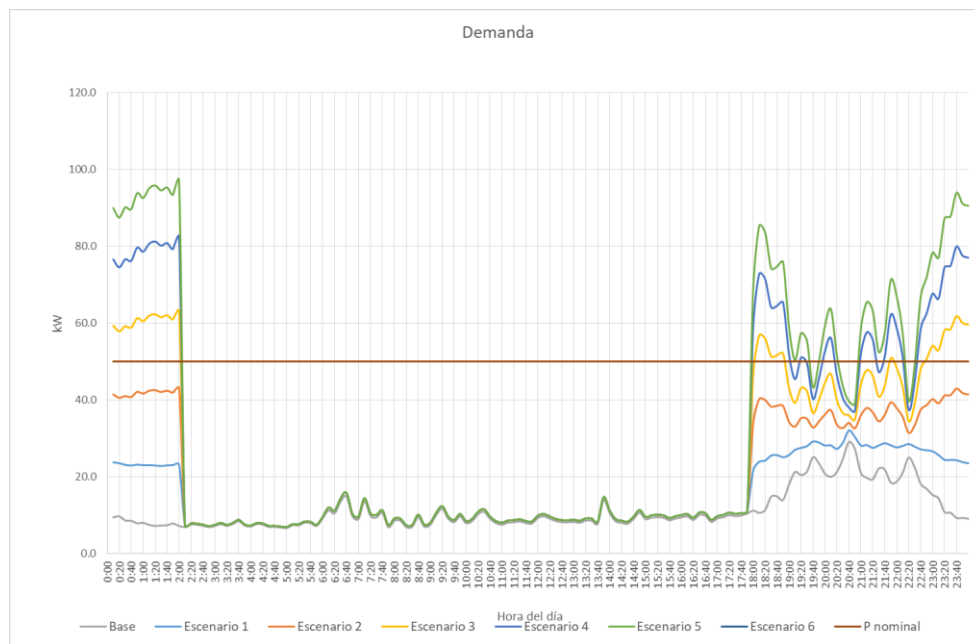


Figura 4.14. Perfiles de potencia en el transformador para los 5 escenarios.

Del análisis de cargabilidad de las líneas se obtiene que para todos los escenarios se incumple

con la capacidad máxima de las líneas por lo que es necesario evaluar un escenario menor al escenario 2 en el cual ya se incumple por 7,8%.

Tabla 4.7. Cargabilidad de las líneas

Línea	I nominal (A)	Base	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Esc 4	Esc 5
Line.lbta_121355	140	62.23%	66.89%	107.80%	142.57%	185.86%	207.27%
Line.lbta_121354	140	62.23%	66.89%	107.80%	142.57%	185.86%	207.27%
Line.abta_132200	65	8.91%	8.92%	25.45%	50.71%	73.72%	72.99%
Line.lbta_14980	242	15.91%	15.93%	25.30%	38.76%	51.34%	57.34%
Line.lbta_325192	242	17.72%	19.74%	23.72%	30.27%	42.59%	48.94%
Line.lbta_13940	242	10.05%	10.06%	20.92%	27.62%	40.31%	46.39%
Line.abta_14981	76	4.99%	7.06%	21.08%	42.32%	42.77%	43.11%
Line.abta_227384	76	10.83%	12.93%	22.09%	43.31%	43.65%	42.93%
Line.abta_148726	76	13.96%	13.99%	1.24%	1.24%	42.48%	42.26%
Line.abta_336282	76	5.90%	5.91%	21.61%	21.80%	42.50%	42.08%

En cuanto a los niveles de voltaje de cada punto se observa que para el escenario dos no se incumple los niveles de voltaje en ninguna barra como se muestra en la figura 4.15 de dispersión.

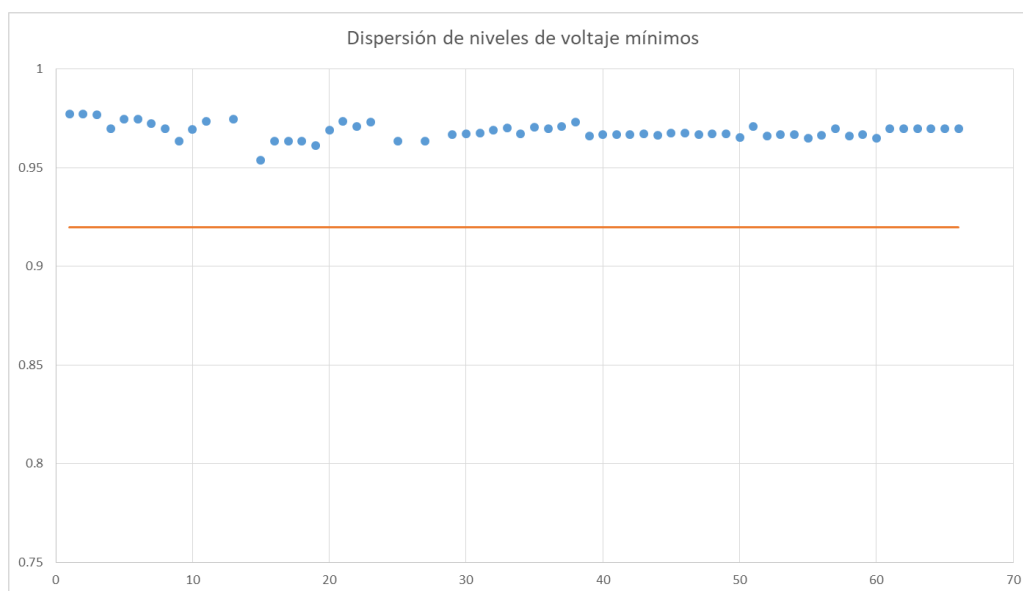


Figura 4.15. Grafica de dispersión de niveles mínimos de voltaje escenario 2.

Debido a que dos criterios no se cumplen con el escenario dos, se procede a evaluar cinco escenarios adicionales, los cuales estarán contenidos entre el escenario uno y el escenario 2 planteados inicialmente.

Tabla 4.8. Escenarios

Escenario	# de vehículos insertados	% Penetración
1	7	15%
2	8	17%
3	9	20%
4	10	22%
5	11	24%

Para el escenario 2, nivel de penetración del 17% se observa que ya no se incumplen los criterios, por lo que podemos decir que este será el nivel máximo permitido de vehículos con gestión de la demanda que se podrán permitir en este sistema sin afectar la calidad del servicio eléctrico, a continuación, en las figuras 4.16 - 4.17 y en la tabla 11 se muestra el cumplimiento de los tres criterios.

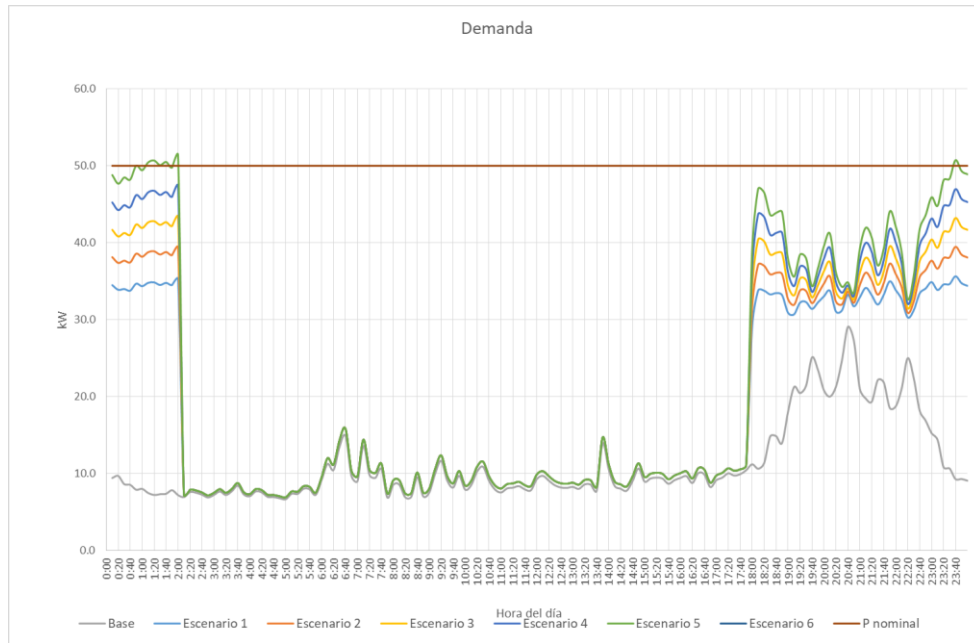


Figura 4.16. Perfil de potencia en el transformador

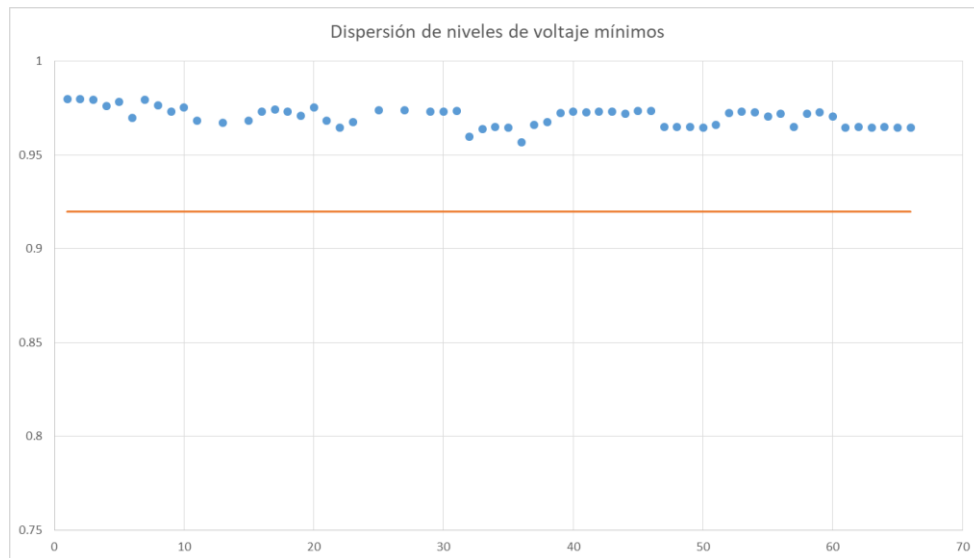


Figura 4.17. Dispersión de niveles de voltaje mínimos

Tabla 4.9. Cumplimiento de los tres criterios para el escenario 2 (17% de penetración)

Linea	I nominal (A)	Base	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Esc 4	Esc 5
Line.lbta_121355	140	62.23%	84.57%	96.69%	108.17%	108.13%	119.75%
Line.lbta_121354	140	62.23%	84.57%	96.69%	108.17%	108.13%	119.75%
Line.abta_148726	76	13.96%	43.53%	44.05%	43.84%	43.84%	43.71%
Line.lbta_14980	242	15.91%	25.25%	25.33%	25.39%	30.66%	32.11%
Line.lbta_325192	242	17.72%	17.26%	24.01%	30.43%	30.43%	30.39%
Line.abta_132200	65	8.91%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	25.59%
Line.abta_14977	65	4.30%	25.21%	25.29%	25.36%	25.32%	25.38%
Line.abta_735444	65	3.61%	25.10%	25.27%	25.24%	25.30%	25.30%
Line.abta_204227	65	4.21%	25.01%	25.08%	25.15%	25.13%	25.23%
Line.abta_14979	65	3.01%	25.13%	25.21%	25.25%	25.24%	25.15%

4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES Y NIVELES DE PENETRACIÓN.

El análisis de los resultados de las simulaciones se describe desde tres puntos de vista

1. Cargabilidad del transformador
2. Cargabilidad de las líneas
3. Niveles de voltaje en cada punto del sistema de distribución.

En cuanto a la cargabilidad del transformador se encontró que al gestionar la demanda, se puede servir a más clientes con vehículos sin tener que repotenciar la estación de transformación, por lo tanto si solo existiere la restricción de la capacidad del transformador se pudiera incrementar el número de vehículos de 7% a 24%, sin embargo se vió que las otras restricciones limitan este nivel de penetración a solo el 17%.

Del caso de estudio se observa que el principal limitante es la cargabilidad de las líneas, ya que esta restricción fue la que definió los niveles máximos de penetración de los dos escenarios (con y sin gestión de la demanda), por lo que se puede suponer que será el gran

limitante a la hora de una implantación masiva de VEs. Como una conclusión se puede decir que para incrementar la capacidad de los sistemas de distribución no basta con cambiar la potencia del transformador, sino que se deberá dividir circuitos para evitar el inconveniente de cargabilidad de líneas que representa la mayor amenaza.

Sobre el nivel de voltaje, se demuestra que para sistemas de distribución urbanos las caídas de voltaje no representan mayor inconveniente, a pesar de que el voltaje varíe en el tiempo, en el caso de estudio se observó que, para la totalidad de los escenarios con máximo nivel de penetración, los niveles de voltaje se mantienen sobre los límites regulados durante los 144 intervalos del día.

4.7 ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS

Para poder realizar un análisis de las pérdidas técnicas del sistema, es necesario que los dos escenarios sean comparables es decir que tengan el mismo nivel de penetración, para este caso se ejecutaran simulaciones en condiciones similares y se verificará el valor de pérdidas técnicas entre los dos escenarios para poder determinar si con el algoritmo de gestión de la demanda las pérdidas disminuyen o se incrementan.

A continuación, se presentan los perfiles de pérdidas para los dos casos de estudio, es decir sin gestión de la demanda y con gestión de la demanda:

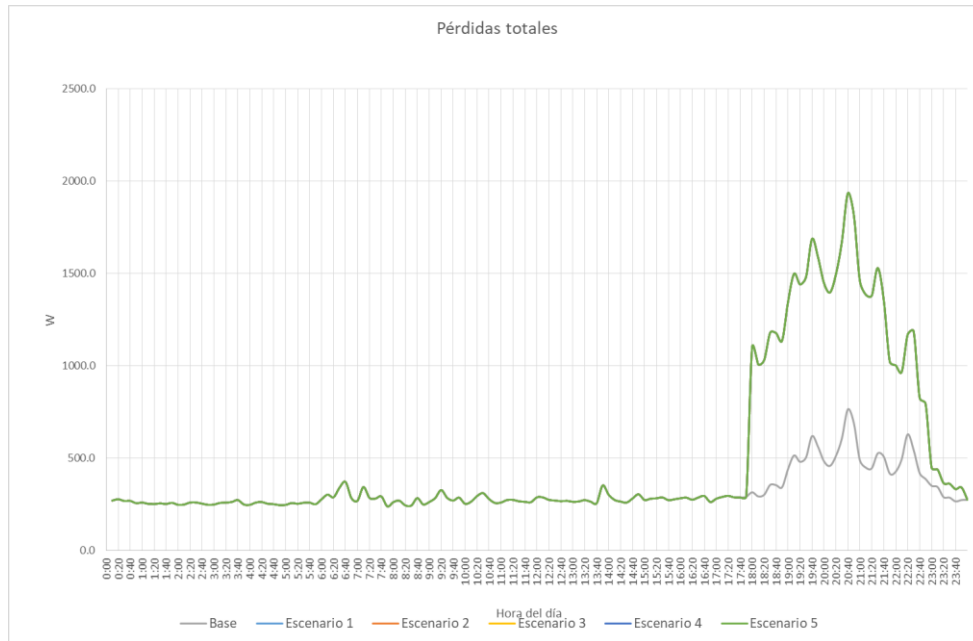


Figura 4.18. Grafica de pérdidas en el sistema sin gestión de la demanda

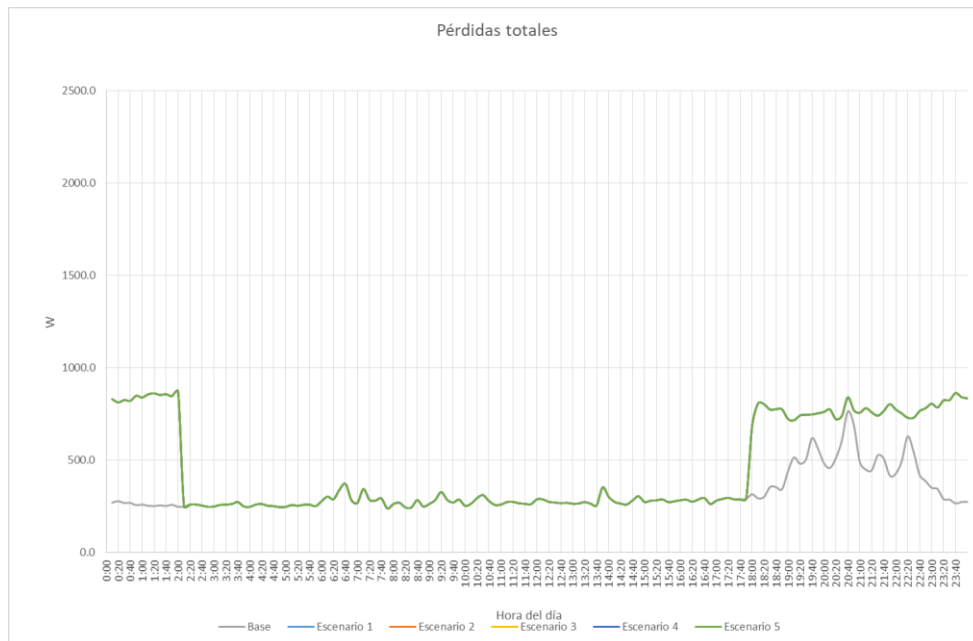


Figura 4.19. Grafica de pérdidas en el sistema con gestión de la demanda

Como resultado del cálculo de la energía pérdida en el sistema de distribución se obtiene la

tabla 12:

Tabla 4.10. Resultado del cálculo de pérdidas

PERDIDAS	Valor máximo de pérdidas alcanzado [W]	Energía en pérdidas diaria [kWh]	PERDIDAS [%]
Sin gestión de la demanda	1934.66	11.87	3.15%
Con gestión de la demanda	872.30	10.79	2.84%

Se puede concluir que para este caso existe una leve disminución en las pérdidas de 0.31%, sin embargo, cuando se considera la potencia total instalada en el país este pequeño porcentaje puede representar varios miles de dólares, por lo que se puede considerar como una ventaja adicional la reducción de pérdidas técnicas.

4.8 EXTRAPOLACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La extrapolación del caso de estudio y una posible masificación del modelo de gestión de la demanda planteada en este trabajo es posible debido a los siguientes considerandos:

Que la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur actualmente cuenta con 406.000 clientes divididos de los cuales 356.727 son residenciales, porcentajes similares al caso de estudio.

Que la potencia instalada es de 807 MW la cual está distribuida en 25016 estaciones de transformación, con una cargabilidad promedio de entre el 45 al 60%, cargabilidad similar a la utilizada en el caso de estudio.

Que la potencia instalada en transformadores urbanos representa el 78,5% de la potencia instalada del sistema, característica igual al transformador del caso de estudio.

Que los primeros clientes en adquirir vehículos eléctricos serán del tipo urbano, debido a las características de este tipo de movilidad y a que la mayoría de automóviles lanzados al

mercado están enfocados a estos clientes.

Que los perfiles de carga de los clientes utilizados en el modelo fueron caracterizados a partir de una muestra de todo el sistema de distribución.

Que más del 95% de las redes de distribución son aéreas en poste y utilizan herrajería homologada, por lo que las inter distancias entre conductores son iguales entre sí y con las del caso de estudio.

Que los calibres de los conductores utilizados en el modelo son secciones comúnmente utilizadas para redes de bajo voltaje.

Que los vehículos sometidos a prueba y caracterizados para el modelo son los que se encuentran en el mercado y pudieran ser adquiridos en función de la capacidad adquisitiva de la población en general.

En este sentido, se puede concluir que los datos obtenidos en la simulación se pueden hacer extensivos al resto del universo, por lo que a continuación se tocarán ciertos temas que pudieran ser importantes para aspectos de planificación del sistema eléctrico de distribución.

Con la incorporación de un modelo de gestión para demanda de vehículos eléctricos, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur podría postergar inversiones en repotenciación de su sistema, debido a que con dicho modelo se puede soportar hasta en un 10% más de penetración de vehículos eléctricos, si consideramos que cada consumidor tendrá por lo menos un vehículo eléctrico, podemos suponer que el modelo de gestión de la demanda permitirá incorporar aproximadamente 40.600 vehículos adicionales sin ninguna modificación de la red.

En cuanto a las pérdidas técnicas se observó una reducción del 0,31% al utilizar el modelo de gestión de la demanda, este valor de reducción de pérdidas representa un ahorro de varios miles de dólares anuales en función de la compra de energía.

Con la tasa de crecimiento de vehículos eléctricos en el país, se pudiera decir que el 10% adicional que ofrece la incorporación del modelo de gestión de la demanda, fácilmente podría retrasar las inversiones por este motivo una decena de años, aunque esto podría acelerarse en función del precio de los combustibles y la disminución del costo de este tipo de vehículos.

4.9 ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS.

Actualmente el tema de vehículos eléctricos ya forma parte de algunas regulaciones a nivel nacional, en cumplimiento al compromiso Presidencial Nro. 21898 de abril 11 de 2014, sobre la producción de vehículos eléctricos y la elaboración de una propuesta técnica referente al sistema tarifario; el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad – ARCONEL, mediante Resolución No. ARCONEL-038/15 de sesión de junio 24 de 2015, aprobó el “Esquema Tarifario para la introducción de los Vehículos Eléctricos en el Ecuador”; el cual da paso a la implementación efectiva del sistema tarifario, cuyas tarifas reflejarán costos asequibles para los propietarios de este tipo de vehículos., es así que el pliego tarifario para el presente año 2021 incluye tres apartados exclusivos para este tema los cuales son: [10]

“4.4.6 Tarifa General de Bajo Voltaje con registrador de demanda horaria para Vehículos Eléctricos

5.6 Tarifa General de Medio Voltaje con registrador de demanda horaria para las Estaciones de carga rápida de Vehículos Eléctricos

6.4 Tarifa General de Alto Voltaje para las estaciones de carga rápida de Vehículos Eléctricos

9.3 Vehículos Eléctricos – Factores de Gestión de la Demanda”

En resumen del punto 4.4.6 del pliego, el cliente deberá cancelar un valor diferenciado de energía en función de la hora de consumo, es así que durante el periodo comprendido entre las 18h00 y las 22h00 de lunes a domingo el cliente cancelara el 100% del costo, durante las

horas comprendidas entre las 8h00 y las 18h00 de lunes a viernes el cliente cancelara el 80% y durante las horas de 22h00 a 8h00 de lunes a domingo y de 8h00 a 18h00 sábados y domingos e cliente cancelara el 50%, esta tarifa aplica para carga lenta menores a 10kW.

De igual forma existen incentivos para carga rápida es decir para clientes de medio y alto voltaje, tema que no se tocara debido a no ser parte del análisis de este trabajo.

Adicionalmente, la regulación ARCERNR 01-2020 define el procedimiento para acceder al servicio público de energía eléctrica y las condiciones bajo las cuales se prestará el servicio, indicando que los que soliciten un servicio para carga lenta de vehículos eléctricos, serán considerados como clientes nuevos y se les instalara un equipo de medición con registro de perfil horario cada 15 minutos y que la demanda máxima que se permite para cargadores domiciliarios es de 10kW.

Actualmente la ARCERNR se encuentra desarrollando una regulación denominada “Modelo de Contrato de suministro para los proveedores del servicio de carga que realizan la actividad de comercialización de energía a vehículos eléctricos” la cual busca definir las condiciones comerciales con las que actuaran las personas naturales o jurídicas proveedoras del servicio de carga que realizan la actividad de comercialización de energía para vehículos eléctricos.

Sobre esta base, el modelo de gestión de la demanda planteado en este trabajo no solo tiene beneficios técnicos, sino también económicos para el cliente ya que al trasladar al consumo a un horario de menor valor el propietario del vehículo estaría cancelando la energía con un 50% de descuento.

5 CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La inclusión de un modelo de gestión de la demanda para vehículos eléctricos contribuye a evitar el incremento de pérdidas técnicas en el sistema.

El nivel de penetración de VEs en el sistema de distribución se ve incrementado en aproximadamente un 10% con respecto a un sistema que no cuente con un modelo de gestión, utilizando la infraestructura existente, es decir sin efectuar ningún cambio en red actual.

La implantación de un modelo de gestión de la demanda ayuda a conservar los niveles de calidad de energía, no solo para el cliente que posee el vehículo eléctrico sino también para el resto de clientes conectados a esta red.

La Empresa distribuidora de energía también se ve beneficiada debido a que se postergan las inversiones en infraestructura eléctrica, que este tiempo podrá verse afectado por la velocidad de inserción de este tipo de movilidad, así como del precio de los combustibles y de los VEs.

La empresa evita tener potencia instalada sobredimensionada que genera pérdidas en vacío.

Se demostró que la gestión de demanda de este tipo de cargas importantes es indispensable si se busca tener un sistema eléctrico eficiente, dicha gestión no solo se puede realizar por el modelo planteado en este trabajo, ya que existen varias estrategias no solo técnicas sino también comerciales por las que se puede gestionar esta demanda.

El modelo de gestión de la demanda planteado en este trabajo no solo tiene beneficios técnicos, sino también económicos para la cliente ya que al trasladar al consumo a un horario de menor valor el propietario del vehículo estaría cancelando la energía con un 50% de

descuento, lo cual representará una ventaja competitiva versus el vehículo a combustión.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización de estudios complementarios en la rama de la electrónica de potencia, con el objetivo de diseñar el dispositivo capaz de medir el voltaje de la red y comunicarse con el vehículo para controlar la potencia de carga.

Se recomienda ejecutar estudios complementarios en el área sociales y de comportamiento de los conductores y futuros propietarios de vehículos eléctricos con el objetivo de definir sus expectativas con respecto al proyecto y si está o no de acuerdo que se controle su manera de cargar su vehículo.

A futuro la medición inteligente deberá tener la capacidad de facturar energía a un menor costo si la potencia consumida es menor a la demanda máxima registrada, además de manejar tarifas variables en función de otros aspectos adicionales al horario, tales como la forma de consumo.

Se ha demostrado con el estudio que la estrategia para incrementar la capacidad del sistema de distribución, no se limita a incrementar la potencia del transformador es necesario dividir circuitos para acortar distancia y evitar los problemas de cargabilidad de líneas y caídas de voltaje, que son la principal restricción como se observó en los diferentes escenarios planteados y resueltos.

6 CAPÍTULO VI

6.1 BIBLIOGRAFÍA

1. Sedano Franco, J., Portal García, M., Hernández Arauzo, A., Villar Flecha, J. R., Puente Peinador, J., & Varela Arias, J. R. (2013). Sistema inteligente de recarga de vehículos eléctricos: Diseño y operación. *Dyna*, 88 (6).
2. Gómez, J., González, L., Vide, P., & Gameiro, N. (2017). Impacto de las estaciones de carga para vehículo eléctrico en la curva de carga de la Ciudad de Cuenca. *Maskana*, 8, 239-246.
3. Mendoza, C., Quintero, A., & Alarcón, J. (2015). Algoritmo de gestión para la recarga de vehículos eléctricos. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 19(2), 90-98.
4. IRENA (2019), Innovation outlook: Smart charging for electric vehicles, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN 978-92-9260-124-9
5. Open Ministerial Session: "Accelerating the transition: Innovation for greener and more inclusive transport" at the International Transport Forum's 2016 Summit on "Green and Inclusive Transport" in Leipzig, Germany on 19 May 2016 in Leipzig, Germany.
6. The viability of vehicle-to-grid operations from a battery technology and policy perspective Kotub Uddina, Matthieu Dubarryb, Mark B. Glickb a WMG, International Digital Laboratory, The University of Warwick, Coventry CV4 7AL, UK b Hawaii Natural Energy Institute, SOEST, University of Hawaii at Manoa, 1680 East-West Road, POST 109, Honolulu, HI 96822, USA, 2018.
7. Ruíz, M. G. (2015). *Pasado, presente y futuro de vehiculos electricos* (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Eléctrica).
8. Esther de Aragón, 2018, Modos y tipos de carga de un vehículo eléctrico, movilidadelectrica.com
9. José Cardenas, Brian Jaramillo, Sergio Zambrano, 2017, Modelación y simulación de las redes de baja tensión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A, Universidad de Cuenca.
10. Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica Periodo: Enero – Diciembre 2021, RESOLUCIÓN

NRO. ARCERNNR-003/2021, Dirección de Regulación Económica y Tarifas del Sector Eléctrico.

11. Pedersen, A. B., Martinenas, S., Andersen, P. B., Sørensen, T. M., & Høj, H. S. (2016). A Method for Remote Control of EV Charging by Modifying IEC61851 Compliant EVSE Based PWM Signal. In Proceedings of SmartGridComm 2015 IEEE.
12. Mu, Y., Wu, J., Ekanayake, J., Jenkins, N., & Jia, H. (2012). Primary frequency response from electric vehicles in the Great Britain power system. IEEE Transactions on Smart Grid, 4(2), 1142-1150.
13. Falahati, S., Taher, S. A., & Shahidehpour, M. (2016). A new smart charging method for EVs for frequency control of smart grid. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 83, 458-469.
14. Grassi, F., & Rech, C. (2020, December). Análise normativa perante ao impacto de veículos elétricos em redes de distribuição secundária. In Congresso Brasileiro de Automática-CBA (Vol. 2, No. 1).
15. Palomeque, E. F., & Salcedo, M. C. (2015). El Vehículo Eléctrico Análisis de su Infraestructura de Carga y su Integración a una Smart Grid. In Congreso Internacional Sostenibilidad Energética (p. 7).
16. a-eberle, "Analizador de redes móvil PQ-Box 100." [Online]. Available: <http://www.a-eberle.de/es/grupos-de-productos/calidad-de-energiamovil/componentes/pq-box-100>.
- 17.

7 ANEXOS

ANEXO 1. Parametrizaciones en OPEN DSS

----- Master.dss -----

Clear

Set DefaultBaseFrequency=60

New Circuit.RedBT_63991 bus=barra1 phases=3 basekv=22 pu=1 frequency=60

! Librerías de datos generales

Redirect DatosTrafos.dss

Redirect Estructuras.dss

Redirect DatosConductores.dss

Redirect DatosCablesSubterraneos.dss

Redirect DatosCablesAereos.dss

! Elementos del circuito para este modelo

Redirect Trafo.dss

Redirect Lineas.dss

Redirect Cargas.dss

! DSS define el voltaje base

Set Voltagebases=[22, 0.22]

Calcvoltagebases

! Coordenadas de las barras

Buscoords Barras.dss

! Se adiciona el medidor en el lado de baja del trafo

New Energymeter.Med1 Transformer.Trf_63991 terminal=1

----- Trafo.dss -----

New Transformer.Trf_63991 XfmrCode=TRV0020 buses=[barra1.1.2.3 TD_63991.1.2.3.0]

AddBusMarker Bus=barra1 Code=36 color=green size=4

----- Lineas.dss -----

New Line.LBTA_121354 bus1=TD_63991.1.2.3.0 bus2=BTA_121354.1.2.3.0 length=0.2 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0002 COO0002 COO0002 COO0002]

New Line.LBTA_121355 bus1=BTA_121354.1.2.3.0 bus2=BTA_121355.1.2.3.0 length=0.2 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0002 COO0002 COO0002 COO0002]

New Line.LBTA_14980 bus1=BTA_121355.1.2.3.0 bus2=BTA_14980.1.2.3.0 length=17.74 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]

New Line.ABTA_14981 bus1=BTA_121355.1.2.3.0 bus2=BTA_14981.1.2.3.0 length=3.12 units=m

phases=3 linecode=COO0053

New Line.LBTA_325192 bus1=BTA_121355.1.2.3.0 bus2=BTA_325192.1.2.3.0 length=29.41 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]

New Line.ABTA_339292 bus1=BTA_121355.1.2.0 bus2=BTA_339292.1.2.0 length=11.25 units=m

phases=3 linecode=COO0049

New Line.LBTA_10799 bus1=BTA_14980.1.2.3.0 bus2=BTA_10799.1.2.3.0 length=19.71 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0032]

New Line.LBTA_13940 bus1=BTA_14980.1.2.3.0 bus2=BTA_13940.1.2.3.0 length=19.56 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]

New Line.LBTA_14987 bus1=BTA_14980.1.2.3.0 bus2=BTA_14987.1.2.3.0 length=8.99 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]

New Line.LBTA_14982 bus1=BTA_325192.1.2.3.0 bus2=BTA_14982.1.2.3.0 length=9.54 units=m

phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]

New Line.ABTA_315625 bus1=BTA_325192.2.3.0 bus2=BTA_315625.2.3.0 length=2.1 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_345126 bus1=BTA_325192.1.2.0 bus2=BTA_345126.1.2.0 length=6.38 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_204227 bus1=BTA_10799.2.3.0 bus2=BTA_204227.2.3.0 length=7.12 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_132200 bus1=BTA_13940.1.2.0 bus2=BTA_132200.1.2.0 length=11.97 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_189416 bus1=BTA_13940.1.3.0 bus2=BTA_189416.1.3.0 length=2.26 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.LBTA_14976 bus1=BTA_13940.1.2.3.0 bus2=BTA_14976.1.2.3.0 length=17.54 units=m
 phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]
 New Line.ABTA_336282 bus1=BTA_13940.1.2.3.0 bus2=BTA_336282.1.2.3.0 length=1.75 units=m
 phases=3 linecode=COO0053
 New Line.ABTA_379045 bus1=BTA_13940.1.3.0 bus2=BTA_379045.1.3.0 length=9.1 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.LBTS_27109 bus1=BTA_14987.1.2.3.0 bus2=BTS_27109.1.2.3.0 length=1.24 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159
 New Line.LBTA_299039 bus1=BTA_14982.1.2.3.0 bus2=BTA_299039.1.2.3.0 length=9.88 units=m
 phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]
 New Line.LBTA_14983 bus1=BTA_14982.1.2.3.0 bus2=BTA_14983.1.2.3.0 length=22.02 units=m
 phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]
 New Line.LBTA_14985 bus1=BTA_14982.1.2.3.0 bus2=BTA_14985.1.2.3.0 length=15.36 units=m
 phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]
 New Line.ABTA_130407 bus1=BTA_14976.2.3.0 bus2=BTA_130407.2.3.0 length=6.91 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_133837 bus1=BTA_14976.1.2.0 bus2=BTA_133837.1.2.0 length=10.05 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_14977 bus1=BTA_14976.2.3.0 bus2=BTA_14977.2.3.0 length=5.75 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_14978 bus1=BTA_14976.1.2.3.0 bus2=BTA_14978.1.2.3.0 length=2.24 units=m
 phases=3 linecode=COO0053
 New Line.ABTA_14979 bus1=BTA_14976.2.3.0 bus2=BTA_14979.2.3.0 length=11.98 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.LBTS_27119 bus1=BTS_27109.1.2.3.0 bus2=BTS_27119.1.2.3.0 length=29.23 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159
 New Line.LBTS_27116 bus1=BTS_27109.1.2.3.0 bus2=BTS_27116.1.2.3.0 length=28.73 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159
 New Line.LBTS_27110 bus1=BTS_27109.1.2.3.0 bus2=BTS_27110.1.2.3.0 length=30.99 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159
 New Line.ABTA_299038 bus1=BTA_14983.1.2.3.0 bus2=BTA_299038.1.2.3.0 length=15.1 units=m
 phases=3 linecode=COO0053
 New Line.ABTA_148726 bus1=BTA_14983.1.2.3.0 bus2=BTA_148726.1.2.3.0 length=7.11 units=m
 phases=3 linecode=COO0053
 New Line.LBTA_121352 bus1=BTA_14983.1.2.3.0 bus2=BTA_121352.1.2.3.0 length=30 units=m
 phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]
 New Line.ABTA_332297 bus1=BTA_14983.1.3.0 bus2=BTA_332297.1.3.0 length=2.77 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.ABTA_735444 bus1=BTA_14983.1.3.0 bus2=BTA_735444.1.3.0 length=29.59 units=m
 phases=3 linecode=COO0049
 New Line.LBTA_14986 bus1=BTA_14985.1.2.3.0 bus2=BTA_14986.1.2.3.0 length=29.54 units=m
 phases=3 linecode=COO0053
 New Line.LBTA_90192 bus1=BTA_14985.1.2.3.0 bus2=BTA_90192.1.2.3.0 length=0.01 units=m
 phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0030]
 New Line.LBTS_27118 bus1=BTS_27119.1.2.3.0 bus2=BTS_27118.1.2.3.0 length=15.03 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159
 New Line.LBTS_27122 bus1=BTS_27119.1.2.3.0 bus2=BTS_27122.1.2.3.0 length=0.78 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159
 New Line.LBTS_27117 bus1=BTS_27116.1.2.3.0 bus2=BTS_27117.1.2.3.0 length=15.03 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159
 New Line.LBTS_27120 bus1=BTS_27116.1.2.3.0 bus2=BTS_27120.1.2.3.0 length=1.01 units=m
 phases=3 linecode=3P_COO0159

```

New Line.LBTS_27121 bus1=BTS_27116.1.2.3.0 bus2=BTS_27121.1.2.3.0 length=0.02 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27111 bus1=BTS_27110.1.2.3.0 bus2=BTS_27111.1.2.3.0 length=50.17 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27115 bus1=BTS_27110.1.2.3.0 bus2=BTS_27115.1.2.3.0 length=0.95 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_136552 bus1=BTS_27110.1.2.3.0 bus2=BTS_136552.1.2.3.0 length=0.99 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.ABTA_227384 bus1=BTA_121352.1.2.3.0 bus2=BTA_227384.1.2.3.0 length=2.47 units=m
phases=3 linecode=COO0053
New Line.LBTA_121353 bus1=BTA_121352.1.2.3.0 bus2=BTA_121353.1.2.3.0 length=26.39 units=m
phases=3 spacing=4EP wires=[COO0032 COO0032 COO0032 COO0031]
New Line.ABTA_626353 bus1=BTA_121352.1.2.3.0 bus2=BTA_626353.1.2.3.0 length=3.36 units=m
phases=3 linecode=COO0053
New Line.ABTA_656101 bus1=BTA_121352.1.2.3.0 bus2=BTA_656101.1.2.3.0 length=16.52 units=m
phases=3 linecode=COO0053
New Line.LBTS_27128 bus1=BTA_14986.1.2.3.0 bus2=BTS_27128.1.2.3.0 length=0.75 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27124 bus1=BTS_27118.1.2.3.0 bus2=BTS_27124.1.2.3.0 length=0.99 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27123 bus1=BTS_27122.1.2.3.0 bus2=BTS_27123.1.2.3.0 length=0.02 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27126 bus1=BTS_27117.1.2.3.0 bus2=BTS_27126.1.2.3.0 length=0.8 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27112 bus1=BTS_27111.1.2.3.0 bus2=BTS_27112.1.2.3.0 length=53.26 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27114 bus1=BTS_27111.1.2.3.0 bus2=BTS_27114.1.2.3.0 length=0.97 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27129 bus1=BTS_27128.1.2.3.0 bus2=BTS_27129.1.2.3.0 length=29.26 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27125 bus1=BTS_27124.1.2.3.0 bus2=BTS_27125.1.2.3.0 length=0.31 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27127 bus1=BTS_27126.1.2.3.0 bus2=BTS_27127.1.2.3.0 length=0.03 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27113 bus1=BTS_27112.1.2.3.0 bus2=BTS_27113.1.2.3.0 length=0.89 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27130 bus1=BTS_27129.1.2.3.0 bus2=BTS_27130.1.2.3.0 length=13.32 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTS_27131 bus1=BTS_27129.1.2.3.0 bus2=BTS_27131.1.2.3.0 length=0.79 units=m
phases=3 linecode=2P_COO0159
New Line.LBTS_27132 bus1=BTS_27130.1.2.3.0 bus2=BTS_27132.1.2.3.0 length=0.73 units=m
phases=3 linecode=3P_COO0159
New Line.LBTA_129073 bus1=BTS_27131.1.2.3.0 bus2=BTA_129073.1.2.3.0 length=0.02 units=m
phases=3 spacing=4EP wires=[COO0133 COO0133 COO0133 COO0133]
New Line.LBTA_772234 bus1=BTS_27132.1.2.3.0 bus2=BTA_772234.1.2.3.0 length=0.05 units=m
phases=3 spacing=4EP wires=[COO0066 COO0066 COO0066 COO0066]

```

-----Barras.dss-----

```

barra1 724571.9725 9680152.73225
TD_63991 724571.9725 9680152.53225
BTA_121354 724572.058625 9680152.3535
BTA_121355 724572.176 9680152.186
BTA_14980 724588.035 9680160.136
BTA_14981 724569.126 9680152.866
BTA_325192 724546.026 9680138.736
BTA_339292 724561.526 9680148.556
BTA_10799 724605.627375 9680169.013
BTA_13940 724578.146 9680177.016
BTA_14987 724592.495 9680152.336
BTA_14982 724537.376 9680134.716
BTA_315625 724546.926 9680140.636
BTA_345126 724550.966 9680142.776

```

UCUENCA

BTA_204227	724598.805	9680171.066
BTA_132200	724573.06	9680166.005
BTA_189416	724578.706	9680179.206
BTA_14976	724570.246	9680192.365
BTA_336282	724580.036	9680176.706
BTA_379045	724569.856	9680173.336
BTS_27109	724593.606	9680151.793
BTA_299039	724528.436	9680130.516
BTA_14983	724529.786	9680155.386
BTA_14985	724542.686	9680120.306
BTA_130407	724563.592	9680190.491
BTA_133837	724561.502	9680187.406
BTA_14977	724575.156	9680195.355
BTA_14978	724571.556	9680194.185
BTA_14979	724565.206	9680181.496
BTS_27119	724594.907	9680122.592
BTS_27116	724617.251	9680135.478
BTS_27110	724621.034	9680166.216
BTA_299038	724525.986875	9680169.99763
BTA_148726	724529.294	9680162.476
BTA_121352	724518.73	9680183.274
BTA_332297	724531.235375	9680157.74938
BTA_735444	724506.984625	9680174.24763
BTA_14986	724553.826	9680092.946
BTA_90192	724542.678	9680120.302
BTS_27118	724602.237	9680109.469
BTS_27122	724595.595	9680122.956
BTS_27117	724624.581	9680122.356
BTS_27120	724616.385	9680134.956
BTS_27121	724616.375	9680134.974
BTS_27111	724658.511	9680163.616
BTS_27115	724620.48	9680166.984
BTS_136552	724620.226	9680166.7935
BTA_227384	724521.182625	9680182.9965
BTA_121353	724509.0325	9680207.82137
BTA_626353	724520.18625	9680186.3065
BTA_656101	724502.404875	9680185.77175
BTS_27128	724554.536	9680093.19
BTS_27124	724603.095	9680109.966
BTS_27123	724595.586	9680122.972
BTS_27126	724623.885	9680121.966
BTS_27112	724661.112	9680123.301
BTS_27114	724659.155	9680162.895
BTS_27129	724577.818	9680095.777
BTS_27125	724602.939	9680110.236
BTS_27127	724623.871	9680121.99
BTS_27113	724660.515	9680123.966
BTS_27130	724582.749	9680083.408
BTS_27131	724577.155	9680095.346
BTS_27132	724582.134	9680083.006
BTA_129073	724577.173	9680095.352
BTA_772234	724582.185	9680082.99763

-----Cargas.dss-----

New load.Lum_106099	bus=BTA_14986.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_108279	bus=BTA_129073.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_108280	bus=BTS_27131.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_116731	bus=BTA_10799.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					

New load.Lum_82794	bus=BTA_14987.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_302773	bus=BTS_136552.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_124975	bus=BTS_27113.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_124976	bus=BTS_27114.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_124977	bus=BTS_27115.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_142719	bus=BTA_121352.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_144335	bus=BTA_14983.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_144334	bus=BTA_14985.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_145731	bus=BTS_27124.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_145702	bus=BTA_14976.2.3	phases=2	kW=0.1695	pf=0.99	kv=0.22	
xfkVA=0.1695	class=18	allocationfactor=0				
New load.Lum_145718	bus=BTA_90192.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_145719	bus=BTA_325192.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_145720	bus=BTA_121355.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=19	allocationfactor=0					
New load.Lum_145724	bus=BTS_27127.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_145725	bus=BTS_27126.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_145726	bus=BTS_27121.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_145727	bus=BTS_27120.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_145728	bus=BTS_27122.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_145729	bus=BTS_27123.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_145730	bus=BTS_27125.1.2	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_108271	bus=BTA_772234.2.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Lum_108278	bus=BTS_27132.1.3	phases=2	kW=0.28	pf=0.99	kv=0.22	xfkVA=0.28
class=16	allocationfactor=0					
New load.Cli_3572336	bus=BTA_132200.1.2.0	phases=2	kW=0.2214	pf=0.95	kv=0.22	
xfkVA=0.2214	class=7	allocationfactor=1				
New load.Cli_3912003	bus=BTA_148726.2.0	phases=1	kW=0.7008	pf=0.95	kv=0.127	
xfkVA=0.7008	class=8	allocationfactor=1				
New load.Cli_251777	bus=BTA_204227.2.3.0	phases=2	kW=0.448	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.448
class=5	allocationfactor=1					
New load.Cli_251785	bus=BTA_14977.2.3.0	phases=2	kW=0.4567	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.4567
class=5	allocationfactor=1					
New load.Cli_251793	bus=BTA_14979.2.3.0	phases=2	kW=0.3198	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.3198
class=4	allocationfactor=1					
New load.Cli_251801	bus=BTA_379045.1.3.0	phases=2	kW=0.4301	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.4301
class=5	allocationfactor=1					
New load.Cli_251819	bus=BTA_14981.1.2.0	phases=2	kW=0.2657	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.2657
class=3	allocationfactor=1					
New load.Cli_251835	bus=BTA_299038.1.3.0	phases=2	kW=0.6299	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.6299
class=6	allocationfactor=1					
New load.Cli_251843	bus=BTA_735444.1.3.0	phases=2	kW=0.382	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.382
class=4	allocationfactor=1					

New load.Cli_1124064 xfkVA=0.3591 class=4	bus=BTA_345126.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.3591	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1175702 xfkVA=0.4357 class=5	bus=BTA_227384.2.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.4357	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1434638 xfkVA=0.2536 class=3	bus=BTA_227384.1.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2536	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1434646 xfkVA=0.2313 class=3	bus=BTA_227384.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2313	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1556901 xfkVA=0.5566 class=5	bus=BTA_315625.2.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.5566	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1681949 xfkVA=0.2955 class=4	bus=BTA_189416.1.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2955	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1819499 xfkVA=0.4945 class=5	bus=BTA_656101.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.4945	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1895911 xfkVA=0.6907 class=6	bus=BTA_339292.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.6907	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_1996669 class=2 allocationfactor=1	bus=BTA_14978.1.3.0	phases=2	kW=0.1268	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.1268
New load.Cli_2074243 class=4 allocationfactor=1	bus=BTA_14981.1.3.0	phases=2	kW=0.3607	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.3607
New load.Cli_3075231 xfkVA=0.3816 class=4	bus=BTA_336282.2.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.3816	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3378577 xfkVA=0.2289 class=3	bus=BTA_132200.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2289	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3397098 xfkVA=0.3531 class=4	bus=BTA_336282.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.3531	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3572344 xfkVA=0.3045 class=4	bus=BTA_132200.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.3045	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3572351 xfkVA=0.2661 class=3	bus=BTA_132200.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2661	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3652906 class=4 allocationfactor=1	bus=BTA_14978.2.3.0	phases=2	kW=0.3043	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.3043
New load.Cli_3652914 class=3 allocationfactor=1	bus=BTA_14978.1.3.0	phases=2	kW=0.2787	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.2787
New load.Cli_3681681 xfkVA=0.3193 class=4	bus=BTA_133837.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.3193	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3682820 xfkVA=0.2643 class=3	bus=BTA_130407.2.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2643	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3831021 xfkVA=0.2726 class=3	bus=BTA_299038.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2726	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3831039 xfkVA=0.3256 class=4	bus=BTA_299038.2.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.3256	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3834835 xfkVA=0.3798 class=4	bus=BTA_332297.1.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.3798	pf=0.95	kv=0.127	
New load.Cli_3911971 xfkVA=0.2754 class=3	bus=BTA_148726.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2754	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3911989 xfkVA=0.2493 class=3	bus=BTA_148726.1.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2493	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_3911997 xfkVA=0.2919 class=4	bus=BTA_148726.2.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2919	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_4094827 class=2 allocationfactor=1	bus=BTA_14978.1.2.0	phases=2	kW=0.213	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.213
New load.Cli_4094835 class=2 allocationfactor=1	bus=BTA_14978.1.2.0	phases=2	kW=0.1873	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.1873
New load.Cli_4094843 class=2 allocationfactor=1	bus=BTA_14978.2.3.0	phases=2	kW=0.1509	pf=0.95	kv=0.22	xfkVA=0.1509
New load.Cli_4749321 xfkVA=0.2446 class=3	bus=BTA_626353.1.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2446	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_4749339 xfkVA=0.1841 class=2	bus=BTA_626353.1.2.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.1841	pf=0.95	kv=0.22	
New load.Cli_4799797 xfkVA=0.2211 class=3	bus=BTA_656101.2.3.0 allocationfactor=1	phases=2	kW=0.2211	pf=0.95	kv=0.22	

```

New load.Cli_4799805 bus=BTA_656101.1.2.0 phases=2 kW=0.2739 pf=0.95 kv=0.22
xfkVA=0.2739 class=3 allocationfactor=1
New load.Cli_4860078 bus=BTA_626353.1.2.0 phases=2 kW=0.122 pf=0.95 kv=0.22 xfkVA=0.122
class=2 allocationfactor=1
New load.Cli_4860086 bus=BTA_626353.1.3.0 phases=2 kW=0.1209 pf=0.95 kv=0.22
xfkVA=0.1209 class=2 allocationfactor=1
New load.Cli_1175678 bus=BTA_227384.1.3.0 phases=2 kW=0.1779 pf=0.95 kv=0.22
xfkVA=0.1779 class=2 allocationfactor=1
New load.Cli_1175694 bus=BTA_227384.1.2.3.0 phases=3 kW=0.2357 pf=0.95 kv=0.22
xfkVA=0.2357 class=3 allocationfactor=1
New load.Cli_1434620 bus=BTA_227384.1.2.3.0 phases=3 kW=0.4941 pf=0.95 kv=0.22
xfkVA=0.4941 class=5 allocationfactor=1

```

-----Estructuras.dss-----

! LineGeometry

//Estructuras aA@reas

//Estructura 4 vias vertical pasante [fase fase fase neutro]

New LineSpacing.4EP nconds=4 nphases=3 x=[0 0 0 0] h=[8.5 8.7 8.9 9.1]
units=m

//Estructura 3 vias vertical pasante [fase fase neutro]

New LineSpacing.3EP nconds=3 nphases=2 x=[0 0 0] h=[8.7 8.9 9.1]
units=m

//Estructura 2 vias vertical pasante [fase neutro]

New LineGeometry.2EP nconds=2 nphases=1 x=[0 0] h=[8.7 8.9]
units=m

//Estructuras subterranas

!!Est.red subt. banco de ductos config. 1x2 de 110 mm. en acera

New LineSpacing.EU0003 nconds=2 nphases=2 x=[-0.16 0] h=[-0.6 -0.6]
units=m

//Est.red subt. banco de ductos config. 1x3 de 110 mm. en acera

New LineSpacing.EU0004 nconds=3 nphases=3 x=[-0.16 0 0.16] h=[-0.6 -0.6 -0.6]
units=m

!Est.red subt. banco de ductos config. 1x4 de 110 mm. en acera

New LineSpacing.EU0005 nconds=4 nphases=4 x=[-0.16 0 0.16 0.32] h=[-0.6 -0.6 -0.6 -0.6]
units=m

ANEXO 2. Datos de perfiles de carga de clientes

Grupo Consumo	RESIDENCIAL de 0 a 60 kW	RESIDENCIAL de 60 a 110kW	RESIDENCIAL de 110 a 180kw	RESIDENCIAL de 180 a 310kw	RESIDENCIAL mayor a 310kw	COMERCIAL	COMERCIAL	COMERCIAL
Estrato	60	110	180	310	superior	290	1235	superior
0:10	0.3375	0.3733	0.4112	0.4959	0.5086	0.3237	0.4204	0.4226
0:20	0.3375	0.3733	0.4112	0.4959	0.5086	0.3237	0.4204	0.4226
0:30	0.3375	0.3733	0.4112	0.4959	0.5086	0.3237	0.4204	0.4226
0:40	0.3375	0.3733	0.4112	0.4959	0.5086	0.3237	0.4204	0.4226
0:50	0.3375	0.3733	0.4112	0.4959	0.5086	0.3237	0.4204	0.4226
1:00	0.3375	0.3733	0.4112	0.4959	0.5086	0.3237	0.4204	0.4226
1:10	0.3053	0.3081	0.3705	0.4347	0.4718	0.3274	0.4044	0.4135
1:20	0.3053	0.3081	0.3705	0.4347	0.4718	0.3274	0.4044	0.4135
1:30	0.3053	0.3081	0.3705	0.4347	0.4718	0.3274	0.4044	0.4135
1:40	0.3053	0.3081	0.3705	0.4347	0.4718	0.3274	0.4044	0.4135
1:50	0.3053	0.3081	0.3705	0.4347	0.4718	0.3274	0.4044	0.4135
2:00	0.3053	0.3081	0.3705	0.4347	0.4718	0.3274	0.4044	0.4135
2:10	0.2781	0.2856	0.3141	0.4100	0.4633	0.2883	0.3963	0.4157
2:20	0.2781	0.2856	0.3141	0.4100	0.4633	0.2883	0.3963	0.4157
2:30	0.2781	0.2856	0.3141	0.4100	0.4633	0.2883	0.3963	0.4157
2:40	0.2781	0.2856	0.3141	0.4100	0.4633	0.2883	0.3963	0.4157
2:50	0.2781	0.2856	0.3141	0.4100	0.4633	0.2883	0.3963	0.4157
3:00	0.2781	0.2856	0.3141	0.4100	0.4633	0.2883	0.3963	0.4157
3:10	0.2814	0.2894	0.3029	0.3960	0.4859	0.2890	0.3861	0.4134
3:20	0.2814	0.2894	0.3029	0.3960	0.4859	0.2890	0.3861	0.4134
3:30	0.2814	0.2894	0.3029	0.3960	0.4859	0.2890	0.3861	0.4134
3:40	0.2814	0.2894	0.3029	0.3960	0.4859	0.2890	0.3861	0.4134
3:50	0.2814	0.2894	0.3029	0.3960	0.4859	0.2890	0.3861	0.4134
4:00	0.2814	0.2894	0.3029	0.3960	0.4859	0.2890	0.3861	0.4134
4:10	0.2934	0.2846	0.3137	0.4038	0.4497	0.2848	0.3794	0.4116
4:20	0.2934	0.2846	0.3137	0.4038	0.4497	0.2848	0.3794	0.4116
4:30	0.2934	0.2846	0.3137	0.4038	0.4497	0.2848	0.3794	0.4116
4:40	0.2934	0.2846	0.3137	0.4038	0.4497	0.2848	0.3794	0.4116
4:50	0.2934	0.2846	0.3137	0.4038	0.4497	0.2848	0.3794	0.4116
5:00	0.2934	0.2846	0.3137	0.4038	0.4497	0.2848	0.3794	0.4116
5:10	0.3549	0.3971	0.4073	0.4651	0.5306	0.2919	0.4066	0.4134

5:20	0.3549	0.3971	0.4073	0.4651	0.5306	0.2919	0.4066	0.4134
5:30	0.3549	0.3971	0.4073	0.4651	0.5306	0.2919	0.4066	0.4134
5:40	0.3549	0.3971	0.4073	0.4651	0.5306	0.2919	0.4066	0.4134
5:50	0.3549	0.3971	0.4073	0.4651	0.5306	0.2919	0.4066	0.4134
6:00	0.3549	0.3971	0.4073	0.4651	0.5306	0.2919	0.4066	0.4134
6:10	0.5352	0.6052	0.6381	0.6345	0.6381	0.4143	0.4440	0.4189
6:20	0.5352	0.6052	0.6381	0.6345	0.6381	0.4143	0.4440	0.4189
6:30	0.5352	0.6052	0.6381	0.6345	0.6381	0.4143	0.4440	0.4189
6:40	0.5352	0.6052	0.6381	0.6345	0.6381	0.4143	0.4440	0.4189
6:50	0.5352	0.6052	0.6381	0.6345	0.6381	0.4143	0.4440	0.4189
7:00	0.5352	0.6052	0.6381	0.6345	0.6381	0.4143	0.4440	0.4189
7:10	0.5086	0.5133	0.5767	0.6141	0.7428	0.4502	0.5693	0.5170
7:20	0.5086	0.5133	0.5767	0.6141	0.7428	0.4502	0.5693	0.5170
7:30	0.5086	0.5133	0.5767	0.6141	0.7428	0.4502	0.5693	0.5170
7:40	0.5086	0.5133	0.5767	0.6141	0.7428	0.4502	0.5693	0.5170
7:50	0.5086	0.5133	0.5767	0.6141	0.7428	0.4502	0.5693	0.5170
8:00	0.5086	0.5133	0.5767	0.6141	0.7428	0.4502	0.5693	0.5170
8:10	0.3973	0.4616	0.4822	0.5822	0.7763	0.6227	0.7932	0.7264
8:20	0.3973	0.4616	0.4822	0.5822	0.7763	0.6227	0.7932	0.7264
8:30	0.3973	0.4616	0.4822	0.5822	0.7763	0.6227	0.7932	0.7264
8:40	0.3973	0.4616	0.4822	0.5822	0.7763	0.6227	0.7932	0.7264
8:50	0.3973	0.4616	0.4822	0.5822	0.7763	0.6227	0.7932	0.7264
9:00	0.3973	0.4616	0.4822	0.5822	0.7763	0.6227	0.7932	0.7264
9:10	0.3918	0.4792	0.5126	0.6250	0.7934	0.8120	0.9463	0.8907
9:20	0.3918	0.4792	0.5126	0.6250	0.7934	0.8120	0.9463	0.8907
9:30	0.3918	0.4792	0.5126	0.6250	0.7934	0.8120	0.9463	0.8907
9:40	0.3918	0.4792	0.5126	0.6250	0.7934	0.8120	0.9463	0.8907
9:50	0.3918	0.4792	0.5126	0.6250	0.7934	0.8120	0.9463	0.8907
10:00	0.3918	0.4792	0.5126	0.6250	0.7934	0.8120	0.9463	0.8907
10:10	0.4530	0.4724	0.5417	0.6386	0.8271	0.9098	1.0000	0.9698
10:20	0.4530	0.4724	0.5417	0.6386	0.8271	0.9098	1.0000	0.9698
10:30	0.4530	0.4724	0.5417	0.6386	0.8271	0.9098	1.0000	0.9698
10:40	0.4530	0.4724	0.5417	0.6386	0.8271	0.9098	1.0000	0.9698
10:50	0.4530	0.4724	0.5417	0.6386	0.8271	0.9098	1.0000	0.9698
11:00	0.4530	0.4724	0.5417	0.6386	0.8271	0.9098	1.0000	0.9698
11:10	0.4145	0.5035	0.5772	0.6747	0.8856	0.9427	0.9881	0.9901
11:20	0.4145	0.5035	0.5772	0.6747	0.8856	0.9427	0.9881	0.9901

11:30	0.4145	0.5035	0.5772	0.6747	0.8856	0.9427	0.9881	0.9901
11:40	0.4145	0.5035	0.5772	0.6747	0.8856	0.9427	0.9881	0.9901
11:50	0.4145	0.5035	0.5772	0.6747	0.8856	0.9427	0.9881	0.9901
12:00	0.4145	0.5035	0.5772	0.6747	0.8856	0.9427	0.9881	0.9901
12:10	0.4222	0.5052	0.5424	0.6513	0.9319	0.8547	0.9936	0.9716
12:20	0.4222	0.5052	0.5424	0.6513	0.9319	0.8547	0.9936	0.9716
12:30	0.4222	0.5052	0.5424	0.6513	0.9319	0.8547	0.9936	0.9716
12:40	0.4222	0.5052	0.5424	0.6513	0.9319	0.8547	0.9936	0.9716
12:50	0.4222	0.5052	0.5424	0.6513	0.9319	0.8547	0.9936	0.9716
13:00	0.4222	0.5052	0.5424	0.6513	0.9319	0.8547	0.9936	0.9716
13:10	0.4224	0.5139	0.5642	0.6459	0.8791	0.7879	0.8864	0.9230
13:20	0.4224	0.5139	0.5642	0.6459	0.8791	0.7879	0.8864	0.9230
13:30	0.4224	0.5139	0.5642	0.6459	0.8791	0.7879	0.8864	0.9230
13:40	0.4224	0.5139	0.5642	0.6459	0.8791	0.7879	0.8864	0.9230
13:50	0.4224	0.5139	0.5642	0.6459	0.8791	0.7879	0.8864	0.9230
14:00	0.4224	0.5139	0.5642	0.6459	0.8791	0.7879	0.8864	0.9230
14:10	0.4670	0.5375	0.6115	0.6757	0.8643	0.8987	0.8550	0.9315
14:20	0.4670	0.5375	0.6115	0.6757	0.8643	0.8987	0.8550	0.9315
14:30	0.4670	0.5375	0.6115	0.6757	0.8643	0.8987	0.8550	0.9315
14:40	0.4670	0.5375	0.6115	0.6757	0.8643	0.8987	0.8550	0.9315
14:50	0.4670	0.5375	0.6115	0.6757	0.8643	0.8987	0.8550	0.9315
15:00	0.4670	0.5375	0.6115	0.6757	0.8643	0.8987	0.8550	0.9315
15:10	0.4746	0.5095	0.6072	0.7125	0.8392	0.9766	0.9053	0.9653
15:20	0.4746	0.5095	0.6072	0.7125	0.8392	0.9766	0.9053	0.9653
15:30	0.4746	0.5095	0.6072	0.7125	0.8392	0.9766	0.9053	0.9653
15:40	0.4746	0.5095	0.6072	0.7125	0.8392	0.9766	0.9053	0.9653
15:50	0.4746	0.5095	0.6072	0.7125	0.8392	0.9766	0.9053	0.9653
16:00	0.4746	0.5095	0.6072	0.7125	0.8392	0.9766	0.9053	0.9653
16:10	0.5060	0.5550	0.6180	0.7177	0.8403	1.0000	0.9029	0.9758
16:20	0.5060	0.5550	0.6180	0.7177	0.8403	1.0000	0.9029	0.9758
16:30	0.5060	0.5550	0.6180	0.7177	0.8403	1.0000	0.9029	0.9758
16:40	0.5060	0.5550	0.6180	0.7177	0.8403	1.0000	0.9029	0.9758
16:50	0.5060	0.5550	0.6180	0.7177	0.8403	1.0000	0.9029	0.9758
17:00	0.5060	0.5550	0.6180	0.7177	0.8403	1.0000	0.9029	0.9758
17:10	0.5705	0.5715	0.6204	0.7298	0.8452	0.9666	0.8803	0.9662
17:20	0.5705	0.5715	0.6204	0.7298	0.8452	0.9666	0.8803	0.9662
17:30	0.5705	0.5715	0.6204	0.7298	0.8452	0.9666	0.8803	0.9662

17:40	0.5705	0.5715	0.6204	0.7298	0.8452	0.9666	0.8803	0.9662
17:50	0.5705	0.5715	0.6204	0.7298	0.8452	0.9666	0.8803	0.9662
18:00	0.5705	0.5715	0.6204	0.7298	0.8452	0.9666	0.8803	0.9662
18:10	0.7735	0.7615	0.7956	0.8856	0.8794	0.8046	0.8979	1.0000
18:20	0.7735	0.7615	0.7956	0.8856	0.8794	0.8046	0.8979	1.0000
18:30	0.7735	0.7615	0.7956	0.8856	0.8794	0.8046	0.8979	1.0000
18:40	0.7735	0.7615	0.7956	0.8856	0.8794	0.8046	0.8979	1.0000
18:50	0.7735	0.7615	0.7956	0.8856	0.8794	0.8046	0.8979	1.0000
19:00	0.7735	0.7615	0.7956	0.8856	0.8794	0.8046	0.8979	1.0000
19:10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7523	0.9102	0.9235
19:20	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7523	0.9102	0.9235
19:30	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7523	0.9102	0.9235
19:40	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7523	0.9102	0.9235
19:50	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7523	0.9102	0.9235
20:00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7523	0.9102	0.9235
20:10	0.9334	0.9921	0.9949	0.9966	0.9828	0.6728	0.8233	0.7908
20:20	0.9334	0.9921	0.9949	0.9966	0.9828	0.6728	0.8233	0.7908
20:30	0.9334	0.9921	0.9949	0.9966	0.9828	0.6728	0.8233	0.7908
20:40	0.9334	0.9921	0.9949	0.9966	0.9828	0.6728	0.8233	0.7908
20:50	0.9334	0.9921	0.9949	0.9966	0.9828	0.6728	0.8233	0.7908
21:00	0.9334	0.9921	0.9949	0.9966	0.9828	0.6728	0.8233	0.7908
21:10	0.7650	0.8918	0.8642	0.9369	0.9404	0.5505	0.7108	0.6101
21:20	0.7650	0.8918	0.8642	0.9369	0.9404	0.5505	0.7108	0.6101
21:30	0.7650	0.8918	0.8642	0.9369	0.9404	0.5505	0.7108	0.6101
21:40	0.7650	0.8918	0.8642	0.9369	0.9404	0.5505	0.7108	0.6101
21:50	0.7650	0.8918	0.8642	0.9369	0.9404	0.5505	0.7108	0.6101
22:00	0.7650	0.8918	0.8642	0.9369	0.9404	0.5505	0.7108	0.6101
22:10	0.5408	0.6850	0.7243	0.7886	0.8113	0.4031	0.5804	0.5136
22:20	0.5408	0.6850	0.7243	0.7886	0.8113	0.4031	0.5804	0.5136
22:30	0.5408	0.6850	0.7243	0.7886	0.8113	0.4031	0.5804	0.5136
22:40	0.5408	0.6850	0.7243	0.7886	0.8113	0.4031	0.5804	0.5136
22:50	0.5408	0.6850	0.7243	0.7886	0.8113	0.4031	0.5804	0.5136
23:00	0.5408	0.6850	0.7243	0.7886	0.8113	0.4031	0.5804	0.5136
23:10	0.4165	0.5076	0.5787	0.6375	0.6510	0.3351	0.4830	0.4524
23:20	0.4165	0.5076	0.5787	0.6375	0.6510	0.3351	0.4830	0.4524
23:30	0.4165	0.5076	0.5787	0.6375	0.6510	0.3351	0.4830	0.4524
23:40	0.4165	0.5076	0.5787	0.6375	0.6510	0.3351	0.4830	0.4524

23:50	0.4165	0.5076	0.5787	0.6375	0.6510	0.3351	0.4830	0.4524
0:00	0.4165	0.5076	0.5787	0.6375	0.6510	0.3351	0.4830	0.4524

Grupo Consumo	INDUST	INDUST	INDUST	OTROS	OTROS	OTROS	LUMINARIA	LUMINARIA	LUMINARIA	LUMINARIA	LUMINARIA
Estrato	410	2520	superior	405	1820	superior	general	100	150	250	400
0:10	0.2073	0.3722	0.8144	0.6035	0.5561	0.4869	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
0:20	0.2073	0.3722	0.8144	0.6035	0.5561	0.4869	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
0:30	0.2073	0.3722	0.8144	0.6035	0.5561	0.4869	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
0:40	0.2073	0.3722	0.8144	0.6035	0.5561	0.4869	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
0:50	0.2073	0.3722	0.8144	0.6035	0.5561	0.4869	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
1:00	0.2073	0.3722	0.8144	0.6035	0.5561	0.4869	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
1:10	0.2107	0.3912	0.7969	0.5815	0.5483	0.4703	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
1:20	0.2107	0.3912	0.7969	0.5815	0.5483	0.4703	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
1:30	0.2107	0.3912	0.7969	0.5815	0.5483	0.4703	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
1:40	0.2107	0.3912	0.7969	0.5815	0.5483	0.4703	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
1:50	0.2107	0.3912	0.7969	0.5815	0.5483	0.4703	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
2:00	0.2107	0.3912	0.7969	0.5815	0.5483	0.4703	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
2:10	0.1692	0.3513	0.7932	0.5825	0.5323	0.4638	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
2:20	0.1692	0.3513	0.7932	0.5825	0.5323	0.4638	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
2:30	0.1692	0.3513	0.7932	0.5825	0.5323	0.4638	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
2:40	0.1692	0.3513	0.7932	0.5825	0.5323	0.4638	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
2:50	0.1692	0.3513	0.7932	0.5825	0.5323	0.4638	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
3:00	0.1692	0.3513	0.7932	0.5825	0.5323	0.4638	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
3:10	0.1816	0.2672	0.7924	0.5701	0.5253	0.4645	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
3:20	0.1816	0.2672	0.7924	0.5701	0.5253	0.4645	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
3:30	0.1816	0.2672	0.7924	0.5701	0.5253	0.4645	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
3:40	0.1816	0.2672	0.7924	0.5701	0.5253	0.4645	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
3:50	0.1816	0.2672	0.7924	0.5701	0.5253	0.4645	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
4:00	0.1816	0.2672	0.7924	0.5701	0.5253	0.4645	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
4:10	0.2343	0.3641	0.8146	0.5854	0.5064	0.4736	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
4:20	0.2343	0.3641	0.8146	0.5854	0.5064	0.4736	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
4:30	0.2343	0.3641	0.8146	0.5854	0.5064	0.4736	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
4:40	0.2343	0.3641	0.8146	0.5854	0.5064	0.4736	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
4:50	0.2343	0.3641	0.8146	0.5854	0.5064	0.4736	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250

5:00	0.2343	0.3641	0.8146	0.5854	0.5064	0.4736	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
5:10	0.2355	0.4136	0.8419	0.7493	0.5352	0.5171	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
5:20	0.2355	0.4136	0.8419	0.7493	0.5352	0.5171	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
5:30	0.2355	0.4136	0.8419	0.7493	0.5352	0.5171	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
5:40	0.2355	0.4136	0.8419	0.7493	0.5352	0.5171	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
5:50	0.2355	0.4136	0.8419	0.7493	0.5352	0.5171	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
6:00	0.2355	0.4136	0.8419	0.7493	0.5352	0.5171	1.0000	0.7000	0.6670	0.6000	0.6250
6:10	0.2606	0.4124	0.8776	0.4276	0.5478	0.5899	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:20	0.2606	0.4124	0.8776	0.4276	0.5478	0.5899	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:30	0.2606	0.4124	0.8776	0.4276	0.5478	0.5899	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:40	0.2606	0.4124	0.8776	0.4276	0.5478	0.5899	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6:50	0.2606	0.4124	0.8776	0.4276	0.5478	0.5899	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:00	0.2606	0.4124	0.8776	0.4276	0.5478	0.5899	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:10	0.4017	0.5403	0.8699	0.3419	0.5828	0.7779	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:20	0.4017	0.5403	0.8699	0.3419	0.5828	0.7779	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:30	0.4017	0.5403	0.8699	0.3419	0.5828	0.7779	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:40	0.4017	0.5403	0.8699	0.3419	0.5828	0.7779	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7:50	0.4017	0.5403	0.8699	0.3419	0.5828	0.7779	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8:00	0.4017	0.5403	0.8699	0.3419	0.5828	0.7779	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8:10	0.5662	0.8289	0.9556	0.5328	0.6523	0.9227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8:20	0.5662	0.8289	0.9556	0.5328	0.6523	0.9227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8:30	0.5662	0.8289	0.9556	0.5328	0.6523	0.9227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8:40	0.5662	0.8289	0.9556	0.5328	0.6523	0.9227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8:50	0.5662	0.8289	0.9556	0.5328	0.6523	0.9227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9:00	0.5662	0.8289	0.9556	0.5328	0.6523	0.9227	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9:10	0.7722	0.9821	0.9860	0.5824	0.7478	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9:20	0.7722	0.9821	0.9860	0.5824	0.7478	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9:30	0.7722	0.9821	0.9860	0.5824	0.7478	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9:40	0.7722	0.9821	0.9860	0.5824	0.7478	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9:50	0.7722	0.9821	0.9860	0.5824	0.7478	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10:00	0.7722	0.9821	0.9860	0.5824	0.7478	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10:10	0.8270	0.9774	0.9839	0.6136	0.7698	0.9950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10:20	0.8270	0.9774	0.9839	0.6136	0.7698	0.9950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10:30	0.8270	0.9774	0.9839	0.6136	0.7698	0.9950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10:40	0.8270	0.9774	0.9839	0.6136	0.7698	0.9950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10:50	0.8270	0.9774	0.9839	0.6136	0.7698	0.9950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11:00	0.8270	0.9774	0.9839	0.6136	0.7698	0.9950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

11:10	0.7063	0.9793	1.0000	0.6723	0.7273	0.9993	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11:20	0.7063	0.9793	1.0000	0.6723	0.7273	0.9993	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11:30	0.7063	0.9793	1.0000	0.6723	0.7273	0.9993	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11:40	0.7063	0.9793	1.0000	0.6723	0.7273	0.9993	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11:50	0.7063	0.9793	1.0000	0.6723	0.7273	0.9993	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12:00	0.7063	0.9793	1.0000	0.6723	0.7273	0.9993	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12:10	0.5688	0.8407	0.9486	0.5917	0.6526	0.9853	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12:20	0.5688	0.8407	0.9486	0.5917	0.6526	0.9853	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12:30	0.5688	0.8407	0.9486	0.5917	0.6526	0.9853	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12:40	0.5688	0.8407	0.9486	0.5917	0.6526	0.9853	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12:50	0.5688	0.8407	0.9486	0.5917	0.6526	0.9853	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13:00	0.5688	0.8407	0.9486	0.5917	0.6526	0.9853	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13:10	0.6547	0.7544	0.9617	0.5507	0.6501	0.9733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13:20	0.6547	0.7544	0.9617	0.5507	0.6501	0.9733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13:30	0.6547	0.7544	0.9617	0.5507	0.6501	0.9733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13:40	0.6547	0.7544	0.9617	0.5507	0.6501	0.9733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13:50	0.6547	0.7544	0.9617	0.5507	0.6501	0.9733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14:00	0.6547	0.7544	0.9617	0.5507	0.6501	0.9733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14:10	0.8064	0.8948	0.9874	0.5627	0.8001	0.9513	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14:20	0.8064	0.8948	0.9874	0.5627	0.8001	0.9513	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14:30	0.8064	0.8948	0.9874	0.5627	0.8001	0.9513	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14:40	0.8064	0.8948	0.9874	0.5627	0.8001	0.9513	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14:50	0.8064	0.8948	0.9874	0.5627	0.8001	0.9513	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15:00	0.8064	0.8948	0.9874	0.5627	0.8001	0.9513	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15:10	0.7526	1.0000	0.9968	0.5514	0.8003	0.9222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15:20	0.7526	1.0000	0.9968	0.5514	0.8003	0.9222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15:30	0.7526	1.0000	0.9968	0.5514	0.8003	0.9222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15:40	0.7526	1.0000	0.9968	0.5514	0.8003	0.9222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15:50	0.7526	1.0000	0.9968	0.5514	0.8003	0.9222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16:00	0.7526	1.0000	0.9968	0.5514	0.8003	0.9222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16:10	1.0000	0.9911	0.9423	0.6452	0.7780	0.8412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16:20	1.0000	0.9911	0.9423	0.6452	0.7780	0.8412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16:30	1.0000	0.9911	0.9423	0.6452	0.7780	0.8412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16:40	1.0000	0.9911	0.9423	0.6452	0.7780	0.8412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16:50	1.0000	0.9911	0.9423	0.6452	0.7780	0.8412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17:00	1.0000	0.9911	0.9423	0.6452	0.7780	0.8412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17:10	0.7830	0.9071	0.8736	0.6744	0.7055	0.7654	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

17:20	0.7830	0.9071	0.8736	0.6744	0.7055	0.7654	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17:30	0.7830	0.9071	0.8736	0.6744	0.7055	0.7654	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17:40	0.7830	0.9071	0.8736	0.6744	0.7055	0.7654	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17:50	0.7830	0.9071	0.8736	0.6744	0.7055	0.7654	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18:00	0.7830	0.9071	0.8736	0.6744	0.7055	0.7654	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18:10	0.5575	0.6867	0.8364	1.0000	0.7544	0.7195	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
18:20	0.5575	0.6867	0.8364	1.0000	0.7544	0.7195	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
18:30	0.5575	0.6867	0.8364	1.0000	0.7544	0.7195	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
18:40	0.5575	0.6867	0.8364	1.0000	0.7544	0.7195	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
18:50	0.5575	0.6867	0.8364	1.0000	0.7544	0.7195	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19:00	0.5575	0.6867	0.8364	1.0000	0.7544	0.7195	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19:10	0.5601	0.5443	0.7715	0.9785	0.9849	0.6742	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19:20	0.5601	0.5443	0.7715	0.9785	0.9849	0.6742	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19:30	0.5601	0.5443	0.7715	0.9785	0.9849	0.6742	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19:40	0.5601	0.5443	0.7715	0.9785	0.9849	0.6742	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19:50	0.5601	0.5443	0.7715	0.9785	0.9849	0.6742	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20:00	0.5601	0.5443	0.7715	0.9785	0.9849	0.6742	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20:10	0.4807	0.4616	0.7507	0.9048	1.0000	0.6328	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20:20	0.4807	0.4616	0.7507	0.9048	1.0000	0.6328	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20:30	0.4807	0.4616	0.7507	0.9048	1.0000	0.6328	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20:40	0.4807	0.4616	0.7507	0.9048	1.0000	0.6328	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20:50	0.4807	0.4616	0.7507	0.9048	1.0000	0.6328	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21:00	0.4807	0.4616	0.7507	0.9048	1.0000	0.6328	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21:10	0.3249	0.4103	0.7327	0.8472	0.8796	0.6039	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21:20	0.3249	0.4103	0.7327	0.8472	0.8796	0.6039	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21:30	0.3249	0.4103	0.7327	0.8472	0.8796	0.6039	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21:40	0.3249	0.4103	0.7327	0.8472	0.8796	0.6039	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21:50	0.3249	0.4103	0.7327	0.8472	0.8796	0.6039	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
22:00	0.3249	0.4103	0.7327	0.8472	0.8796	0.6039	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
22:10	0.2924	0.3952	0.7781	0.7739	0.7544	0.5599	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
22:20	0.2924	0.3952	0.7781	0.7739	0.7544	0.5599	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
22:30	0.2924	0.3952	0.7781	0.7739	0.7544	0.5599	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
22:40	0.2924	0.3952	0.7781	0.7739	0.7544	0.5599	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
22:50	0.2924	0.3952	0.7781	0.7739	0.7544	0.5599	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
23:00	0.2924	0.3952	0.7781	0.7739	0.7544	0.5599	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
23:10	0.2567	0.3643	0.8536	0.6711	0.6476	0.5043	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
23:20	0.2567	0.3643	0.8536	0.6711	0.6476	0.5043	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

23:30	0.2567	0.3643	0.8536	0.6711	0.6476	0.5043	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
23:40	0.2567	0.3643	0.8536	0.6711	0.6476	0.5043	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
23:50	0.2567	0.3643	0.8536	0.6711	0.6476	0.5043	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0:00	0.2567	0.3643	0.8536	0.6711	0.6476	0.5043	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

ANEXO 3. Datos de pruebas de los vehículos

	Kia	Nissan	Renault
Tiempo recarga (h:mm:ss)	5:07:00	4:42:00	6:59:00
Energía (KW/h)	29.6	24.6	22.7
Autonomía (Km)	167	153	117
\$/km (Eléctrico)	0.01594788	0.0144784	0.01747623
km/galon (Combustión)	55	55	55
\$/km (Combustión)	0.02690909	0.02690909	0.02690909
Ahorro en \$/km	0.011	0.012	0.009
Ahorro en %	40.7%	46.2%	35.1%

	kia	nissan	renault
16:00	2.36919	5.16595	2.12254
16:10	2.34027	5.20503	2.12702
16:20	2.36436	5.19006	2.16904
16:30	2.38376	5.30853	2.11871
16:40	2.43178	5.23878	2.18056
16:50	5840.99	5.06217	1.84292
17:00	5840.1	5.04036	1.86876
17:10	5814.48	5.02182	1.85172
17:20	5814.9	5.0137	1.82738
17:30	5831.84	5.06159	1.79661
17:40	5776.15	6262.54	1.21202
17:50	5778.44	6276.19	1.18546
18:00	5757.86	6259.38	1.25727
18:10	5761.23	6242.94	1.18723

UCUENCA

18:20	5759.27	6235.02	3359
18:30	5727.83	6198.18	3312.54
18:40	5707.24	6169.53	3278.16
18:50	5736.85	6205.73	3296.86
19:00	5784.94	6246.12	3327.71
19:10	5779.4	6238.56	3339.93
19:20	5772.55	6222.85	3309.22
19:30	5784.84	6233.06	3318.92
19:40	5786.46	6225.38	3329.83
19:50	5787.42	6218.81	3344.34
20:00	5796.93	6219.78	3318.08
20:10	5817.55	6233.16	3332.92
20:20	5801.02	6211.28	3347.6
20:30	5809.7	6210.12	3361.37
20:40	5824.7	6226.75	3330.83
20:50	5829.66	6229.56	3338.2
21:00	5847.51	6247.02	3344.63
21:10	5822.1	6224.14	3351.89
21:20	5825.8	6223.62	3357.73
21:30	5849.01	3278.77	3363.46
21:40	5874.01	2092.87	3368.74
21:50	5893.72	1975.16	3374.34
22:00	7.32952	1914.21	3378.59
22:10	7.15503	1867.48	3386.02
22:20	5.89786	5.09625	3394
22:30	5.93941	5.0698	3401.11
22:40	5.9805	5.18218	3408.79
22:50	5.95072	5.07418	3416.78
23:00	6.03162	5.1714	3422.84
23:10	6.07121	5.18134	3428.99
23:20	6.09523	5.23053	3435.35
23:30	2.70567	5.12103	2.46415
23:40	2.70567	5.12103	2.46415
23:50	2.70567	5.12103	2.46415
0:00	2.70567	5.12103	2.46415
0:10	2.70567	5.12103	2.46415
0:20	2.70567	5.12103	2.46415

0:30	2.70567	5.12103	2.46415
0:40	2.70567	5.12103	2.46415
0:50	2.70567	5.12103	2.46415
1:00	2.70567	5.12103	2.46415
1:10	2.70567	5.12103	2.46415
1:20	2.70567	5.12103	2.46415
1:30	2.70567	5.12103	2.46415
1:40	2.70567	5.12103	2.46415
1:50	2.70567	5.12103	2.46415
2:00	2.70567	5.12103	2.46415
2:10	2.70567	5.12103	2.46415

ANEXO 4. Algoritmo para la simulación en macro de Microsoft Excel con conexión a Open DSS

'Variables DSS

Public DSSobj As OpenDSSengine.DSS

Public DSSText As OpenDSSengine.Text

Public DSSCircuit As OpenDSSengine.Circuit

Public DSSSolution As OpenDSSengine.Solution

Public DSSControlQueue As OpenDSSengine.CtrlQueue

Public DSSCmath As OpenDSSengine.CmathLib

Public DSSCktElement As OpenDSSengine.CktElement

Public DSSPDElement As OpenDSSengine.PDElements

Public DSSBus As OpenDSSengine.Bus

Public DSSLoads As OpenDSSengine.Loads

Public DSSLines As OpenDSSengine.Lines

'Variables generales

Dim IDTrafo As Double, kVll As Double, kV_la As Double, kV_lb As Double, FaseTrafo As String, TipoTrafo As String

Dim Fases As Integer, Fcoin As Double, esc As Integer, Nesc As Integer, Ncli As Integer, Fcoin_coc As Double, perfil As

Integer

Dim mediciones(1 To 4, 0 To 144), cargas(1 To 1000, 1 To 5)

Dim CarLineas(1 To 300, 0 To 10, 1 To 144, 1 To 2), NLineas(1 To 300, 1 To 2), Dmax(0 To 10, 1 To 2)

Dim Voltajes(1 To 300, 0 To 10, 1 To 144, 1 To 3), NBarras(1 To 300, 1 To 2), Vector(1 To 1000)

'Variables del libro de excel

Dim Ruta As String

Dim Hm As Worksheet, HTrf As Worksheet, HLum As Worksheet, HCli As Worksheet

Dim HMed As Worksheet, HCC As Worksheet, HRes As Worksheet, HVol As Worksheet, HCarg As Worksheet, Vperf
As Worksheet

Dim wf As WorksheetFunction

Sub IniciaSimulacion()

Dim TotP As Double, TotQ As Double, DisP As Double, DisQ As Double, FijP As Double, FijQ As Double, ProP As
Double, ProQ As Double

Dim V As Variant, Vbase As Double

Dim NodeOrder As Variant

Dim Nom, Ini As String

Dim c1, c2, c3 As Double

Dim NumCar As Integer, Fil, iFil As Integer, Col, m, n As Integer

'cargas = [1=Name, 2=xfkVA, 3=class, 4=bloqueada, 5=iter_esce]

Application.ScreenUpdating = False

Set Hm = Worksheets("Menu") 'hoja menú

Set HTrf = Worksheets("Trafo")

Set HMed = Worksheets("Mediciones")

Set HCli = Worksheets("Clientes")

Set HCC = Worksheets("CCarga")

Set HRes = Worksheets("FlujoSumario")

Set HVol = Worksheets("Voltajes")

Set HCar = Worksheets("Carga_Líneas")

Set Vperf = Worksheets("Vperfil")

Set wf = Application.WorksheetFunction

Ruta = Hm.Range("D30")

NCli = Hm.Range("I10")

Nesc = Hm.Range("I11")

IDTrafo = HTrf.Cells(2, 5)

FaseTrafo = HTrf.Cells(2, 9)

```
kV_lb = HTrf.Cells(2, 12)
Fcoin = HTrf.Cells(2, 14)
perfil = Hm.Range("I14")
```

GrabaAleatorios 'graba la aleatoriedad de clientes para cada escenario

```
If FaseTrafo = "1F" Then 'calcula el voltaje de fase neutro
```

```
    Vbase = kV_lb * 1000 / 2
```

```
ElseIf FaseTrafo = "3F" Then
```

```
    Vbase = kV_lb * 1000 / Sqr(3)
```

```
End If
```

```
' Crea una nueva instancia del DSS
```

```
Set DSSobj = New OpenDSSengine.DSS
```

```
' Inicia el DSS
```

```
If Not DSSobj.Start(0) Then
```

```
    MsgBox "DSS falló al iniciar"
```

```
    Exit Sub
```

```
End If
```

```
' Asigna una variable al Text interface para fácil acceso
```

```
Set DSSText = DSSobj.Text
```

```
' Borra el DSS cuando carga un nuevo circuito
```

```
DSSText.Command = "clear"
```

```
' Compila el archivo Master
```

```
DSSText.Command = "compile (" & Ruta & "\Master.dss)"
```

```
' Asigna variables al interface del circuito
```

```
Set DSSCircuit = DSSobj.ActiveCircuit
```

```
Set DSSSolution = DSSCircuit.Solution
```

```
Set DSSControlQueue = DSSCircuit.CtrlQueue
```

```
Set DSSCmath = DSSobj.CmathLib
```

```
Set DSSPDElement = DSSCircuit.PDElements
```

```
Set DSSCktElement = DSSCircuit.ActiveCktElement
```

```
Set DSSLoads = DSSCircuit.Loads
```

```
'matriz de cargas
```

```
l = DSSLoads.First
```

```
k = 0
```

```
Do While l > 0
```

```
    k = k + 1
```

```
    cargas(k, 1) = DSSLoads.Name
```

```
    cargas(k, 2) = DSSLoads.xfkVA
```

```
    cargas(k, 3) = DSSLoads.Class
```

```
    cargas(k, 4) = DSSLoads.AllocationFactor
```

```
    j = 0
```

```
    Do While HCli.Cells(2 + j, 1) <> ""      ' Mientras la hoja clientes tenga usuarios
```

```
        lon = Len(DSSLoads.Name) - 4      ' longitud del código del cliente
```

```
        If Left(DSSLoads.Name, 3) = "cli" And (Val(Mid(DSSLoads.Name, 5, lon)) = Val(HCli.Cells(2 + j, 1))) Then
```

```
            cargas(k, 5) = HCli.Cells(2 + j, 12) ' número de iteración
```

```
            Exit Do                          ' Salgo del bucle
```

```
        End If
```

```
        j = j + 1
```

```
    Loop
```

```
    l = DSSLoads.Next ' siguiente carga
```

```
Loop
```

```
NumCar = k ' total cargas
```

```
'encera hojas de resultados y obtiene variables iniciales
```

```
HRes.Range("3:" & Rows.Count).ClearContents
```

```
HVol.Rows("3:" & Rows.Count).ClearContents
```

```
HCar.Rows("3:" & Rows.Count).ClearContents
```

```
Fil = 3
```

```
Erase mediciones()
```

```
ObtieneMediciones
```

```
For i = 1 To 144 ' hora
```

```
    For esc = 0 To Nesc 'escenarios
```

```
        If esc = 0 Then ' caso base
```

```
'encera variables
TotP = 0: TotQ = 0      'total mediciones tipo de día y hora respectiva
ProP = 0: ProQ = 0     'denominador para la proporción de la carga variable a distribuir
FijP = 0: FijQ = 0     'carga fija o bloqueada
PerP = 0: PerQ = 0     'pérdidas
DisP = 0: DisQ = 0     'carga variable a distribuir

'valores iniciales de la medición
TotP = mediciones(1, i)
TotQ = mediciones(2, i)
TotS = Sqr(TotP ^ 2 + TotQ ^ 2)
If TotS > 0 Then
    fp = TotP / TotS
Else
    fp = 1
End If

'valores iniciales para distribuir carga
For k = 1 To NumCar
    P = cargas(k, 2) * HCC.Cells(cargas(k, 3), 2 + i) 'Dem no coincidente * fc (depende clase)
    Q = P / fp * Sqr(1 - fp ^ 2)
    If cargas(k, 4) = 0 Then 'cargas bloqueadas: luminarias
        'Q = P / DSSLoads.PF * Sqr(1 - DSSLoads.PF ^ 2)
        FijP = FijP + P
        FijQ = FijQ + Q
    Else
        ProP = ProP + P
        ProQ = ProQ + Q
    End If
Next

For j = 1 To 4      'Distribución de la Carga
    DisP = TotP - FijP - PerP
    DisQ = TotQ - FijQ - PerQ

    For k = 1 To NumCar
        P = cargas(k, 2) * HCC.Cells(cargas(k, 3), 2 + i)
```

```

Q = P / fp * Sqr(1 - fp ^ 2)
DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".PF=" & fp
DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".xfkVA=0"
DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".allocationfactor=1"

If cargas(k, 4) = 0 Then 'cargas bloqueadas: luminarias
    DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".kW=" & P
    'Q = DisP * P / ProP / DSSLoads.PF * Sqr(1 - DSSLoads.PF ^ 2)
    DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".kvar=" & Q
Else
    'distribuye proporcionalmente en las cargas
    DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".kW=" & DisP * P / ProP
    DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".kvar=" & DisQ * Q / ProQ
End If

Next

DSSSolution.SolvePflow 'resuelve el flujo de carga

PerP = DSSCircuit.LineLosses(0)
PerQ = DSSCircuit.LineLosses(1)

Next

'Datos de cabecera del flujo sumario
HRes.Cells(Fil, 1) = IDTrafo
HRes.Cells(Fil, 2) = HMed.Range("B2").Value
HRes.Cells(Fil, 3) = i

Else 'otro escenario distinto al base
    Fcoin_coc = HCli.Cells(esc + 1, 19) 'factor de coincidencia del total de vehiculos del escenario
    l = DSSLoads.First
    k = 0
    Do While l > 0
        k = k + 1
        If cargas(k, 5) = esc Then 'adiciona carga de la cocina
            Pcli = DSSLoads.kW + mediciones(3, i) * Fcoin_coc
            Qcli = DSSLoads.kvar + mediciones(4, i) * Fcoin_coc
        End If
        l = l + 1
    Loop
End If

```



```

        DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".kW=" & Pcli
        DSSText.Command = "load." & cargas(k, 1) & ".kvar=" & Qcli
    End If

    l = DSSLoads.Next ' siguiente carga
Loop

    DSSSolution.SolvePflow 'resuelve el flujo de carga

End If

***** graba resultados en excel *****
'Flujo sumario
HRes.Cells(Fil, 7 * esc + 4) = -DSSCircuit.TotalPower(0) 'Potencia Activa (kW)
HRes.Cells(Fil, 7 * esc + 5) = -DSSCircuit.TotalPower(1) 'Potencia Reactiva (kVAr)
HRes.Cells(Fil, 7 * esc + 6) = fp 'fp
HRes.Cells(Fil, 7 * esc + 7) = DSSCircuit.Losses(0) 'pérdidas totales (W)
HRes.Cells(Fil, 7 * esc + 8) = DSSCircuit.Losses(0) / 1000 / -DSSCircuit.TotalPower(0) '% pérdidas totales
(W)
HRes.Cells(Fil, 7 * esc + 9) = DSSCircuit.LineLosses(0) * 1000 'pérdidas todas las líneas (W)
HRes.Cells(Fil, 7 * esc + 10) = DSSCircuit.Losses(0) - DSSCircuit.LineLosses(0) * 1000 'pérdidas en trafos
(W)

'obtiene demanda máxima y hora en cada escenario
If Abs(DSSCircuit.TotalPower(0)) > Dmax(esc, 1) Then
    Dmax(esc, 1) = Abs(DSSCircuit.TotalPower(0))
    Dmax(esc, 2) = i
End If

'Perfiles de Voltaje en p.u.
For k = 1 To DSSCircuit.NumBuses ' recorre todas las barras
    Set DSSBus = DSSCircuit.Buses(k) ' Barra activa
    V = DSSBus.Voltages
    NodeOrder = DSSBus.Nodes

    If Fil = 3 Then 'datos de cabecera
        NBarras(k, 1) = DSSBus.Name
    End If
Next k

```

```

NBarras(k, 2) = Round(DSSBus.Distance * 1609.344, 2) 'distancia al medidor en metros
End If

For l = LBound(V) To UBound(V) Step 2
  If NodeOrder(l / 2) <= 3 Then
    'Voltajes [1 a Barras, 0 a escenarios, 1 a 144 horas, 1 a 3 fases]
    Voltajes(k, esc, i, NodeOrder(l / 2)) = Round(DSSCmath.cabs(V(l), V(l + 1)) / Vbase, 4)
  End If
Next
Next

'Cargabilidad de Líneas en p.u.
l = 0
For k = 1 To DSSCircuit.NumCktElements          'recorre todos los elementos PC
  If Left(DSSCircuit.CktElements(k).Name, 4) = "Line" Then 'filtra solo líneas
    l = l + 1
    corr = DSSCircuit.CktElements(k).CurrentsMagAng    'obtiene las corrientes de cada terminal y fase, en
magnitud y ángulo

    'determina la corriente máxima de cada terminal y fase
    lmax = 0
    For m = LBound(corr) To UBound(corr) Step 2
      If corr(m) > lmax Then lmax = corr(m)
    Next

    If Fil = 3 Then 'nombre de líneas
      NLineas(l, 1) = DSSCircuit.CktElements(k).Name    'Nombre
      NLineas(l, 2) = DSSCircuit.CktElements(k).NormalAmps 'corriente o capacidad máxima del conductor
    End If

    'CarLineas [1 a Lineas, 0 a escenarios, 1 a 144 horas, 1 a 2 corriente/cargabilidad]
    CarLineas(l, esc, i, 1) = lmax
    CarLineas(l, esc, i, 2) = lmax / DSSCircuit.CktElements(k).NormalAmps 'valor en p.u.
  End If
Next
Next
Fil = Fil + 1

```

Next

***** procesa y graba resultados en excel *****

'cargabilidad en líneas en demanda máxima de cada escenario

j = 1

Do While NLineas(j, 1) <> ""

 HCar.Cells(j + 2, 1) = NLineas(j, 1)

 HCar.Cells(j + 2, 2) = NLineas(j, 2)

 For i = 0 To Nesc

 HCar.Cells(j + 2, 3 + i) = CarLineas(j, i, Dmax(i, 2), 1)

 HCar.Cells(j + 2, 4 + i + Nesc) = CarLineas(j, i, Dmax(i, 2), 2)

 Next

 j = j + 1

Loop

'determina cuartiles de voltajes pu de cada barra

i = 1

Do While NBarras(i, 1) <> ""

 HVol.Cells(i + 2, 1) = NBarras(i, 1) 'barra

 HVol.Cells(i + 2, 2) = NBarras(i, 2) 'distancia

 For esc = 0 To Nesc

 Erase Vector()

 For j = 1 To 3

 For k = 1 To 144

 If Voltajes(i, esc, k, j) > 0 Then 'if(barra,escenario,hora,fase)

 Vector(k + (j - 1) * 144) = Voltajes(i, esc, k, j)

 Else

 Exit For

 End If

 If esc = perfil Then 'saca los perfiles de voltaje del escenario seleccionado

 Vperf.Cells(i + 1, k) = Voltajes(i, perfil, k, 1)

 End If

 Next

Next

```
HVol.Cells(i + 2, 3 + esc * 5) = wf.Quartile(Vector, 0)
HVol.Cells(i + 2, 4 + esc * 5) = wf.Quartile(Vector, 1)
HVol.Cells(i + 2, 5 + esc * 5) = wf.Quartile(Vector, 2)
HVol.Cells(i + 2, 6 + esc * 5) = wf.Quartile(Vector, 3)
HVol.Cells(i + 2, 7 + esc * 5) = wf.Quartile(Vector, 4)
Next
i = i + 1
Loop

Application.ScreenUpdating = True

MsgBox "DSS realizó la simulación satisfactoriamente"

End Sub

' Almacena en el vector mediciones, los datos de potencias P y Q medidos del trafo y de la cocina
Private Sub ObtieneMediciones()
    mediciones(1, 0) = "Trafo"
    mediciones(3, 0) = "Cocina"
    For k = 1 To 144
        'transformador
        mediciones(1, k) = HMed.Cells(2, 4 + k) 'P
        mediciones(2, k) = HMed.Cells(3, 4 + k) 'Q
        'cocina
        mediciones(3, k) = HCC.Cells(22, 2 + k)
        mediciones(4, k) = HCC.Cells(23, 2 + k)
    Next
End Sub

Private Sub GrabaAleatorios()
    Dim Sup As Long

    For i = 1 To Ncli 'encera
        Hcli.Cells(1 + i, 12) = 0
    Next

    For i = 1 To Nesc 'escenarios
```

```
For j = 1 To HCl.Cells(1 + i, 16) 'total de cocinas en cada escenario
  Sup = HCl.Cells(1 + i, 20) - (j - 1) 'superior hasta total de clientes restantes
  Ale = NumeroAleatorio(1, Sup): l = 0

  For k = 1 To NCl 'ubica el aleatorio secuencialmente entre los restantes
    If HCl.Cells(1 + k, 12) = 0 Then
      l = l + 1
    End If
    If l = Ale Then
      HCl.Cells(1 + k, 12) = i 'coloca escenario correspondiente
      Exit For
    End If
  Next
Next
Next

End Sub

Function NumeroAleatorio(Inferior As Long, Superior As Long) As Integer
  NumeroAleatorio = Int((Superior - Inferior + 1) * Rnd() + Inferior)
End Function
```



Sistema de Distribución analizado con la referencia de cada barra de Bajo Voltaje.

