



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA RECARGA DE VEHÍCULOS
ELÉCTRICOS SOBRE UN CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

José Alejandro Vides Sierra

Asesorado por M.A. Ing. Luis Eduardo Hernández González

Guatemala, marzo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA RECARGA DE VEHÍCULOS
ELÉCTRICOS SOBRE UN CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ALEJANDRO VIDES SIERRA

ASESORADO POR EL M.A. ING. LUIS EDUARDO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a. i.)
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Armando Alfonso Rivera Carrillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS SOBRE UN CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

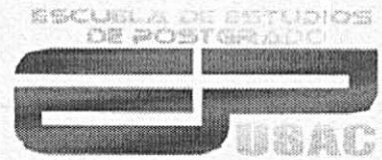
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 8 de febrero de 2016.

José Alejandro Vides Sierra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



ADSE-MEAPP-010-2015

Guatemala, 08 de febrero de 2016.

Director:
José Francisco González López
Escuela de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **José Alejandro Vides Sierra** carné número **2011-14555**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

Luis Eduardo Hernández González
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 10397

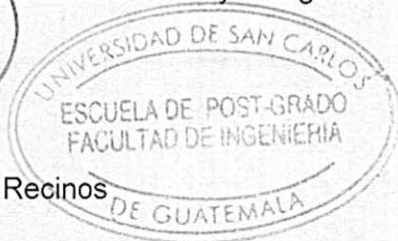
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

[Signature]
Ma. Ing. Luis Eduardo Hernández González
Asesor (a)

[Signature]
MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético

[Signature]
MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



REF. EIME 14.2016.

Guatemala, 3 de MARZO 2016.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS SOBRE UN CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario José Alejandro Vides Sierra, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

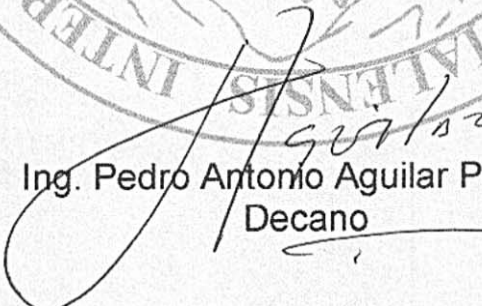
Ing. Francisco Javier González López
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS SOBRE UN CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **José Alejandro Vides Sierra**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, marzo de 2016

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme contemplar el valor de la vida y la realización de este trabajo.
- Mis padres** Edgar Vides Martínez y Luz del Carmen Sierra Navarro, por su ejemplo, sacrificio y amor.
- Mis hermanos** Edgar Emilio y Silvana María Vides Sierra, por su compañía y amor incondicional.
- Mis abuelos** Dora Martínez, Rodrigo Sierra y Romelia Navarro, por el amor, ejemplo y cuidado que han tenido hacia mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me abrió las puertas y permitió mi formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por todas las valiosas enseñanzas que sin lugar a dudas cambian mi vida día con día.
Mis compañeros de la Facultad	Josúe Rarmírez, Juan José Cueva, Axel Siguí y Joel Bolaños, por su apoyo y amistad.
Mi novia	Kimberly Lavicount, por su cariño y apoyo.
Mi asesor	Luis Hernández, por sus aportes y colaboración en la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
RESUMEN.....	V
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
6. ALCANCE	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Estado del medio ambiente	17
7.2. Necesidades del medio ambiente debido al cambio climático.....	20
7.3. Tecnologías de transporte alternativas, el vehículo eléctrico (VE)	21
7.3.1. ¿Qué es el vehículo eléctrico?.....	21
7.4. Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico	23
7.5. Tipos de vehículos eléctricos.....	23
7.5.1. Vehículo híbrido.....	24

7.5.2.	Vehículo eléctrico puro	25
7.6.	Tecnología de baterías y sistema de recarga	26
7.6.1.	Tipos de baterías.....	26
7.7.	Operación de la red de distribución, maniobras e incidencias	27
7.7.1.	Conceptos	27
7.7.2.	Maniobras de distribución.....	28
7.7.3.	Incidencias en redes de distribución	29
7.8.	Curva de demanda.....	29
7.9.	Preparación de la simulación	31
7.10.	Definición teórica de las variables en estudio	33
7.11.	Matriz energética.....	34
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.	METODOLOGÍA	39
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	43
11.	CRONOGRAMA	45
12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO.....	47
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso del efecto invernadero.....	18
2.	Emisiones GEI	19
3.	Vehículo eléctrico.....	21
4.	Esquema vehículo híbrido.....	24
5.	Vehículo eléctrico.....	25
6.	Curva de demanda empresa distribuidora	30
7.	Ubicación cartográfica.....	31
8.	Esquema geográfico del área de impacto del circuito 99	32
9.	Red de 13,3 kV y maniobras	32
10.	Matriz energética de la distribuidora, tarifa social	34

TABLAS

I.	Ventajas e inconvenientes	23
II.	Características de distintas tecnologías de baterías para VE	27
III.	Variables dependientes en estudio	33
IV.	Variables independientes en estudio	33
V.	Actividades por objetivo	40
VI.	Cronograma	45
VII.	Recursos financieros.....	47

RESUMEN

En la presente investigación se realiza un análisis sobre el impacto que la recarga de vehículos eléctricos representa en un circuito de la red de distribución de la ciudad de Guatemala. Actualmente, por los avances tecnológicos que está teniendo a nivel mundial el vehículo eléctrico, se posiciona como una tecnología muy eficiente y limpia. Siendo una verdadera alternativa respecto a las que actualmente monopolizan el mercado.

La investigación inicia con el análisis de redes de baja tensión actuales y el impacto que supondría a dichas redes la adición de la demanda que el vehículo eléctrico representa. Seguido el análisis de una red de media tensión a la cual se le han añadido las cargas anteriores, para concluir sobre su funcionamiento y dar paso al análisis de las necesidades a surgir.

Seguido esto, se analiza la red en su configuración normal y bajo maniobras, al momento de alimentar esta nueva demanda. Con el fin de determinar la cantidad adecuada de vehículos conectada a ella. Para luego establecer qué tipo de modificaciones pueden llegar a ser necesarias en alguno de sus componentes y su mantenimiento.

Por último, se realiza un estudio a la matriz energética actual de la distribuidora y su curva de demanda, por medio de un cuadro de beneficios e inconvenientes. Con lo cual, se analiza de manera integral el impacto que la recarga de vehículos eléctricos representa a la red de distribución en estudio.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se viven día a día cambios climáticos muy severos los cuales son consecuencia de la contaminación desmedida que se ha dado en gran parte por la explotación de los recursos petroleros, los cuales iniciaron alrededor de 1850, con un pico petrolero a nivel mundial entre los años de 2006 y 2009 y para Estados Unidos en 1970. (I.E.A, 2010)

La explotación del petróleo ha ido de la mano de las emisiones de gases nocivos para la atmósfera y por tanto el sector automotriz que es quien utiliza gran parte de ellos. Esto ha llegado a necesitar de la aplicación de regulaciones a nivel mundial para disminuir el impacto.

Guatemala cuenta con el Decreto Gubernativo 273-98 y su reglamento, en cuyo artículo número 42, regula la prohibición en la emisión de perturbaciones electromagnéticas, ruidos, gases y otros contaminantes, tales emisiones se registrarán por normas reglamentarias especiales. Sin embargo hay que hacer notar que es una ley vigente, que lamentablemente no se aplica y no se puede obtener los beneficios de dicha ley para el debido control de las emisiones de gases. Aunado a ello, la poca voluntad de las autoridades para cumplir con las leyes ya emitidas. Lo que viene a demostrar sobre la necesidad de tecnologías alternativas de transporte. (Acuerdo gubernativo 273-98, 1998)

Por tanto la presente investigación busca determinar los impactos técnicos y ambientales que traerá consigo un auge comercial de una tecnología alterna de transporte, el vehículo eléctrico.

La metodología de investigación se llevará a cabo iniciando con el estudio del impacto del vehículo eléctrico en redes de baja tensión. Para ello se analizarán cargas conectadas a estos tipos de redes; las variables serán la sobrecarga en las líneas y en transformadores, así como las desviaciones en el perfil de tensión con base a los límites establecidos en las normas de calidad del servicio técnico de distribución. Se repetirá este estudio para distintas tipologías en baja tensión y con distintos escenarios de penetración del vehículo eléctrico. (CNEE, NTSD, 1997)

Como siguiente paso, se observará la interacción de las redes de baja tensión con la de media tensión. Esto debido a que el comportamiento de las redes de baja tensión ya habrá sido estudiado y simulado, se representarán solamente como cargas equivalentes sobre la red de media tensión.

De esta forma corriendo flujos de carga con un programa especializado se obtendrán las respectivas variables en media tensión siendo, pérdidas, corrientes y flujos de potencia en las líneas; como también la potencia en el transformador de alta-media tensión. Se utilizarán criterios operativos que maneja la distribuidora siendo fundamentales dentro de la metodología del primer objetivo.

Luego se realizará una simulación de la red cuando se encuentre cargando los vehículos eléctricos al momento de haber una contingencia. Esto realizando maniobras de transferencia de carga por algún evento que podrá ser programado o inesperado. Este valor agregado pretende mostrar la razón por la cual es de gran importancia analizar el impacto de la recarga del vehículo eléctrico en una red de distribución tan compleja, conformada por una cantidad considerable de subestaciones e interconexiones como la que cuenta la ciudad de Guatemala.

Seguido de esto se realizará un breve análisis sobre cómo afecta esta nueva demanda la matriz energética que posee actualmente la distribuidora. Es una necesidad, puesto que así es como se determinará que repercusión ambiental tendrá la demanda del vehículo eléctrico y se podrán obtener conclusiones muy importantes, a las preguntas realizadas.

Es necesario considerar que para su realización se abarcará distintas áreas de la ingeniería. Se utilizarán datos técnicos proveídos por el representante de la marca para alimentar el programa de corridas de flujo de potencia, utilizado en el área de planificación. Así como información de sistemas gráficos para determinar el circuito a analizar con todos sus componentes involucrados.

Por último, se realizarán mediciones directas al sistema de recarga de un vehículo eléctrico con equipos especializados de calidad de energía. Esto para aportar más información a la presente investigación.

Por tanto se busca determinar, mediante el análisis de un circuito de la ciudad de Guatemala, si la actual red de distribución puede soportar un auge comercial de esta nueva tecnología. Esta se considera limpia y tiene un menor impacto ambiental respecto a los vehículos impulsados por derivados del petróleo, principales artífices de emisiones de NO_x emitidos por la combustión.

“Soluciones para disminuir la contaminación causada por el tránsito se basan en la utilización de diferentes tecnologías de vehículos, mejorar infraestructuras o modificar los hábitos de movilidad de las personas.”
(MORENO T., QUEROL X. & ALASTUEY J., 2006, p.92)

2. ANTECEDENTES

El transporte siempre ha estado involucrado en todas las actividades económicas de las naciones y sus relaciones con otras. Es fundamental para el ser humano puesto que por sí solo, sería una tarea muy complicada trasladarse grandes distancias y si a esto se le adiciona una carga, se complicaría más la tarea. Es por ello que siempre se han ido descubriendo, perfeccionando y llevando a la implementación todos los tipos de tecnologías que favorezcan y permitan la locomoción.

En la búsqueda constante de tipos de energías para realizar tareas y trabajos han destacado a lo largo de la historia, por su masiva utilización, los derivados del petróleo y la utilización de energía eléctrica, entre otros. Por el lado del petróleo, con motores térmicos de combustión interna y por el lado de la energía eléctrica, los motores eléctricos.

El motor trabaja como un convertidor de un tipo de energía a otra y para este caso de interés una acertada definición sería: “Es el suministrador de energía que, mediante los conjuntos de transmisión, hace llegar su giro a las ruedas para el desplazamiento del vehículo”. (CEAC, 2004, p.11)

El motor en el sector automotriz es fundamental, siendo en su mayoría motores de combustión interna. Estos utilizan derivados del petróleo para trabajar, sin embargo por factores como los que se mencionarán brevemente en este trabajo, se observa desde distintos puntos de vista, como una tecnología no viable en estos tiempos. Por tanto deja una brecha para que el motor

eléctrico tenga la oportunidad que tanto ha estado esperando dentro del sector automotriz, por que cabe destacar que fue pionera en su momento. (bp, 2015)

“La propuesta del vehículo eléctrico ha estado en desarrollo desde el siglo XIX de la mano de investigadores como Robert Anderson y Thomas Davenport 1830, el holandés Sibrandus Stratingh, el estadounidense Christopher Becker y hasta Thomas Edison 1889”. (MUNDO&MOTOR, 2012)

Mundialmente el vehículo eléctrico está teniendo un crecimiento comercial a pasos apresurados. El medio ambiente lo necesita urgentemente, países como España y Estados Unidos se encuentran altamente involucrados con el tema, con conclusiones como:

“La recarga masiva de las baterías de los vehículos eléctricos tendrá un impacto técnico y económico en el sistema eléctrico”. (FRÍAS, MATEO & PÉREZ, 2011, p.04)

“Si no se adopta una estrategia de recarga coordinada, sería necesario además aumentar la potencia de los centros de transformación, media/baja tensión y reforzar la red de media tensión”. (FRÍAS, MATEO & PÉREZ, 2011, p.05)

Lo anterior no ha sucedido en Guatemala con un sector automotriz que carece de reglas claras. Está siendo, por ende, el principal artífice de la contaminación nociva para el medio ambiente y para la salud de la población.

Como es inminente el vehículo eléctrico incursionará en el mercado guatemalteco. Actualmente se ha dado a conocer por medio de medios de

comunicación locales que se instalará una planta ensambladora de vehículos eléctricos en Escuintla. (MEM, 2015)

Por lo que este trabajo de investigación busca proveer información valiosa tanto teórica como práctica, sobre el impacto que el vehículo eléctrico representará técnicamente a su fuente de alimentación, el sistema de distribución y como se verá afectada la matriz energética de la distribuidora por motivo de esta nueva demanda.

Una distribuidora de energía eléctrica posee una matriz energética que, en este caso sale a licitación pública, donde contratará distintos tipos de generación para suplir su demanda. Actualmente se trata de que dicha matriz posea en un mayor porcentaje generación de origen renovable, se puede consultar matriz energética en marco teórico.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el suministro de energía eléctrica es una necesidad básica para todas las personas. Durante el transcurso de los estudios de maestría se conoció que la energía eléctrica trabaja en un eje transversal a las actividades que el ser humano en la actualidad realiza.

Todos necesitan de energía eléctrica como de transporte. Sin embargo, no todos conocen los parámetros necesarios para que las necesidades puedan ser solventadas de manera correcta. Parámetros eléctricos que serán obligación del sistema eléctrico proveer, para así brindar un suministro del fluido eléctrico de calidad.

Se menciona esto puesto que el vehículo eléctrico para funcionar necesitará ser alimentado por el sistema de distribución y su demanda de potencia puede llegar a ser muy considerable. Las líneas de distribución que proveen electricidad a los hogares, aguas arriba provienen de una subestación de distribución. Estas tienen una configuración tal que se distribuyen para poder alimentar todas las cargas.

En conjunto todas estas al ser sumadas generan lo que se conoce como una curva de demanda. Esta no debe sobrepasar los límites operativos establecidos para cuidar de todos los componentes que conforman un circuito.

Se conoce como curva de demanda a la gráfica resultante de la sumatoria de los consumos de todos los participantes conectados a un sistema eléctrico o fuente de energía eléctrica. En anexos se podrá encontrar la curva de demanda

respectiva de la distribuidora de la ciudad de Guatemala y del circuito elegido para el estudio.

Realizando un paréntesis y esto se basa en las normas actuales de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Se indica que los usuarios con baja tensión simple serán los que tengan una demanda menor o igual a once Kilovatios. (CNEE, NTSD, 1997)

Y adelantando que en la modalidad de recarga lenta el vehículo eléctrico fácilmente puede demandar, según la Norma IEC 6185-1 para el modo de carga más simple de 3,7 a 11 Kilovatios con un conector de red eléctrica estándar. Será un valor sumamente considerable y de un impacto que debe ser analizado puesto que para que el sistema pueda ser de calidad no debe estar sobrecargado. (IEC-61851-1, 2010)

Preguntas de investigación son las siguientes:

- ¿Está preparada la red actual de distribución de la ciudad de Guatemala, para soportar el auge comercial del vehículo eléctrico?
- ¿Qué impacto técnico representará la recarga de los vehículos eléctricos en la red?
- ¿Hasta qué nivel de penetración del vehículo eléctrico podría soportar el sistema de distribución actual?
- ¿Representará el auge del vehículo eléctrico modificaciones a la red actual y cambios en su mantenimiento?
- ¿Cómo se verá afectada la matriz energética actual al agregarse la demanda de esta nueva tecnología?

4. JUSTIFICACIÓN

La recarga del vehículo eléctrico trae consigo un impacto sobre las redes de distribución de energía eléctrica teniendo en cuenta que ellas están diseñadas para soportar el pico de la demanda. Por tanto, siendo esta una maestría en energía y ambiente, con líneas de investigación que tratan consumos domésticos, fuentes renovables y no renovables; como también planificación energética, está totalmente relacionada y favorece dicho estudio. (FRÍAS, MATEO & PÉREZ, 2011)

Los beneficios que trae consigo el análisis del impacto de la recarga de los vehículos eléctricos son tanto para el usuario como para la distribuidora. Esto puesto que el crecimiento de esta demanda puede llegar a impactar el sistema al cual todos están conectados. Por lo tanto obteniendo información en el momento oportuno puede anticipar problemas que puedan surgir.

5. OBJETIVOS

General

Analizar el impacto de la recarga de vehículos eléctricos sobre un circuito de distribución de la ciudad de Guatemala.

Específicos

1. Estudiar el comportamiento de diversas configuraciones actuales en baja tensión y el impacto que supondría la incorporación del vehículo eléctrico en dichas redes.
2. Analizar el comportamiento de una red en media tensión a la cual se han conectado las redes de baja tensión previamente estudiadas con la incorporación de los vehículos eléctricos.
3. Analizar la cantidad máxima soportable de vehículos eléctricos conectados a la red de media tensión elegida, con la cual no se verá afectado su funcionamiento en configuración normal y bajo maniobras.
4. Determinar qué tipo de modificaciones puedan llegar a ser necesarias sobre la red y su mantenimiento, producto de esta nueva demanda.
5. Analizar cómo podrá verse afectada la matriz energética actual contratada por la distribuidora.

6. ALCANCE

La presente investigación es de carácter explicativo puesto que actualmente la tecnología de los vehículos eléctricos está incursionando dentro del territorio nacional. Básicamente el principal beneficiado con la presente investigación es la empresa distribuidora de energía eléctrica. Esto debido a que las conclusiones de la presente investigación servirán para orientar, advertir y prever los impactos que esta demanda puede llegar a tener.

Dentro de la empresa, las principales unidades que se verán beneficiadas serán las que llevan el control de los circuitos y sus variables. Por tanto se mencionarán a continuación:

- Centro de operación e información: será beneficiado debido a que aquí es donde se opera la red y se realizan las transferencias de carga. El vehículo eléctrico representará una nueva demanda, la cual deberá tomarse seriamente en consideración al momento un auge comercial.
- Unidad de Planificación: tendrá beneficios debido a que planifican las modificaciones permanentes a la red, como las ampliaciones a las instalaciones actuales. Llevan los criterios de cantidad de potencia que puede ser transmitida para evitar las pérdidas.
- Departamento de Control: será beneficiado puesto que sabrá de manera anticipada las consecuencias que tendrá la recarga de energía eléctrica, sobre la matriz energética actual de la distribuidora.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Estado del medio ambiente

Según evidencia científica se señala que desde los años 1750 el planeta ha estado experimentando un calentamiento global neto. Este continuará durante el presente siglo a consecuencia de las emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero producidos principalmente por la acción humana, y en especial por el consumo del petróleo y carbón. (RODRÍGUEZ M. & BECERRA H., 2009)

En lo que respecta a la historia del planeta, siempre ha estado marcado por épocas denominadas eras geológicas. El mundo, entonces, ha tenido grandes transformaciones que se pueden evidenciar solamente con ver las diferentes capas de los terrenos, demostrando que los cambios han sido constantes.

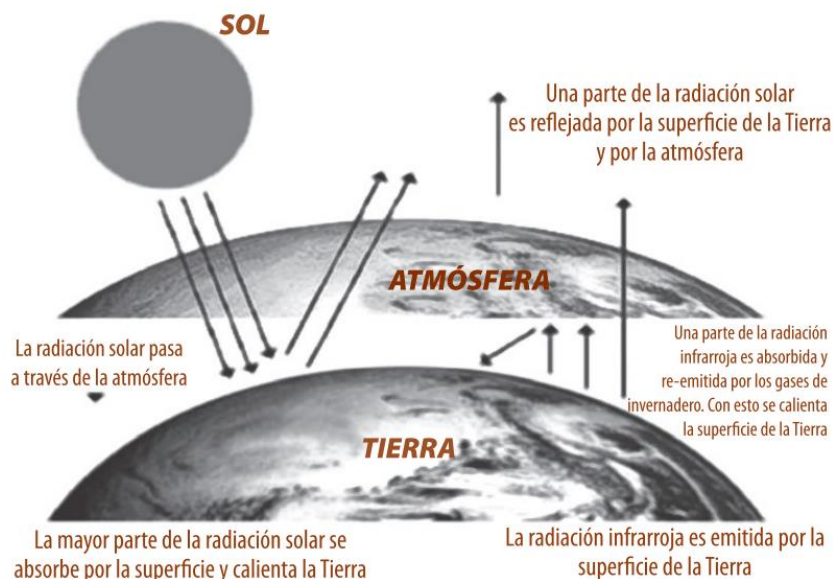
Sucede que a partir que el ser humano ha tenido mayor actividad, principalmente industrial, el cambio se ha acelerado. Esto ha sido en solamente cuestión de pocos años. Se han dado sucesos como, deshielo de los polos, calentamiento de los mares, del aire, destrucción de ecosistemas, abruptas sequias y lluvias, tifones, huracanes y otros.

En 2015, según distintos medios de comunicación, se dio lo que hasta la fecha se ha conocido como posiblemente el mayor fenómeno del niño nunca registrado. Esto a consecuencia del cambio climático y especialmente por la emisión de gases de efecto invernadero. (MILLER B. & THOMPSON N., 2015)

¿Qué es el efecto invernadero y cuáles son los gases que lo provocan? Como se ha mencionado, la actividad humana que ha contribuido de manera abismal al cambio climático proviene principalmente del consumo de combustibles fósiles y del carbón, que emiten en gran proporción dióxido de carbono.

Para entender el efecto invernadero es necesario considerar que la energía lumínica proveniente del sol al entrar en la atmósfera experimenta una conversión a energía calórica. La mayor parte del calor es reflejado al espacio, pero con la presencia de altas cantidades de gases como el CO_2 , el calor no es reflejado y se retiene creando un incremento en la temperatura terrestre. Al mismo tiempo que aumenta el ritmo con que se emiten estos gases y se deforestan los bosques, por tanto la temperatura tendrá un aumento cada vez mayor.

Figura 1. **Proceso del efecto invernadero**



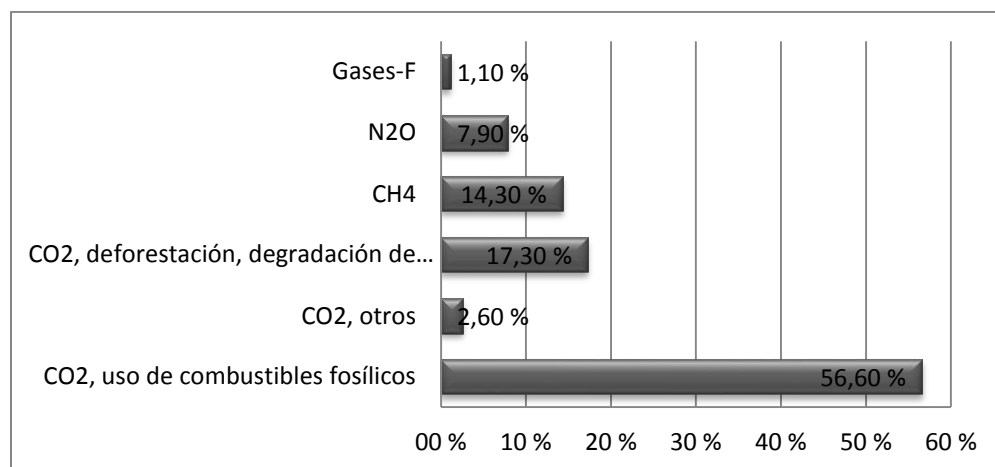
Fuente: RODRÍGUEZ M. & BECERRA H. *Cambio climático: lo que está en Juego*. p 10.

“Se denomina al efecto invernadero como el mecanismo mediante el cual el CO₂ y otros gases producen calentamiento global.” (RODRÍGUEZ M. & BECERRA H., 2009)

Existen siete gases que son los principales en cuanto al efecto invernadero, hasta el momento solamente se ha nombrado al (CO₂), pero esto es debido a su alta producción y a que es emitido en su mayoría por el transporte y la industria. El vapor de agua también es uno, pero este ha estado presente a lo largo de la historia del planeta por lo que no se puede controlar.

Existen otros cinco como lo son el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los fluorocarbonados (CCL₂F₂), los hidrofluorocarbonados (CCI₂F₂), el perfloroetano (C₂F₆) y el hexafloruro de azufre (SF₆), representados eso sí, en menor medida. Cada uno de ellos tiene su específica capacidad para atrapar calor solar y devolverlo a la tierra. (RODRÍGUEZ M. & BECERRA H., 2009)

Figura 2. **Emisiones GEI**



Fuente: Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. *Cambio climático*. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf. Consulta: septiembre de 2015.

Se observa cómo el uso de combustibles fósiles es el mayor productor de gases contaminantes con un valor de 56,60 %. Por lo que métodos de transporte alternativos son una necesidad.

7.2. Necesidades del medio ambiente debido al cambio climático

El medio ambiente es un conjunto de factores físicos, químicos, biológicos, culturales, sociales y económicos. Estos pueden ocasionar efectos sobre todos los seres vivos que lo habitan.

Por la realidad que atraviesa actualmente surgen necesidades como lo son:

- Métodos de transporte alternativos.
- Eficiencia energética.
- Menor utilización de hidrocarburos.
- Mayor utilización y mejoras en las tecnologías de energías renovables para la generación de energía eléctrica.
- Mayor conciencia social sobre el cambio climático.
- Mejores prácticas por las industrias en el control de sus emisiones y desechos.
- Políticas energéticas con reglas claras y aplicación de sanciones elevadas.

Estas son solamente unas cuantas necesidades básicas actuales para contribuir al cambio climático. En la presente investigación se tratará el primer punto, un método alternativo de transporte necesario, como ya se ha mencionado.

7.3. Tecnologías de transporte alternativas, el vehículo eléctrico (VE)

Para comprender los alcances de la presente investigación es necesario conocer el entorno general de lo que involucra el VE y la razón por la cual se ve como una necesidad de estudio.

7.3.1. ¿Qué es el vehículo eléctrico?

Es aquel que utiliza energía química procedente de sus acumuladores o baterías recargables, para alimentar sus motores eléctricos que lo impulsarán. Las cuales pueden ser recargadas mientras este se encuentra parqueado o aprovechando la energía cinética de su movimiento. (ROSELL, 2012)

Figura 3. **Vehículo eléctrico**



Fuente: Ecoticias. *Vehículo ¿eléctrico o convencional?*.

<http://www.ecoticias.com/motor/110900/Vehiculo-electrico-convencional>. Consulta: septiembre de 2015.

Toda tecnología necesita de tiempo para ser consolidada como viable. El VE es un ejemplo de esto. En el mundo su utilización está siendo cada vez más amplia, en España, Estados Unidos, Canadá y diversos países de Europa, se está apostando por la utilización progresiva de esta tecnología sin dejar de despertar dudas sobre lo que ella representará, a pesar que son países con un desarrollo industrial muy alto.

Las emisiones de gases contaminantes de un VE comparado con uno similar de combustión interna son considerablemente menores. Debido a que ellos no tendrán un ciclo de combustión o de presiones como lo tienen los motores gasolina y diésel. En lugar de esto tendrá un motor eléctrico que no genera gases contaminantes, con un desgaste motriz insignificante, centrándose el desgaste en las partes móviles que involucra la dirección, suspensión y transmisión. Sin embargo, la utilización del VE no se centra solamente en él, su recarga involucra diversidad de elementos que la permiten y este es el interés del presente estudio.

La presente investigación tiene un impacto tanto técnico como ambiental. Técnico debido a que la demanda de la recarga del vehículo eléctrico impacta sobre todos los equipos que se encuentran conectados a la red de distribución, principalmente conformados por:

- Transformadores
- Líneas de distribución
- Equipos de medición
- Equipos de protección
- Equipos de operación

Juntos conforman el complejo sistema de distribución.

Respecto a la parte ambiental, como se ha mencionado con anterioridad, es debido a que un VE genera de manera muy significativa menores cantidades de gases contaminantes y para una distribuidora impactan en su matriz energética.

7.4. Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico

Este trae consigo ventajas e inconvenientes relacionados, se verán a continuación.

Tabla I. **Ventajas e inconvenientes**

Ventajas	Inconvenientes
Potencialmente sistema de propulsión limpio, menor impacto ambiental.	Prestaciones y autonomía, se limita a lo que las baterías puedan rendir.
Posibles exenciones fiscales, por medio de normativas y reglamentos claros.	Necesidad de mejoras en la red o red logística, su recarga representará cambios a la red de distribución puesto que la demanda de la recarga es considerable.
Costes, no necesita de la gran cantidad de dispositivos y mecanismos que los vehículos de combustión interna precisan.	Desarrollo de baterías, limitante principal debido a los materiales de elaboración, vida de uso y desechos que representarán.

Fuente: elaboración propia.

7.5. Tipos de vehículos eléctricos

Hasta el momento se han desarrollado dos grandes clases de vehículos que incorporan un sistema de tracción eléctrica.

- Vehículo híbrido, tradicional y enchufable.
- Eléctrico puro (BEV o *Battery Electric Vehicle*) o vehículo eléctrico, el cual será del; interés de la presente investigación.

7.5.1. Vehículo híbrido

Vehículo que combina motores eléctricos y de combustión interna para su propulsión. Se dividen principalmente en dos tipos:

- Vehículos híbridos tradicionales: este es el vehículo híbrido clásico que utiliza a la vez un motor de combustión interna y un motor eléctrico. El motor eléctrico utilizará la energía almacenada en las baterías que se recargan por medio de un generador accionado por el motor de combustión interna y por medio de un sistema de freno regenerativo.
- Vehículos híbridos enchufables: actúan como los híbridos tradicionales, solamente que las baterías se pueden recargar tanto por el motor de combustión interna como por un enchufe a la red de distribución.

Figura 4. **Esquema vehículo híbrido**



Fuente: Ecoticias. *Vehículo ¿eléctrico o convencional?*

<http://www.ecoticias.com/motor/110900/Vehiculo-electrico-convencional>. Consulta: septiembre de 2015.

7.5.2. Vehículo eléctrico puro

El VE es aquel que solamente utiliza motores eléctricos para su propulsión, alimentados por baterías que para su recarga deberán estar conectadas a la red de distribución o a un banco de baterías, estos últimos siendo muy costosos e involucran una mayor cantidad de componentes. Por lo que la manera menos compleja para recargar las baterías es, como se ha mencionado, la conexión a la red de distribución de energía eléctrica.

Figura 5. Vehículo eléctrico



Fuente: Ecología verde. *Vehículos híbridos enchufables.*

<http://www.ecologiaverde.com/vehiculos-hibridos-enchufables>. Consulta: octubre de 2015.

7.6. Tecnología de baterías y sistema de recarga

Las baterías representan una parte fundamental en el VE. Estos proveen la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los motores y por tanto condicionará el desempeño y su autonomía. Teniendo aspectos de interés los cuales son:

- Costes: actualmente las baterías suponen una parte de suma importancia en cuanto a los costes del VE, limitando en gran medida la comercialización de estos.
- Capacidad de almacenamiento: este aspecto repercute en la autonomía del VE, puesto que a mayor capacidad de acumulación de energía, mayor será la distancia que el VE podrá recorrer.
- Vida útil: aspecto muy determinante puesto que las baterías por representar un gran porcentaje del coste del VE, deberán tener una vida útil considerablemente alta, no siendo hasta el momento así en otras aplicaciones comerciales que estas pueden tener.

7.6.1. Tipos de baterías

Los tipos de baterías más significativos en la actualidad son:

- Plomo ácido
- Níquel-hidruro metálico (Ni-MH)
- Iones de litio

Tabla II. **Características de distintas tecnologías de baterías para VE**

Tipo de batería	Energía específica (Wh/kg)	Energía/Volumen (Wh/L)	Potencia/Peso (W/kg)	Eficiencia (%)	Número de ciclos
Pb-ácido	40	60-75	180	82,5	500
Ni-MH	70	140-300	250-1000	70,0	1 350
ión-Litio	125	270	1800	90,0	1 000

Fuente: MORENO HERREO J. *Impacto del vehículo eléctrico sobre redes de distribución*.
http://oa.upm.es/14979/1/PFC_Jesus_Moreno_Herrero. Consulta: septiembre de 2015.

7.7. Operación de la red de distribución, maniobras e incidencias

Se considera primordial que previo a entrar de lleno en el tema principal de investigación se tenga claro qué es un distribuidor, sistema de distribución y sistema de distribución final. Todo con base en la vigente Ley General de Electricidad de Guatemala.

7.7.1. Conceptos

- Distribuidor: es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica. (CNEE, Ley General de Electricidad, 2013)
- Servicio de distribución final: es el suministro de energía eléctrica que se presta a la población, mediante redes de distribución, en condiciones de calidad de servicio y precios aprobados por la comisión.(CNEE, Ley General de Electricidad, 2013)

- Sistema de distribución: es el conjunto de líneas y subestaciones de transformación de electricidad, destinadas a efectuar la actividad de distribución y que funcionen a los voltajes que se especifique el reglamento.(CNEE, Ley General de Electricidad, 2013)

Una red de distribución se encuentra conformada por gran cantidad de dispositivos los que representan los activos de la empresa distribuidora. Como se ha mencionado, una distribuidora es la encargada de llevar la energía eléctrica a todos los usuarios. Dicha tarea la lleva a cabo en media tensión, en nuestro caso 13.2 KV.

La operación de la red de distribución se realiza desde un lugar conocido como el centro de operación, donde se ejecutan todas las maniobras. Estas llegan a las notificaciones de las incidencias sobre la red, generan los reportes de los parámetros de interés para el control y se gestionan los trabajos que ejecutarán los interesados.

Actualmente se utilizan sistemas remotos de control de adquisición de datos conocidos como SCADA. Esto con valores en tiempo real y donde por medio de alarmas se reportan todos los eventos. Los valores de demanda de los circuitos se adquieren por medio de estos sistemas.

7.7.2. Maniobras de distribución

Son modificaciones a la red las cuales se realizan para distintos objetivos como transferir carga, crear zonas de trabajo, alimentar usuarios en momentos de contingencias desde otras subestaciones, siempre que se vea interrumpida la continuidad de servicio de energía eléctrica. Estas en su mayoría se realizan con las denominadas cuchillas seccionadoras.

- Cuchilla seccionalizadora: es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos que, por lo general se opera sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga. Son de gran interés puesto que por medio de estas se transfiere la carga de un circuito a otro. (Enríquez Harper, 2000)

7.7.3. Incidencias en redes de distribución

Son eventos no programados sobre la red de distribución que interrumpen el suministro de energía eléctrica y hacen actuar las protecciones de los circuitos. Cuando una incidencia desencadena un corte de energía eléctrica se busca por medio de una cuchilla seccionalizadora realizar una interconexión con otro circuito y no perder la continuidad del servicio.

7.8. Curva de demanda

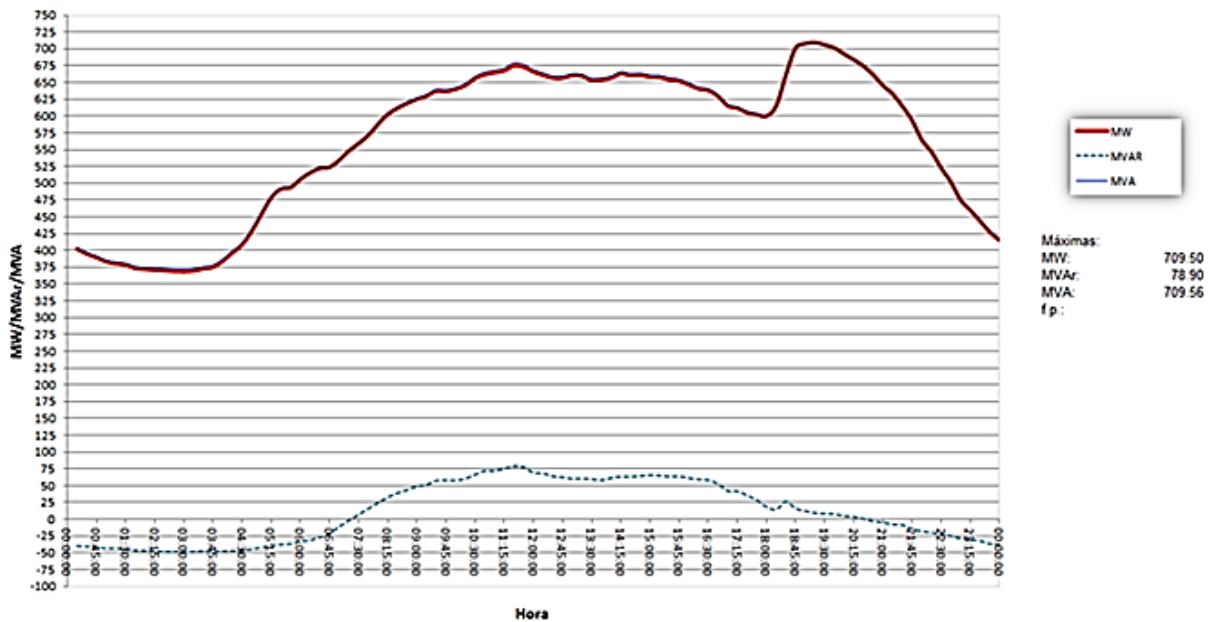
Esta es conformada al realizar la integración de la demanda de todos los usuarios conectados a la red de distribución. En ella se distinguen tres zonas horarias las cuales se conocen como horas valle (22:00 a 6:00), resto del día u horas diurnas (6:00 a 18:00) y la de mayor interés técnico, las horas pico (18:00 a 22:00).

Básicamente se busca que una curva de demanda no tenga en un lapso de tiempo, una elevación demasiado alta como la representada anteriormente en el horario pico. Esto por criterios técnicos debido a que una red de distribución está diseñada para soportar la demanda máxima. Si la demanda se incrementa demasiado en un corto lapso de tiempo, esto significará que deberá estar sobre dimensionada para suplirla. Por otro lado, si la demanda fuera más constante, o lo más horizontal posible, esta tendrá menores dimensiones y por

tanto menos costosa económicamente hablando, así como podrá tener menores valores de pérdidas por las elevadas corrientes.

Por la localización que posee el circuito elegido, para el presente estudio, tendrá una carga en su mayoría es residencial, muy poca industrial. Por lo que dicha curva se asemejará a la anteriormente mostrada, la idea es que por medio de un análisis sobre la curva de demanda se pueda determinar hasta qué nivel de penetración podrá llegar el vehículo eléctrico sin afectar la operación del circuito elegido.

Figura 6. **Curva de demanda empresa distribuidora**

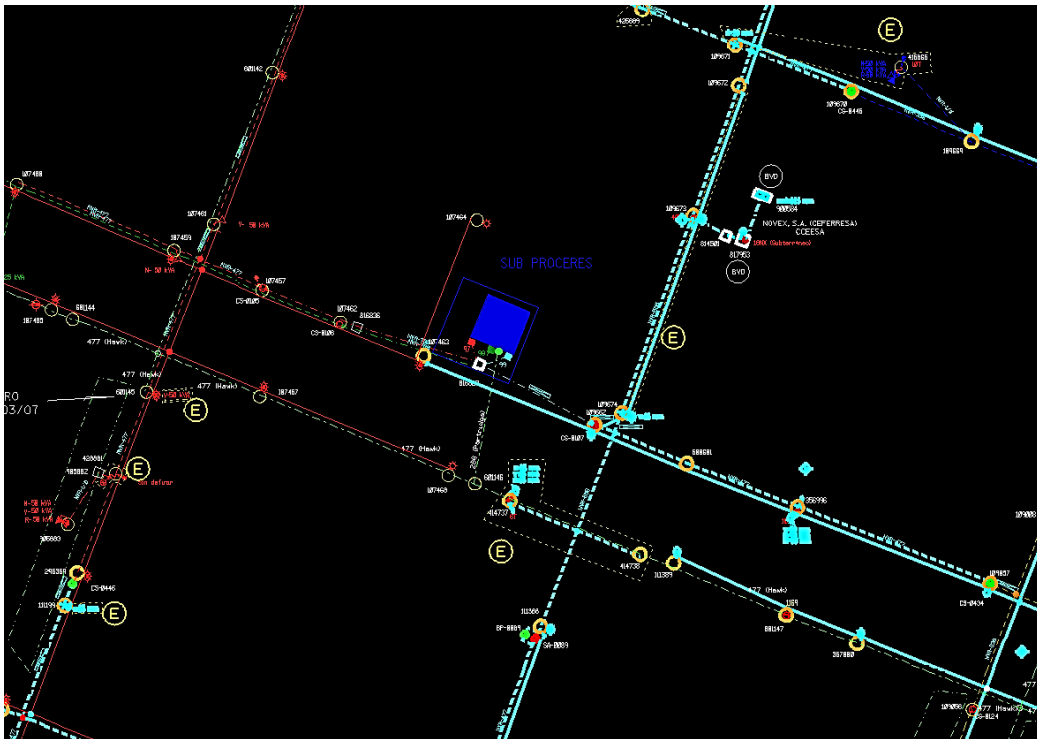


Fuente: centro de información, empresa distribuidora.

7.9. Preparación de la simulación

- Circuito elegido: circuito 99, Subestación Próceres, tres campos de 13,2 kV, transformador 28 MW.

Figura 7. Ubicación cartográfica



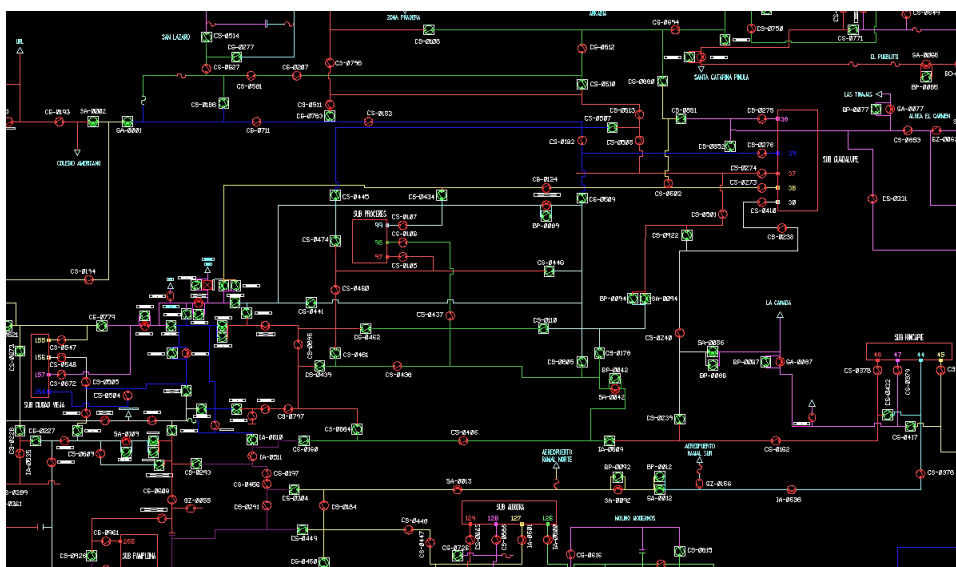
Fuente: Sistemas Gráficos, empresa distribuidora.

Figura 8. Esquema geográfico del área de impacto del circuito 99



Fuente: Sistemas Gráficos, empresa distribuidora.

Figura 9. Red de 13,3 kV y maniobras



Fuente: Sistemas Gráficos, empresa distribuidora.

7.10. Definición teórica de las variables en estudio

Es necesario tener conocimiento teórico de lo que significan las variables en estudio por lo que serán definidas en las siguientes tablas.

Tabla III. **Variables dependientes en estudio**

Variable	Definición	Dimensionales
Demanda de la batería en vatios	Unidad de potencia eléctrica del sistema internacional, que equivale a un julio por segundo. Al momento de ser cargada, la batería tendrá una demanda específica, determinada por su diseño.	W
Capacidad de la batería en kilovatio hora	Representa que tanta energía la batería podrá almacenar.	kWh

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Variables independientes en estudio**

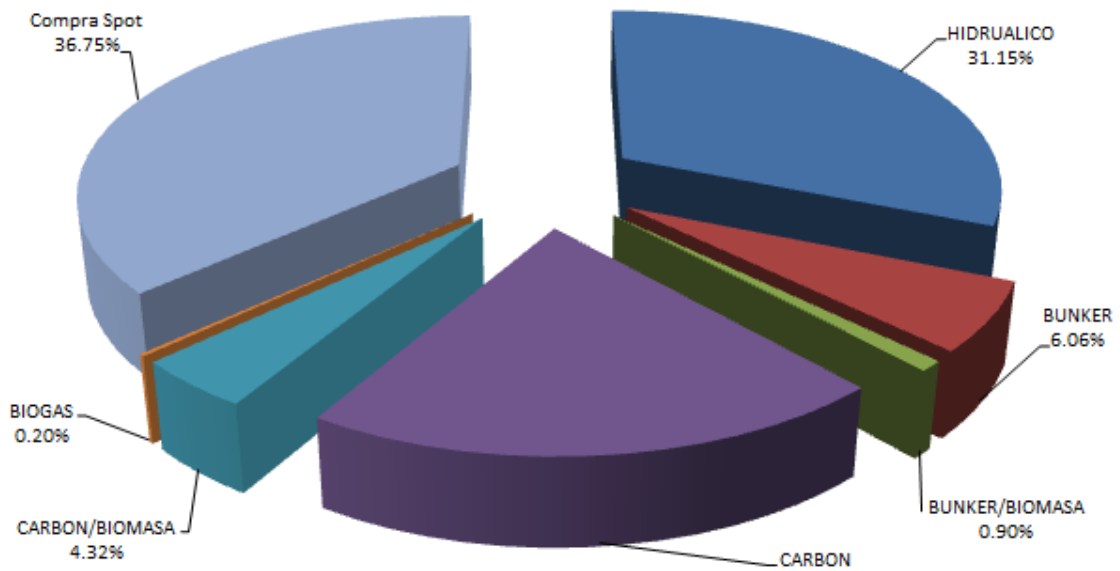
Variable	Definición	Dimensionales
Flujo de potencia, en transformadores y líneas	El propósito del análisis de flujo de potencia es calcular con precisión los voltajes de estado estacionario en todos los buses de una red, y a partir de ese cálculo los flujos de potencia real y reactiva en cada una de las líneas y transformadores.	W
Pérdidas de energía	Pérdidas de energía en las líneas.	kWh

Fuente: elaboración propia.

7.11. Matriz energética

Se refiere a la representación cuantitativa de toda la energía disponible. La distribuidora tiene su matriz energética conformada por la generación contratada para suplir la demanda de potencia y energía. Esta se compone de todos los tipos o tecnologías de generación para suplir la demanda de los usuarios.

Figura 10. **Matriz energética de la distribuidora, tarifa social**



Fuente: Departamento de Control, empresa distribuidora.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

ALCANCES

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Estado del medio ambiente
- 1.2. Necesidades del medio ambiente debido al cambio climático
- 1.3. Tecnologías de transporte alternativas, el vehículo eléctrico
 - 1.3.1. ¿Qué es el vehículo eléctrico?
- 1.4. Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico
- 1.5. Tipos de vehículos eléctricos
 - 1.5.1. Vehículo híbrido
 - 1.5.2. Vehículo eléctrico puro
- 1.6. Tecnología de baterías y sistema de recarga
 - 1.6.1. Tipos de baterías
- 1.7. Operación de la red de distribución, maniobras e incidencias
 - 1.7.1. Conceptos
 - 1.7.2. Maniobras de distribución
 - 1.7.3. Incidencias en redes de distribución

- 1.8. Curva de demanda
 - 1.9. Preparación de la simulación
 - 1.10. Definición teórica de las variables en estudio
 - 1.11. Matriz energética
-
- 2. **CAPÍTULO II: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN REDES DE BAJA TENSIÓN Y MEDIA TENSIÓN**
 - 2.1. Análisis teórico de las variables involucradas en la adición del vehículo eléctrico a redes de baja tensión del circuito elegido.
 - 2.2. Mediciones reales con equipo especializado de calidad de energía en baja tensión.
 - 2.3. Corridas de flujo de carga y obtención de variables en media tensión.
 - 2.4. Análisis individual en los principales componentes que se involucran en la red de media tensión.
 - 2.5. Cantidad máxima de vehículos eléctricos en la red.
-
- 3. **CAPÍTULO III: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED DEBIDO A LA DEMANDA POR LA RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO**
 - 3.1. Análisis operativo de la red al momento de la recarga del vehículo eléctrico.
 - 3.2. Propuesta de mantenimiento a la red de media y baja tensión producto de la recarga del vehículo eléctrico.

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS AMBIENTAL

4.1. Análisis del impacto de la recarga del vehículo eléctrico en la matriz energética contratada por la empresa distribuidora.

4.2. Propuestas a futuro por las exigencias que un auge comercial del vehículo eléctrico podrá representar.

5. CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la presente investigación será necesario un trabajo en conjunto con distintas áreas, como se detalla a continuación.

- Área de Sistemas Gráficos: se utilizará el apoyo por parte de esta área puesto que son quienes poseen la documentación del estado actual de toda la red de distribución. Operando mediante el SCADA y los equipos de maniobras. Aquí se realizará la elección del circuito a analizar, con base en criterios técnicos y sus curvas de consumo; se definirá la línea base de investigación.

Asimismo se realizará un análisis operativo, simulando transferencias de carga entre circuitos al ocurrir contingencias. Determinando cómo influiría en estas situaciones si una flotilla de VE estuviera siendo cargada en ese preciso momento.

- Área de Planificación: se utilizará un software especializado, NEPLAN. Esto para obtener valores de la red al realizar corridas de flujo de carga, estos consistirán en pérdidas de energía, flujos de potencia y corrientes en los ramales del circuito. Asimismo, se utilizarán criterios de técnicos vigentes para que la investigación esté acorde al plan de acción de los próximos años que estará implementando la empresa distribuidora, respecto a los flujos de potencia óptimos en los circuitos.
- Área Técnica de Contratos de Generación: proveerá la matriz energética actual para realizar análisis con base en la demanda que representará el

vehículo eléctrico para un valor considerable de penetración en el mercado.

- Mediciones directas: se llevarán a cabo con equipo especializado para análisis de redes y calidad de energía durante la recarga de un vehículo eléctrico. Con esto se obtendrá valores valiosos para obtener conclusiones sobre cómo repercute esta demanda en la red.

Luego de tener toda la información anteriormente mencionada se procederá a unirla y concluir, cumpliendo con los objetivos planteados.

Tabla V. **Actividades por objetivo**

Objetivo	Actividades
Estudiar el comportamiento actual de diversas configuraciones en baja tensión y el impacto que supondría la incorporación del VE en dichas redes.	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizará teóricamente la adición de un VE a cada una de ellas, buscando los puntos en los cuales pudiera tener problemas. Haciendo énfasis en el transformador y en las líneas. • Se realizarán mediciones reales en un tipo de tipología con equipos especializados de calidad de energía, para adicionar información a los análisis que se realicen.
Analizar el comportamiento de una red en media tensión a la cual se han conectado las redes de baja tensión, previamente estudiadas con la incorporación de los vehículos eléctricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez analizado en baja tensión se adicionarán a la red de media tensión, se realizarán corridas de flujo de potencia y documentarán todos los valores obtenidos de las mismas. • Se analizarán todos los componentes involucrados haciendo énfasis en las protecciones, transformador de potencia y líneas.

Continuación de la tabla V.

<p>Analizar la cantidad máxima soportable de VE conectados a la red de media tensión elegida, con la que no se verá afectado su funcionamiento en configuración normal y bajo maniobras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará la información de los objetivos anteriores para llegar a determinar cuál sería la cantidad de VE que no interfiera con la correcta operación de la red. • Se utilizarán las curvas de consumo y se sumarán según criterios de recarga, las nuevas demandas. • Realizar un ejercicio en el cual se deberá suplir la demanda del VE al haber maniobras por un incidente dado, buscando anticipar los problemas que se puedan llegar a dar por esta nueva demanda.
<p>Determinar qué tipo de modificaciones puedan llegar a ser necesarias sobre la red y su mantenimiento, producto de esta nueva demanda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Con la información anteriormente obtenida se comparará con las normas de la empresa distribuidora y las normas regulatorias, buscando las modificaciones que pudieran llegar a ser necesarias y los mantenimientos a red que puedan llegarse a dar. • Se realizará un plano visto desde planta, en el cual se indicarán las modificaciones, para un ramal del circuito elegido. • Realizar una estimación de costos para la modificación de una red que por la demanda del VE lo necesite.
<p>Analizar cómo podrá verse afectada la matriz energética actual contratada por la distribuidora.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Por medio de la matriz energética y la curva de demanda actual se realizará un análisis. Iniciando con valores reales de la matriz energética contratada. Luego se adicionará a la curva de demanda la nueva del VE, se busca determinar si el impacto será beneficioso o nocivo al medio ambiente puesto que idealmente se busca que para suplir la nueva demanda y representar un verdadero ahorro en emisiones de gases contaminantes, debe ser por medio de recursos renovables. • Se realizará una tabla de beneficios e inconvenientes.

Fuente: elaboración propia.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Con la ayuda de un software se analizará por medio de estadística descriptiva los perfiles de las cargas elegidas en el muestreo. Con los valores obtenidos del analizador de redes cuando se mida el perfil de tensión, como se ha indicado con anterioridad.

- Variables:
 - Independientes:
 - Demanda en la carga del acumulador o batería del VE.
 - Capacidad en kilovatio hora del acumulador.
 - Dependientes:
 - Flujos de potencia en transformadores de media y baja tensión.
 - Flujos de potencia en las líneas primarias y secundarias.
 - Pérdidas de energía en las líneas primarias.

11. CRONOGRAMA

A continuación se presenta el cronograma de las actividades planeadas para la realización de este estudio, correspondientes al 2016.

Tabla VI. **Cronograma**

Fase 1	Inicio	Final	Días
Estadística sobre valores de demanda máxima , circuito elegido.	11-ene	15-ene	5
Análisis matriz energética 2015	18-ene	22-ene	5
Análisis de la operación y maniobras del circuito elegido.	25-ene	29-ene	5
Recopilación de información de las topologías de baja tensión.	01-feb	12-feb	10
Gestión para las corridas de flujo de potencia en media tensión.	15-feb	26-feb	10
Obtención de planos para análisis de mantenimiento y modificaciones.	29-feb	11-mar	10
Fase 2	Inicio	Final	Días
Ordenado y estructuración de información obtenida.	14-mar	01-abr	25
Fase 3	Inicio	Final	Días
Elaboración de diseño de plano y estimación de costos por modificaciones.	04-abr	15-abr	10
Elaboración de tabla de beneficios e inconvenientes sobre matriz energética.	18-abr	29-abr	10
Realización de ejercicio de maniobras e incidencias.	02-may	10-may	10
Fase 4	Inicio	Final	Días
Unión final de todo el trabajo de investigación	16-may	01-jul	35
Formato final y detalles	04-jul	22-jul	15

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

Actualmente para el estudio se cuenta con:

- Equipo de medición de calidad de energía.
- Software de flujos de carga.
- Permiso y acceso a la información de los activos, y configuración actual de la red.

Tabla VII. **Recursos financieros**

Descripción	Precio
Uso del software.	35,00 Q/hora
Acceso a sistemas gráficos de la red.	35,00 Q/hora
Alquiler de equipo de medición.	35,00 Q/hora
Estimación de inversiones solamente por el uso del equipo.	Q. 1 400,00
Combustible para movilización.	Q 1 500,00
Inversión de tiempo para recopilación y análisis de la información.	Q. 2 800,00
Total estimado	Q 5 700,00

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. CEAC. *Manual CEAC del Automóvil*. 2004. Barcelona, España. Única Edición. Ediciones CEAC, S.A.
2. CNEE. (1997). *NORMAS TECNICAS DEL SERVICIO DE DISTRIBUCION NTSD*. Guatemala, Guatemala. CNEE. Sitio Web: <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>
3. CNEE. (2007). *Reglamento de la Ley General de Electricidad. Guatemala, Guatemala*: CNEE. Sitio Web: <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>
4. Enríquez G. (2000). *Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión*. Mexico, D.F. Limusa.
5. Frías P., Mateo C. y Pérez J. (octubre, 2011). *Evaluación del impacto de la integración del coche eléctrico en las redes de distribución de energía eléctrica*. LYCHNOS. Número 06.
6. Group chief executive. (junio, 2015). *BP Statistical Review of World Energy, Reserves*. Sitio Web: <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf>.

7. Hans Zandvliet. Enero 2011. *Pico de Petróleo y el Destino de la Humanidad: no existen soluciones técnicas rápidas y las consecuencias pueden ser grave*. Nueva York. Sitio Web: <https://opsur.files.wordpress.com/2011/01/el-pico-de-petrc3b3leo-y-el-destino-de-la-humanidad.pdf>
8. IEC. *Modos de carga* (IEC-61851-1). (2010). Barcelona, España: CIRCUTOR. Sitio Web: <http://circuitor.com/es/formacion/vehiculo-electrico/modos-de-carga-iec-61851-1>
9. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). *Cambio climático*, Informe de síntesis. Sitio web: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
10. International Energy Agency. (2010). *World Energy Outlook*. Sitio Web: <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf>
11. Jack Andrews. (2012). *La evolución del auto eléctrico*. Guatemala, Guatemala: Mundo&Motor. Sitio Web: http://www.mundoymotor.com/No.180_0052_12_2012/mym_1121112142816.htm
12. MEM. (2015). *China ensamblará vehículos eléctricos en Guatemala*. Guatemala, Guatemala: Ministerio de Energía y Minas. Sitio Web: <http://www.mem.gob.gt/2015/09/china-ensamblara-vehiculos-electricos-en-guatemala>

13. Miller B. y Thompson N. (Agosto, 2015). *¿Será el fenómeno de 'El Niño' de 2015 el más intenso registrado en la historia?* CNN. Sitio web: <http://cnnespanol.cnn.com/2015/08/14/sera-el-fenomeno-de-el-nino-de-2015-el-mas-intenso-registrado-en-la-historia>
14. Moreno Herrero, J. (2013). *Impacto del Vehículo Eléctrico sobre las redes de distribución*. Madrid, España.
15. Municipalidad de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo Número 273-98*. Artículo 48. Palacio Nacional de Guatemala, 22 de mayo de 1998.
16. Ola A. (Enero, 2014). *A diario se suman 220 vehículos*. Guatemala, Guatemala: SIGLO21. Sitio web: <http://www.s21.com.gt/nacionales/2014/01/04/diario-se-suman-220-vehiculos>.
17. Querol X., Alastuey J., Moreno T y Viana M. 2006. *Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado*. Barcelona España. Fundación Gas Natural.
18. Rodríguez M. y Becerra H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. Bogotá, Colombia. Coordinación Editorial.
19. Rosell, P. O. (2012). *Modelado de la demanda de carga lenta y rápida de vehículos eléctricos para el estudio del impacto en la red de distribución*. Catalunya, España. ETSEIB.
20. Vehículos híbridos enchufable. (Sin fecha). *Ecología verde*. Sitio web: <http://www.ecologiaverde.com/vehiculos-hibridos-enchufables>.

