



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTA PARA ESTACIONES  
DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

**Kenny Edsson Marcos Calmo**

Asesorado por el Ma. Ing. Alan Henry Arfaxad Camajá Tum

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTA PARA ESTACIONES  
DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KENNY EDSSON MARCOS CALMO**

ASESORADO POR EL MA. ING. ALAN HENRY ARFAXAD CAMAJÁ TUM

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Saul Cabezas Duran
EXAMINADOR	Ing. José Aníbal Silva de los Angeles
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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 DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTA PARA ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 4 de agosto de 2020.

**Kenny Edsson Marcos Calmo**

**EEPFI-PP-0019-2022**

Guatemala, 12 de enero de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTA PARA ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y uso eficiente de la energía - Aspectos técnicos, económicos y ambientales en el uso y aprovechamiento de recursos energéticos**, presentado por el estudiante **Kenny Edsson Marcos Calmo** carné número **200011516**, quien optó por 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 ARTES en Energía Y Ambiente.

Y 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 Décimo, 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.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Alan Henry Arfaxad Camajá Tum  
Asesor(a)  
Alan Henry Arfaxad Camajá Tum  
Ingeniero Electricista  
Colegiado: 15714

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0019-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTA PARA ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario **Kenny Edsson Marcos Calmo**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

The image shows a handwritten signature in black ink over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

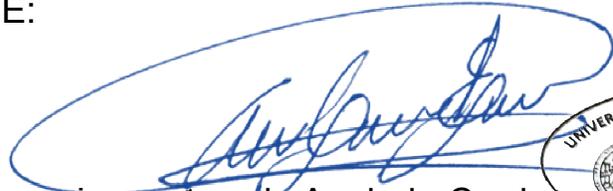
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.306.2022

La Decana 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 DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTA PARA ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por: **Kenny Edsson Marcos Calmo**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser guía y concederme su amor a través de las enseñanzas de Jesucristo y obsequiarme una gran familia.
<b>Mi padre</b>	Por inculcarme el valor de los estudios y el anhelo por un futuro construido a través del trabajo.
<b>Mi madre</b>	Por ser quien me tomó de la mano, se empeñó en darme el ejemplo de vida que necesitaba para mi superación personal y profesional, quien a través de la empatía al prójimo me enseñó que Dios obra y se presenta en nuestro diario vivir.
<b>Mi hermana</b>	Por ser una segunda madre y fortaleza de mi familia.
<b>Mi hermano</b>	Por ser una persona que admiro por su disciplina y esfuerzo, para convertirse en un profesional de éxito.
<b>Mi asesor</b>	MA. Ing. Alan Camajá. Por su amistad y contribución con su experiencia y tiempo en la realización de esta investigación.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios que siempre recordaré y representaré con orgullo.

**Facultad de Ingeniería**

Por su labor y compromiso en mejorar y comprometerse con la educación de buenos profesionales.

**Mis compañeros**

Quienes en equipo fuimos creciendo como profesionales, superando todos los obstáculos que se nos presentaron.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
3.1. Descripción del problema .....	12
3.2. Formulación del problema .....	13
3.2.1. Pregunta principal.....	13
3.2.2. Preguntas auxiliares .....	13
3.3. Delimitación del problema .....	14
4. JUSTIFICACIÓN .....	15
5. OBJETIVOS .....	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos .....	17
6. NECESIDADES A CUBRIR.....	19

7.	MARCO TEÓRICO .....	23
7.1.	Vehículo eléctrico e infraestructura de recarga .....	23
7.2.	Sostenibilidad ambiental a través de la transformación del modelo de transporte actual.....	25
7.3.	Matriz energética en la República de Guatemala 2020.....	25
7.3.1.	Demanda de Energía de la República de Guatemala 2020.....	26
7.3.2.	Red de distribución de energía eléctrica .....	26
7.4.	Eficiencia energética de los vehículos eléctricos .....	27
7.5.	Partes de un vehículo eléctrico (VE) .....	28
7.6.	Tipos de vehículos eléctricos .....	28
7.6.1.	Vehículos híbridos sin conector eléctrico .....	28
7.6.2.	Vehículos híbridos con conector eléctrico .....	29
7.6.3.	Vehículo eléctrico a batería.....	29
7.6.4.	Vehículo eléctrico a hidrógeno .....	30
7.7.	Tipo de carga en vehículos eléctricos .....	30
7.7.1.	Modo No.1.....	30
7.7.2.	Modo No.2.....	31
7.7.3.	Modo No.3.....	31
7.7.4.	Modo No.4.....	32
7.8.	Tiempos de carga.....	32
7.9.	Tipo de conectores.....	33
7.9.1.	Conector Schuko.....	33
7.9.2.	Conector tipo 1 (SAE J1772).....	33
7.9.3.	Conector tipo 2 (Mennekes) .....	34
7.9.4.	Conector tipo 3 .....	34
7.9.5.	Conector CHAdeMO .....	34
7.9.6.	Conector Combo 2 (IEC-62196-3).....	35
7.10.	Cargadores .....	35

7.10.1.	Cargador Wallbox .....	35
7.10.2.	Cargador de carga rápida .....	35
7.11.	Área para abastecimiento de energía eléctrica .....	36
7.12.	Suministro de energía para cargadores.....	36
7.13.	Medidas de seguridad eléctrica .....	37
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	39
9.	METODOLOGÍA.....	43
9.1.	Características del estudio .....	43
9.2.	Unidad de análisis (plan de muestreo) .....	44
9.3.	Variables (plan de muestreo).....	44
9.4.	Fases del estudio .....	45
9.4.1.	Fase 1: revisión bibliográfica .....	45
9.4.2.	Fase 2: gestión o recolección de la información .....	46
9.4.3.	Fase 3: análisis de la Información .....	46
9.4.4.	Fase 4: interpretación de información.....	46
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS .....	49
10.1.	Clasificación de documentos .....	49
10.2.	Entrevistas.....	50
10.3.	Cuestionarios.....	50
10.4.	Lectura analítica .....	50
10.5.	Diseño de un esquema provisional.....	50
10.6.	Elaboración de categorías .....	51
10.7.	Escala de Likert .....	51
10.7.1.	Administrado.....	51
10.7.2.	Autoadministrado.....	51

11.	CRONOGRAMA .....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	55
12.1.	Recurso humano .....	56
12.2.	Recurso financiero .....	56
12.3.	Acceso a la información y permisos .....	56
12.4.	Recursos tecnológicos .....	56
13.	REFERENCIAS .....	57

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Cronograma de actividades .....	53
----	---------------------------------	----

### TABLAS

I.	Potencia disponible en el cargador .....	32
II.	Dimensiones de vehículos para transporte particular .....	36
III.	Variables de la investigación .....	44
IV.	Estudio de factibilidad .....	55



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>GWh</b>	Gigawatts hora
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzales



## GLOSARIO

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>BID</b>	Banco Interamericano de desarrollo
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>GLP</b>	Gas licuado de petróleo
<b>VE</b>	Vehículo eléctrico



## RESUMEN

El modelo de transporte actual ha prevalecido durante décadas y los únicos cambios han sido relacionados con los sistemas de seguridad y moderados avances en eficiencia energética. Sin embargo, nos encontramos en plena evolución. Dada la reciente masificación de vehículos que utilizan energía eléctrica, estos ayudarán a mitigar la dependencia hacia los combustibles fósiles y su fluctuante variación de precios. Los mayores beneficiados serán aquellas naciones con matrices energéticas con mayor generación renovable.

El presente trabajo pretende detallar el equipo que deberá ser implementado en la infraestructura de abastecimiento de energía eléctrica a vehículos con dicha tecnología y lograr el cambio de modelo de transporte de manera eficiente y técnicamente óptimo.

La matriz de generación eléctrica de Guatemala 2020, según informe publicado por el Ministerio de Energía y Minas, asiste en más del 70 % por energía renovable, esto representa una buena característica para la adopción de un modelo de transporte con vehículos eléctricos.

Así mismo la implementación de la movilización eléctrica reduce la contaminación regional y la emisión de gases de efecto invernadero, dado que esta tecnología carece de motores de combustión interna, mitigando el calentamiento global.

Actualmente Guatemala posee una infraestructura de estaciones de servicio que abastece de combustibles derivados de hidrocarburos a los

vehículos que utilizan dicho energético, para que puedan recorrer todo el país sin que el abastecimiento sea un problema. Esto es un indicador que los equipos de carga de vehículos eléctricos deberán emular dicha infraestructura, para evitar que la ansiedad de no llegar a un destino cualquiera dentro de las fronteras de nuestra nación sea una deficiencia de este nuevo modelo de transporte.

# 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo se realiza bajo guía de las líneas de investigación de la Maestría de Energía y Ambiente, impartida en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tomando el área energética como base de la misma, en la gestión y uso eficiente de la energía, incisos: b) aspectos técnicos, económicos y ambientales en el uso y aprovechamiento de recursos energéticos; e) uso eficiente en sistemas de transporte, y k) diseño de proyectos de distribución eléctrica.

Aprovechando el desarrollo tecnológico ha iniciado la comercialización de los vehículos eléctricos a nivel mundial, un modelo de transporte menos contaminante y más eficiente, cuyo aprovechamiento dependerá de cada país y su matriz energética.

Al ser una innovación o cambio del modelo de transporte actual, cada país deberá innovar y desarrollar la infraestructura para su adaptación, técnicamente se deberá implementar estaciones de recarga para las baterías de dichos vehículos, tecnificar a personas en mantenimiento preventivo, correctivo y uso de elementos que componen estos nuevos vehículos. Profesionales y contratistas de la energía deberán buscar instruirse y obtener los lineamientos para poder cubrir la demanda, cuando se encuentre en desarrollo la implementación de dicha infraestructura.

Los vehículos eléctricos se presentan como una medida entre muchas para reducir el impacto ambiental, dado que el exceso en la emisión de gases de efecto invernadero se ha convertido en un problema a nivel mundial, los

países han buscado mecanismos para mitigar dicho problema que no puede ser eliminado, dado que la economía mundial depende de procesos industriales para satisfacer la demanda de energía, estilo de vida, comercio, transporte, alimentación, agricultura y otros, que son los principales contaminantes de una variedad de gases en el que algunos permanecen de manera temporal, provocando que solo sea afectado las regiones donde se emiten, así mismo otros se acumulan y permanecen constantemente en la atmósfera, que en exceso provee de un sobre calentamiento global, que a su vez provoca el cambio climático. “Por lo tanto, se debe buscar nuevas tecnologías que sean menos contaminantes, que ayuden a conservar un balance de absorción del exceso de gases de efecto invernadero”. (Ruiz, Martinez, Pérez, Calvo, y Bayo, 2021, p. 3)

Si bien en Guatemala existe políticas y estrategias de desarrollo con bajas emisiones, el modelo de transporte no ha sufrido un cambio significativo, a falta de una opción más eficiente, durante los años 2008-2019, Guatemala incrementó su parque vehicular de carretera, con buses, automóviles, camiones, furgones y motocicletas, un promedio de 186,419 unidades por año, lo que ha contribuido a incrementar las emisiones de CO<sub>2</sub>, por vehículo carretera con consumo de combustibles fósiles.

Es por esto que algunas instituciones guatemaltecas se unieron para presentar los planes de electromovilidad, libres de emisiones de gases de efecto invernadero, así mismo resaltaron la eficiencia del manejo de energía por parte de los vehículos eléctricos. Para que dichos planes se ejecuten, se necesitará tecnificar a contratistas y proveer la guía para la implementación de centros de recarga, que posean las medidas de seguridad industrial y ambiental adecuadas, para nuestro país.

Es evidente que el despliegue de infraestructura de recarga es un punto crítico para el éxito en modificar y emigrar hacia un mejor modelo de transporte, en donde el incremento de la oferta de cargadores públicos, fomentará la adopción del vehículo eléctrico por parte de los consumidores, la implementación de puntos de carga en zonas urbanas y rutas comerciales hacia los puertos y fronteras, será un factor clave para desaparecer el miedo a la falta de autonomía, fuera de las áreas urbanas, que ha preocupado a la sociedad de otros países.

También tiene una relevancia significativa el factor velocidad de recarga. Para ello debe adaptarse la tipología de los cargadores a las necesidades de la población, donde una mayor potencia reducirá los tiempos de espera para la recarga del banco de baterías de los vehículos eléctricos.

Si bien en Europa ya existe infraestructura de soporte al nuevo modelo de transporte desde hace unos años, algunos países de la región de Latinoamérica ya cuentan con un sistema en desarrollo, Guatemala por medio de las autoridades competentes, ha anunciado que se tiene planes de movilidad eléctrica, sin presentar el documento directrices y proyección. El presente trabajo de investigación describe los elementos necesarios para la instalación de las estaciones de recarga de VE.

La realización de la investigación es factible, dado que se cuenta con el recurso humano, financiero y de acceso a la información, que servirán de asistencia para lograr identificar los parámetros y detalles técnicos de la infraestructura de estaciones de recarga para vehículos eléctricos, a través de fuentes oficiales o especializados en portales electrónicos.

El presente trabajo se basa en los detalles técnicos de los planes de electromovilidad, en países que iniciaron el cambio a este modelo de transporte sustentable, presentando un análisis con el objetivo de conocer los elementos que componen un vehículo eléctrico, su eficiencia, el tiempo de carga de sus baterías, tipo de cargadores y los efectos de estos últimos sobre el sistema de distribución de energía eléctrica, recursos energéticos para abastecer la demanda de energía eléctrica, elementos de infraestructura para el diseño de estaciones de carga de vehículos eléctricos.

Así mismo es la base para las dimensiones físicas del área destinada para el abastecimiento de energía de vehículos eléctricos, gestión del suministro de energía para las estaciones de carga, medidas de seguridad eléctrica, para la protección de los usuarios y del equipo, la identificación de los anteriores elementos nos ayudará a instituir de manera ordenada y sistemática, lo requerido para beneficiar a la población guatemalteca, a través de la implementación de la infraestructura de la nueva opción de transporte.

## 2. ANTECEDENTES

La radiación solar proporciona energía a los ecosistemas presentes en nuestro planeta, parte de esta radiación es reflejada hacia el espacio exterior, sin embargo en la atmósfera los gases de efecto invernadero nuevamente reflejan esta radiación hacia la superficie terrestre, produciendo un clima equilibrado, pero el exceso en la emisión de estos gases, producto del estilo de vida humana, encierra un exceso de radiación, provocando un calentamiento global, el cual origina un cambio climático agresivo y adverso en muchas regiones del mundo, Guatemala recientemente, ha sufrido dicho fenómeno y algunas áreas de Alta Verapaz han quedado bajo agua, producto de lluvias que han desbordado algunas cuencas hidrológicas.

Líderes de países han suscrito a sus representados, en acuerdos que ayuden a mitigar el aumento de la temperatura global, a través de reducir los contaminantes, que causan dicho efecto.

Según lo indicado por el BID en su publicación denominada Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe: “El transporte representa más del 20 % de las emisiones de CO2 totales. Es por esto que el sector de transporte es un elemento clave dentro de los compromisos de la región para combatir el cambio climático”. (Isla, Singla y Rodríguez, 2019, p. 8)

Es importante que los planes de movilidad eléctrica se desarrollen en nuestra región, siguiendo las acciones ejecutadas en otros países, al crear incentivos económicos atractivos con el fin de que las personas inicien la

migración a este nuevo modelo de transporte, implementando en paralelo la infraestructura de soporte.

En el modelo de España, las personas regresan a sus casas posterior a sus actividades diurnas y se disponen a cargar sus vehículos en equipos instalados dentro de sus residencias en los horarios nocturnos, cuando la energía es de menor costo, una segunda opción es reabastecerse de energía a través de dispensadores comerciales en lugares públicos, emulando una estación de servicio tal cual como las conocemos hasta la fecha de redacción de la presente investigación.

La asociación de movilidad eléctrica en Guatemala, se une a lo expresado anteriormente, indicando en su portal Web, que las personas que adquieran un vehículo eléctrico no deberán sentirse ansiosos por la autonomía y carga de sus vehículos, porque el modelo funciona proporcionando de energía a los mismos previo a salir de sus hogares y que las estaciones de recarga públicas se utilizan como un recurso emergente. Añade que actualmente en nuestro país, se cuenta con 7 estaciones de recarga. (AMEGUA, s.f.)

Según el estudio sobre, El despliegue de la infraestructura de carga de vehículo eléctrico en España: “es importante tomar en cuenta las nuevas tendencias de movilidad, las mejoras tecnológicas en cuanto a baterías, la eficiencia de los vehículos eléctricos y los hábitos de recarga asociado a las necesidades reales de las poblaciones”. (Ruiz, *et al.*, 2021, p. 4)

Actualmente Guatemala posee un parque vehicular que utiliza motores de combustión interna, que pueden ser adquiridos nuevos o usados y por precios asequibles, dichos vehículos son poco eficientes, pero funcionales, así mismo él país posee la infraestructura para satisfacer la necesidad energética

de los mismos, a través de estaciones de servicio que proporcionan en menos de cinco minutos el carburante, para continuar la marcha hacia el destino trazado y de ser necesario poder encontrar, una nueva fuente de combustible en otra ubicación.

Al encontrarse disponible en el mercado nacional vehículos eléctricos, estos necesitarían de una red de infraestructura amplia que proporcione energía a las baterías de dichos vehículos para recorrer cualquier trayecto a cualquier destino de nuestro país.

De acuerdo con lo indicado por El BID, en la publicación denominada La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina:

Existe dos maneras de reducir la ansiedad al realizar un recorrido en un VE, la primera es incrementando la capacidad de energía de las baterías, pero esto significaría un aumento en el precio del automóvil. La segunda manera de reducir la ansiedad sobre el alcance es aumentando la disponibilidad de puntos de carga. (Gómez, Hernán, Kaul e Isla, 2016, p. 17)

Esta última es la mejor de las opciones para nuestro país, dado que nuestra extensión territorial es mucho menor, comparada con países como México, Brasil, entre otros. Es factible y necesario para que este modelo de transporte funcione.

Según lo afirmado en la revista especializada Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe:

En 2018, había en México una red de infraestructura de carga de aproximadamente 900 estaciones distribuidas en todo el país, aunque existe una mayor concentración en la Ciudad de México, y en los estados de Nuevo León y Aguascalientes. La instalación de esta infraestructura ha estado a cargo tanto de entes privados, principalmente las marcas que comercializan autos eléctricos en México. (Isla, Singla y Rodríguez, 2019, p. 63)

La integración de la iniciativa privada en los planes de electrificación del modelo de transporte ha sido primordial, para que dicha infraestructura continúe buscando cubrir totalmente la extensión territorial mexicana.

Por otra parte, ¿qué pasaría si la población rechaza dicho modelo de transporte? Como consecuencia, al aumentar las unidades de vehículos de combustión interna, continuaría en incremento, de la contaminación del aire y seguiríamos sumando elementos para un cambio climático, ocasionando pérdidas humanas y económicas, producto de fenómenos atmosféricos más drásticos, así mismo el estado de Guatemala no sería capaz de cumplir con los acuerdos internacionales pactados, en cuanto a la reducción de contaminantes a la atmósfera.

De acuerdo con lo indicado en la publicación *Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe y oportunidades para la colaboración regional 2019*:

La descarbonización del transporte a través del despliegue de la movilidad eléctrica surge como una solución eficaz para transformar el sector, mejorar la calidad de vida en la región, proteger la salud humana y contribuir al cumplimiento de los compromisos climáticos suscritos por

los países en el marco del Acuerdo de París. En 2020, las medidas de confinamiento de la población dictadas para enfrentar la pandemia de la COVID-19 desencadenaron en la región mejoras visibles en la calidad del aire. Estos efectos en ninguna manera son prometedores, ya que sólo se deben a una desaceleración temporal de la economía y las actividades cotidianas. (PNUMA, 2019, p. 8)

Un nuevo modelo de transporte necesita de innovación en su implementación, nuestro mercado aún no cuenta con el detalle del equipo que necesitará para emigrar de equipos y medidores de flujo de combustible, hacia conectores y cables de alimentación de energía eléctrica, necesitaremos importar nuevos materiales y accesorios, para este nuevo modelo de distribución de energía eléctrica. La importancia de proyectar el desarrollo de la infraestructura, es la de informar a todo usuario que su demanda energética podrá ser cubierta de la mejor manera.

La disponibilidad del suministro de estos niveles de corriente y voltajes deberán de ser analizados en las distribuidoras de energía eléctrica guatemalteca, en caso de no existir deberá plantearse una modificación y adaptación de modelos internacionales.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

América Latina y el Caribe es una de las regiones más urbanizadas del planeta. El crecimiento acelerado de la población urbana iniciado en la década de 1950, ha planteado un conjunto de desafíos ambientales entre los cuales destaca el aumento de las temperaturas y la contaminación atmosférica, que afecta la salud humana y altera el equilibrio de los ecosistemas más frágiles.

En las ciudades personas residen en áreas con mala calidad del aire, donde el transporte terrestre constituye una de las principales fuentes de contaminación. Si no tomamos medidas para cambiar el curso actual, este problema podría agravarse en las próximas décadas, sobre todo si se considera que en los siguientes años la flota de automóviles de la región seguirá en aumento.

En la revista denominada Estado de la Movilidad Eléctrica, la ONU, indica que a largo plazo y de forma duradera, América Latina y el Caribe tiene la oportunidad de reducir drásticamente las emisiones del transporte y mejorar la calidad del aire de las ciudades a través de la transición hacia la movilidad eléctrica, una transformación que en gran parte puede ser posible gracias a la alta matriz de generación de energía renovable de la región. En los últimos años, América Latina y el Caribe ha destacado por su interés en el despliegue de la movilidad eléctrica y por el avance de varios países en el desarrollo de regulaciones y en la implementación de proyectos piloto. (PNUMA, 2019)

El 6 de abril de 2021, Alberto Pimentel Mata, ministro de energía y minas presentó un impulso a la movilidad eléctrica y explicó que dicho plan busca

fomentar el incremento de la demanda de energía eléctrica nacional, impulsar la eficiencia y la transición energética en el país. Resaltó que la movilidad eléctrica es una propuesta novedosa y representa una oportunidad para diversificar el consumo del parque vehicular por medio de una opción que utiliza recursos energéticos provenientes del país para abastecer la demanda. (Ministerio de Energía y Minas, 2021)

### **3.1. Descripción del problema**

Como todo cambio es una oportunidad a la innovación, será esencial que exista una infraestructura de soporte que impulse y abastezca de energía al parque automotor eléctrico proyectado, así mismo incentivar la compra de estos, asegurando un crecimiento de estaciones de recarga que convenza a usuarios del modelo actual de carga de combustible, a cambiar a un mejor modelo de transporte. Por esta razón, es importante proporcionar el adiestramiento de personas que quieran invertir y desarrollar proyectos de estaciones de recarga que cuenten con las medidas de seguridad industrial nacionales e internacionales vigentes.

Actualmente en Guatemala existen vehículos con variante en combustible que no fueron de éxito, a pesar que la mayoría de usuarios valoramos el tema económico como primordial, para la adquisición de un bien, estos vehículos pueden abastecerse del carburante en el mismo tiempo que lo haríamos con los combustible líquidos que conocemos, pero estos presentan pérdida de fuerza en la tracción y la infraestructura para su despacho se encuentra limitado a un número menor de 20 estaciones de servicio de gas licuado de petróleo (GLP), en la ciudad de Guatemala.

Basado en datos actuales y comparamos las características técnicas del vehículo eléctrico con los de combustión interna, los primeros son una evolución en eficiencia sin lugar a duda, pero para lograr que sea de éxito la transición a este nuevo modelo de transporte, se necesita que la infraestructura sea un beneficio y no una limitante.

### **3.2. Formulación del problema**

Esto lleva a formular la pregunta principal de este estudio:

#### **3.2.1. Pregunta principal**

¿Cuenta Guatemala con documentación que proporcione los lineamientos y detalles técnicos para implementar la infraestructura de estaciones de recarga para VE?

#### **3.2.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Qué equipo e infraestructura se necesita para suministrar energía eléctrica a los VE, bajo estándares internacionales y normas vigentes?
- ¿Qué medidas de seguridad industrial nacional e internacional se deberán implementar en los centros de recarga para nuestro país?
- ¿Cuáles son los parámetros eléctricos para el suministro de energía de los equipos de recarga de vehículos eléctricos?

### **3.3. Delimitación del problema**

Cuando abastecemos de combustible nuestro vehículo, pasamos por desapercibido la ingeniería y seguridad de las instalaciones, que permiten que los procedimientos de trasiego de combustibles se lleven a cabo con un mínimo de riesgo. Un usuario común siempre buscará facilidad y seguridad al abastecerse de combustible, aunque ignore los elementos que componen dicha seguridad.

Con la masificación del vehículo eléctrico, los profesionales que realizan los trabajos de construcción e implementación de instalaciones donde se comercializa el abastecimiento de energía, deberán aprender un modelo distinto de dispensar energía, pues ahora los fluidos y válvulas, serán reemplazados por corrientes eléctricas y dispositivos de protección eléctrica. Representa un reto crear una red de estaciones de carga, tan numerosa y con ubicación estratégica que pueda sustituir a las estaciones de servicio de combustibles derivados del petróleo.

Los vehículos eléctricos son el futuro inmediato, nuestro deber como usuarios es asegurarnos que sea la mejor opción de transporte y obtener el mejor provecho de ello, con ese fin también debemos de considerar la autonomía del vehículo a través del territorio Guatemalteco, dentro del presente trabajo se busca dar a conocer los detalles técnicos que darán vida al sistema de distribución y comercialización de la energía eléctrica para dichos vehículos, el inicio podrá parecer difícil, pero dependerá de las iniciativas público-privadas, las que incentiven el cambio a este modelo de transporte más eficiente.

## 4. JUSTIFICACIÓN

La adopción de nueva tecnología trae consigo la innovación y la transformación de un sistema existente que será mejorado o reemplazado. Es justo decir que el presente documento pretende delinear los aspectos técnicos, de seguridad, económicos y ambientales que se necesitan en la implementación de un sistema de transporte nuevo y de su infraestructura para el abastecimiento del recurso energético.

La creación de políticas que incentiven la compra de vehículos eléctricos deberá proyectar la implementación de infraestructura de soporte que pueda proveer a lo largo del país el suministro de energía que requieren los vehículos eléctricos. Para lo cual será necesario proponer el equipo que pueda cubrir la demanda y el hardware de conexión de los vehículos eléctricos actuales y venideros.

A través de los antecedentes de los países que ya utilizan este tipo de vehículos y de su infraestructura, encontraremos las normas que sirven de guía y adaptaremos dichas propuestas a los requerimientos nacionales, para identificar el equipo, circuito y las medidas de seguridad industrial que salvaguarden la vida humana y protejan nuestro medio ambiente.

Los beneficios serán percibidos por la población en general al contar con instalaciones seguras y confortables, que fueron diseñadas con estándares, basados en propuestas internacionales y presentada en este documento con el objetivo de capacitar a todo profesional y contratista experto en instalaciones y

equipo eléctrico, que quiera implementar este tipo de suministro de energía eléctrica.

Al proponer una guía para la implementación de infraestructura para el suministro de energía a VE, se pretende tecnificar al mayor número de personas que ya se encuentren en el medio de estaciones de servicio en el segmento de instalaciones eléctricas y que estas puedan cubrir la demanda de construcción de estos centros de recarga que pondrán en operación a vehículos con cero emisiones de gases de efecto invernadero y otros gases que afectan el aire local.

Con este modelo de transporte se pretende sumar acciones para el cumplimiento de los compromisos internacionales en la reducción de gases de efecto invernadero, emitidos por el modelo de transporte actual, aprovechamiento de recurso energético producido en Guatemala y la reducción de dependencia de importación de combustibles fósiles.

A través de este aporte se busca la adaptación, innovación, uso de las nuevas tecnologías en materia energética y optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales de nuestro país, así mismo mitigar los efectos negativos de la contaminación, que ha sido una de las bases en el ámbito profesional de la Maestría de Energía y Ambiente.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Proponer las características de diseño de infraestructura, equipo eléctrico y de medidas de seguridad industrial y ambiental de los centros de recarga de vehículos eléctricos en Guatemala.

### **5.2. Específicos**

- Proporcionar una guía de implementación de infraestructura y equipo en centros de recarga de VE.
- Establecer las medidas de seguridad industrial y ambiental mínimas aplicables en centros de recarga de VE.
- Identificar potencia, demanda de energía, voltaje y corriente para suministro de energía eléctrica en centros de recarga de VE.



## 6. NECESIDADES A CUBRIR

Adaptación y desarrollo de una nueva y mejor opción de transporte a través del diseño de instalaciones adecuadas y seguras para suministrar energía a vehículos eléctricos, como una necesidad para avanzar en un desarrollo sostenible.

Promover la infraestructura de recarga para calmar la ansiedad de autonomía e incentivar el uso de vehículos eléctricos como una tecnología menos contaminante que ofrece ventajas de protección al medio ambiente, baja contaminación auditiva, reducción de costo de energía por kilómetro recorrido, mejoras de confort al conducir, sistemas de seguridad de conducción mejorados, menor mantenimiento que un vehículo de combustión interna, reducir nuestra dependencia de combustibles fósiles importados, a través de incrementar nuestra matriz energética actual con proyectos de energía renovables.

Lo más importante es entender que los vehículos generan dos tipos de contaminantes clasificados así de acuerdo a su impacto geográfico y en el tiempo:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es un contaminante con un tiempo de vida muy largo en la atmósfera y por tanto se mezcla en toda la atmósfera y se distribuye a nivel global.
- Otros contaminantes con tiempos de vida menores (meses, días y horas), no tienen el tiempo de distribuirse ampliamente en la atmósfera

porque primero desaparecen. Así, solo llegan a contaminar una región geográfica reducida, por ejemplo, una ciudad y sus alrededores.

Si bien para que el parque vehicular pueda iniciar su transición a un modelo menos contaminante, necesita de políticas que incentiven la adquisición de dichos vehículos, estas ya están siendo analizadas por la autoridad competente de nuestro país. Fuera del análisis económico en desarrollo para el cambio de parque vehicular, se necesitará implementar la infraestructura de recarga de los vehículos eléctricos, para que estos tengan una autonomía que cubra las necesidades de la mayoría de las personas que utilizan dicho sistema de transporte. Por lo que, se necesita detallar los parámetros técnicos de instalación para los diferentes conectores y las medidas de seguridad industrial y ambiental que garantice la operación segura de estas nuevas estaciones de recarga.

Dado que la innovación está íntimamente ligada al crecimiento económico de una nación, nos encontramos en un punto de inflexión donde la tecnología de transporte que hasta hoy conocemos, será transformado y a su vez aprovechará el recurso energético producido en Guatemala, reduciendo la cadena de comercialización de hidrocarburos en nuestro país.

Al proponer los parámetros técnicos y de medidas de seguridad internacionalmente aceptados y adaptados a la normativa guatemalteca, se proporciona el adiestramiento para que técnicos consigan las herramientas que los lleven a implementar la infraestructura que iniciará a reemplazar el modelo de venta de energía para el modelo de transporte actual.

Dadas las limitaciones técnicas que presenta la transformación de modelo de transporte, se necesita auxiliar de los lineamientos de la maestría de energía y ambiente para realizar la implementación e innovación de una estación de servicio reinventando las dimensiones del área de despacho, convertir el uso de mangueras por cables y conectores, replantear las medidas de seguridad industrial y modelo de negocio de venta de energía.



## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Vehículo eléctrico e infraestructura de recarga

Para las generaciones actuales los vehículos eléctricos parecen algo nuevo, sin embargo, estos existieron antes que los de combustión interna, gracias a los descubrimientos y tendencias en cuanto al almacenamiento de energía química y manejo de campos electromagnéticos. Según lo indicado en la revista publicada por el Banco Interamericano de Desarrollo, los vehículos eléctricos casi habían desaparecido para finales de 1920 (Gómez, *et al.*, 2016).

No obstante, la comercialización del petróleo tuvo un mano a mano, en el que resultó vencedor, dado que los combustibles líquidos representaban menos desafíos tecnológicos, en lo que respecta a la explotación del recurso, transporte, infraestructura de abastecimiento, tiempos de carga y mejor autonomía, por lo que este modelo de transporte era una mejor opción económica.

La industria automovilística tal cual como la conocemos el día de hoy fue evolucionando en paralelo a lo largo de la explotación y descubrimientos de nuevos yacimientos petroleros.

Esto trajo nuevos problemas que enfrentar. La dependencia de los combustibles fósiles, utilizados como mercancía política, que impactan económicamente a las sociedades dependientes de los hidrocarburos, y un problema ambiental producto de la contaminación realizada por la humanidad, cuya evidencia es el incremento de la temperatura global, que es capaz de

provocar fenómenos naturales, que afectan a regiones de manera negativa y extrema, ocasionando pérdidas humanas y económicas.

Los países más contaminantes son los industrializados, los cuales adoptaron medidas para reducir dicha contaminación, que no afectaran de manera significativa su economía, impulsando la migración a un transporte menos contaminante, para ello crearon, subsidios para incentivar la compra de vehículos ecológicos de primera generación, los cuales eran híbridos, es decir que utilizaban un motor a combustión interna, y poseían un segundo motor eléctrico que servía de asistencia al primero.

Luego una segunda generación de vehículos híbridos con conector eléctrico, en este el motor eléctrico si podía ser propulsor, ofreciendo una limitada autonomía sin operación del motor principal de combustión interna.

“Para la última década el vehículo eléctrico, ya había sido desarrollado y presentado, actualmente goza de un éxito de ventas, que radica en la eficiencia energética, amigable con el ambiente y de los subsidios temporales que impulsan su compra” (Gómez, *et al.*, 2016, p. 6).

Los planes de movilidad eléctrica requieren analizar la tecnología en los vehículos de esta naturaleza, la extensión territorial de Guatemala, el impulso a la infraestructura de recarga de energía eléctrica en las rutas comerciales y centros urbanos, las políticas de importación y de exención de impuestos, para que dichos planes de un parque vehicular descarbonizado, puedan ser de éxito.

En los siguientes años podremos participar de la transformación del modelo de transporte, no obstante, podemos intuir que el cambio necesita de herramientas para funcionar, actualmente contamos con una basta

infraestructura de abastecimiento de combustible, gracias a ella podemos realizar trayectos cortos del hogar a los puntos de trabajo, o si lo prefiere adentrarse hacia cualquier municipio de la república de Guatemala, bajo esta premisa necesitamos de una red igual o mejor para satisfacer nuestra necesidad de transporte.

## **7.2. Sostenibilidad ambiental a través de la transformación del modelo de transporte actual**

Los vehículos convencionales en el proceso de combustión emiten dióxido de carbono, metano; así mismo CO, SO<sub>2</sub>, otras moléculas de gases diferentes del metano y óxidos de nitrato, estos últimos contaminan las áreas locales donde se emiten (Waldron, Jochen, Oswaldo, Scott, Sharon, Fabian y Michael, 2006).

Esto nos indica que existirá un incremento en gases contaminantes, al aumentar el número de unidades de vehículos que utilizan combustibles fósiles.

Al modificar el eje de transporte se notará mejoras sustanciales del oxígeno que respiramos, menor contaminación auditiva y reducción de gases contaminantes.

## **7.3. Matriz energética en la República de Guatemala 2020**

Guatemala posee una matriz de generación eléctrica, asistida por energía renovables en un 75.28 % aproximadamente, alcanzando en el cierre del año 2020, un total de 11,122.06 GWh, es decir 8,372.51 GWh. De energía renovable, en donde la generación hidroeléctrica fue de 5,816.54GWh (un 52.30 %) (Ministerio de Energía y Minas, 2021).

En ese mismo año el consumo de energéticos en el subsector transporte fue de 23,133.90 kilo barriles equivalentes de petróleo, que representa el 26.53 % del consumo nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

### **7.3.1. Demanda de Energía de la República de Guatemala 2020**

El consumo de energía local, alcanzó los 10,673.14 GWh. con pérdidas en el transporte de la misma de 377.47 GWh, lo cual representa un 3.09 % de lo total producido (Administrador del Mercado Mayorista, 2020).

Según los indicadores en el informe estadístico del Mercado Mayorista:

La demanda máxima de potencia registrada para el sistema nacional interconectado ocurrió el miércoles 16 de diciembre de 2020 y fue de 1,787.16 MW. El consumo diario máximo de energía registrado para el Sistema Nacional Interconectado ocurrió el miércoles 04 de marzo de 2020 y fue de 32.34 GWh. (Administrador del Mercado Mayorista, 2020, p. 11)

### **7.3.2. Red de distribución de energía eléctrica**

Los combustibles derivados de los hidrocarburos cubren la demanda de energéticos en el actual modelo de transporte, sin embargo, cuando se masifique el uso de vehículos eléctricos, estos últimos se abastecerán por medio de la red de distribución de energía eléctrica, la cual deberá analizarse, con el fin de evitar algunos problemas como los que se detallan a continuación:

- Posibles caídas de tensión, debido a la alta demanda en puntos de recarga funcionando simultáneamente.
- Incremento de las pérdidas por calentamiento de conductores, dado aumento de corriente que circula por los mismos.
- Reducción de la vida útil de los transformadores de distribución debida a un incremento de carga.
- Desequilibrio. Para una configuración de cargadores del tipo monofásico.
- Producción de armónicos, dado la electrónica de potencia que se utiliza en la conversión de corriente alterna a continua, lo cual podría afectar la estabilidad del sistema de distribución, produciendo anomalías en dispositivos eléctricos de uso en el hogar (Maza Ortega y Gómez Expósito, 2019).

#### **7.4. Eficiencia energética de los vehículos eléctricos**

El plan nacional en eficiencia energética de Guatemala 2019-2032, indica que la mejor opción, en cuanto aprovechamiento y eficiencia energética, con una emisión de gases casi nula, lo poseen los vehículos eléctricos.

Así mismo se realiza la comparación de un vehículo de combustión interna para uso común en zonas urbanas, con un motor de 1,780 cc aproximadamente, el cual requiere de 1.92 galones de combustible por cada 100 kilómetros recorridos, lo que equivale a 68.22 kWh para recorrer 100 kilómetros a un promedio de 60 km/h (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

En su contraparte la demanda promedio de energía por un vehículo eléctrico es de 18 kWh, para recorrer con una velocidad promedio una distancia de 100 km (Ruiz, *et al*, 2021).

## **7.5. Partes de un vehículo eléctrico (VE)**

Si bien un vehículo eléctrico por fuera, no es muy distinto a uno de combustión interna, por dentro si existe una diferencia en los elementos que utiliza para la conversión de la energía, que proporciona la tracción al mismo.

Dentro de los principales tenemos, baterías generalmente de litio, que se utilizan para el almacenamiento de energía y del cual depende la autonomía para recorrer distancias sin recargar el VE (Isla, Singla y Rodríguez, 2019); uno o varios motores eléctricos; un sistema de frenado regenerativo, el cual recupera energía a través del frenado del vehículo; una unidad de control de potencia, cuya función es análoga a lo que conocemos como la computadora de un vehículo convencional, en ella se controla elementos como el motor y carga de baterías. Así mismo nos indica información de los elementos de conducción necesarias (Ingenieros Top, 2019).

## **7.6. Tipos de vehículos eléctricos**

Pueden ser clasificados en 4 tipos, según su tecnología de carga: Híbridos (combustible fósil-electricidad) con las opciones de carecer o poseer conector a toma eléctrica, vehículo totalmente eléctrico y eléctrico con celda de combustible de hidrógeno, este último tipo aún se encuentra en desarrollo. En los distintos tipos existe un motor eléctrico que asiste o impulsa en su totalidad al vehículo (Ministerio de Energía de Chile, s.f.).

### **7.6.1. Vehículos híbridos sin conector eléctrico**

Cuentan con un motor principal, que utiliza combustible fósil para realizar la tracción, y un pequeño motor eléctrico que asiste en torque al principal, este

último se alimenta de un pequeño banco de baterías que es cargado por el motor a combustión, no necesita la alimentación de una red eléctrica (Isla, Singla y Rodríguez, 2019).

### **7.6.2. Vehículos híbridos con conector eléctrico**

Estos vehículos alternan el uso de un motor a combustión interna con la de un motor eléctrico, dependiendo de la velocidad y distancia a recorrer. Se tiene disponible un banco de baterías mayor que el del híbrido sin conector eléctrico, los motores tienen independencia entre ellos, a bajas velocidades y distancias cortas, se opta por accionar el motor eléctrico, cuando se agota la energía en el banco de baterías o se desea altas velocidades y recorrer distancias largas, se acciona el motor a combustión interna (Isla, Singla y Rodríguez, 2019).

### **7.6.3. Vehículo eléctrico a batería**

Este tipo de vehículo tiene uno o más motores eléctricos, posee un aprovechamiento de la energía, alrededor del 90%, al día de hoy algunos poseen una autonomía mayor a 600 km, así mismo cuentan con una serie de tecnologías de asistencia al conductor, accionamiento de recuperación de energía al desacelerar y un torque instantáneo.

Como no existe combustión interna en el motor, las contaminaciones al ambiente tales como: emisión de GEI y auditiva, son prácticamente nulos. En otros países de gran extensión geográfica, se encuentran limitados por la infraestructura de recarga, para recorrer distancias largas, siendo usados mayormente en zonas urbanas (Isla, Singla y Rodríguez, 2019).

#### **7.6.4. Vehículo eléctrico a hidrógeno**

Este tipo de vehículo se alimenta de una infraestructura semejante a la utilizada para combustibles fósiles, la diferencia que al tanque de combustible se vierte hidrógeno, el cual dentro del vehículo se procesa químicamente y se transforma a energía eléctrica, es decir que la tracción se realiza mediante un motor eléctrico, por esta última razón las emisiones de este tipo de vehículos son casi nulas, con excepción de vapor de agua. La masificación no se ha llevado a cabo debido al costoso proceso de obtener hidrógeno, por lo que tardará más años en perfeccionar la tecnología y crear una infraestructura de abastecimiento de dicho energético (Isla, Singla y Rodríguez, 2019).

#### **7.7. Tipo de carga en vehículos eléctricos**

Se definen por el grado de comunicación y control sobre los parámetros entre la estación de recarga y el vehículo que se abastece de energía eléctrica. Parámetros como el voltaje, corriente, temperatura y energía dispensada, podrían ser monitoreadas. Según información del portal electrónico del Ministerio de Energía del gobierno de Chile, indica que la norma IEC 61851-1, describe cuatro modos de realizar la carga, las cuales son:

##### **7.7.1. Modo No.1**

Este tipo de carga se realiza a través de un tomacorriente no dedicado de una instalación eléctrica común, el cual debe de poseer tierra física y protección termo magnética, como medida de seguridad. En este modo, el inversor al interior del vehículo transforma la corriente alterna a corriente continua, con el objetivo de que la misma pueda ser almacenada en el banco de baterías; no es recomendable la carga de energía a través de este método, por

tratarse de un cable a una toma, en donde no existe control sobre el voltaje, corriente y temperatura a la cual se realiza el proceso (Ministerio de Energía de Chile, s.f.).

### **7.7.2. Modo No.2**

En este modo se cuenta con un nivel de protección a través de un módulo implementado en el cable de conexión, para comprobación de algunas medidas de seguridad, tales como: aterrizamiento de la instalación, velocidades de carga que depende del nivel de voltaje y corriente, aún se sigue utilizando un tomacorriente de uso común, como en el modo No.1. El inversor sigue activo, dado que aún se abastece de corriente alterna al vehículo (Ministerio de Energía de Chile, s.f.).

### **7.7.3. Modo No.3**

En este modo el cargador se conecta de manera directa al sistema de distribución de energía eléctrica (CA), como si tratase de un tablero de distribución al interior de un inmueble. El mismo cargador contiene los elementos de protección dentro del mismo, tales como: protecciones de sobrecarga, cortocircuito, diferencial; puesta a tierra y un piloto de control de carga. Físicamente puede ser semejante a una caja de distribución empotrada a la pared o tipo poste, el vehículo se conecta al cargador por medio de un cable dedicado, para gestionar de manera inteligente el proceso de carga (Ministerio de Energía de Chile, s.f.).

#### 7.7.4. Modo No.4

En este modo de carga, al interior del cargador existe una fase de rectificación, de corriente alterna a corriente continua, con esto y el valor del voltaje administrado al banco de baterías del vehículo, se reducen los tiempos del proceso de carga, por dichas ventajas el costo del cargador se incrementa, así mismo existe una alta comunicación entre vehículo y cargador, se deberá instalar una conexión dedicada, en donde se instale protecciones de sobrecarga, cortocircuitos, diferenciales y puesta a tierra. La capacidad de la batería determinará la velocidad de carga (Ministerio de Energía de Chile, s.f.).

#### 7.8. Tiempos de carga

Los tiempos de carga del banco de baterías al interior del vehículo eléctrico, dependen de la capacidad de estas y la potencia de los cargadores, con estas variables se puede establecer un estimado del tiempo que deberá emplearse para el proceso de recarga de energía. Se pueden distinguir o etiquetar en lenta, semirápida, rápida y ultra rápida (Ministerio de Energía de Chile, s.f.).

Tabla I. **Potencia disponible en el cargador**

<b>Capacidad de energía en el banco de baterías</b>	<b>2.2 kW</b>	<b>3.5kW</b>	<b>7 kW</b>	<b>11kW</b>	<b>22kW</b>	<b>43kW</b>
24 kWh	11 h	5.5 h	3 h	1.5 h	50 min	25 min
30 kWh	14 h	7 h	3.5 h	2 h	1 h	30 min
40 kWh	18 h	9 h	4.5 h	3 h	1.5 h	45 min
53 kWh	24 h	12 h	6 h	4 h	2 h	1 h
85 kWh	39 h	19 h	9.5 h	6 h	3 h	1.5 h
90 kWh	41 h	20 h	10 h	6.5 h	3.5 h	1.5 h

Fuente: elaboración propia.

## **7.9. Tipo de conectores**

No existen acuerdos entre fabricantes que determinen la estandarización del conector del vehículo eléctrico y el cargador que suministra la energía al mismo. A pesar de las múltiples opciones, algunos fabricantes ya han adoptado alguno de los que ya se encuentra presente en el mercado, basado en la tecnología de sus vehículos. Los de mayor aceptación se describen a continuación.

### **7.9.1. Conector Schuko**

Pertenece al estándar europeo en recarga lenta monofásica, ideal para vehículos eléctricos como motocicletas y bicicletas eléctricas, poseen fase, neutro y tierra (Maza y Gómez, 2019).

Están diseñados para soportar corrientes de hasta 16A. Según reporte de The Wall Box, se conocen casos en los que la espiga Schuko se ha derrito e incendiado. (The Wall Box store, s.f.)

### **7.9.2. Conector tipo 1 (SAE J1772)**

Este conector se encuentra indicado en la normativa IEC 92196-2 y posee contactos de fase, neutro y tierra, utilizado en los mercados asiático y americano. Así mismo, cuenta con pines para la comunicación entre el cargador con el vehículo y de un dispositivo de bloqueo que impide la desconexión del conector durante la recarga (Maza y Gómez, 2019). Soporta hasta 32 A, en baja tensión monofásica, lo que permite una potencia máxima de recarga de 7,4 kW (The Wall Box store, s.f.).

### **7.9.3. Conector tipo 2 (Mennekes)**

Este conector se encuentra indicada en normativa IEC 61851, es el aceptado como standard europeo (Maza y Gómez, 2019). Soporta cargas monofásicas desde 16 amperios hasta cargas trifásicas de 400V y 63 A, lo que significa poder trabajar con recargas de corriente alterna en potencias de hasta 44 kW. Posee tres contactos para conexión trifásica, un neutro, una toma de tierra, y dos pines para comunicación del vehículo con el cargador. (The Wall Box store, s.f.)

### **7.9.4. Conector tipo 3**

Actualmente se encuentra en desuso, dispone de dos variantes, la variante 3A que soporta cargas monofásicas a 16A, que cuenta con 4 contactos: fase, neutro, tierra y comunicaciones. La variante 3C permite cargas monofásicas o trifásicas a 32A, y dispone de 7 contactos, semejante al conector tipo 2: tres fases, neutro, tierra y comunicaciones. La potencia máxima a la que se puede recargar con este conector es de 22 kW (The Wall Box store, s.f.).

### **7.9.5. Conector CHAdeMO**

Desarrollado por TEPCO (Tokyo Electric Power Company), para trabajar en la carga modo No.4, con corriente directa y diseñado para soportar hasta 62.5 kW de potencia, utiliza un protocolo de comunicación canbus, se encuentra indicado en normativa IEC 62196-2. Es un estándar adoptado en Japón, suele utilizarse en recargas rápidas (Maza y Gómez, 2019).

### **7.9.6. Conector Combo 2 (IEC-62196-3)**

Estandarizado en recargas de corriente continua en Europa. combinando un conector de corriente alterna Tipo 2 y un conector de corriente continua de dos contactos. Puede cargar en modos 2, 3 y 4 a través de una sola toma, La potencia máxima a la que puede trabajar en corriente alterna es de 44 kW (63A en trifásica 400V) y de hasta 100 kW en corriente continua, aunque en este momento solo se alcanza 50 kW (The Wall Box store, s.f.).

### **7.10. Cargadores**

Este se encarga de gestionar y suministrar energía, posee distintos conectores y son adaptables en parámetros de voltaje y corriente de acuerdo con los distintos vehículos y modos de carga. En nuestro país existe presencia de marcas como ABB y Schneider Electric, así que proyectaremos la implementación de una estación de recarga, sobre modelos de dichas marcas.

#### **7.10.1. Cargador Wallbox**

Este cargador puede ser utilizado como cargador doméstico o de manera semi pública, por ejemplo: para personas que comparten áreas de parqueo en condominios. Se fija a la pared y posee la capacidad de suministrar carga en modo 3. Tiene cierta comunicación con el vehículo, para el control de la recarga.

#### **7.10.2. Cargador de carga rápida**

Estos pueden ser utilizados, de manera doméstica, comunal o pública, dado que posee diferentes conectores, así como monitoreo de parámetros

eléctricos, software de despacho y comunicación entre distribuidora de energía eléctrica y consumidor, permiten uso de corriente continua y alterna, así mismo, entrada en conexión trifásica.

### 7.11. Área para abastecimiento de energía eléctrica

Para el despacho de energía en vehículos eléctricos, se tomará como base las dimensiones de los vehículos convencionales, dado que no hay variaciones significativas entre ambos, así mismo realizar la maniobra de abastecimiento no difiere de un área de parqueo común. Las dimensiones de vehículos para transporte particular son:

Tabla II. Dimensiones de vehículos para transporte particular

Tipo de vehículo	Largo (máximo)	Ancho (máximo)
Sedan	5.58 m	1.96 m
Camioneta agrícola	5.20 m	1.46 m
Pick-up	5.63 m	2.32 m

Fuente: elaboración propia, con base en: Departamento de Tránsito de la PNC (2020).

*Dimensiones de vehículos para transporte particular.*

### 7.12. Suministro de energía para cargadores

Para instalaciones nuevas y existentes, dependerá de los parámetros del cargador y del tipo de carga según lo indicado en el presente documento, podrá ser instalado en líneas trifásicas o monofásicas. Para acometidas de suministro de energía eléctrica, seguir las normas de las empresas de distribución de energía responsable según la localidad.

### **7.13. Medidas de seguridad eléctrica**

La seguridad del circuito de un solo cargador deberá contar con protecciones de corto circuito y sobretensiones, así mismo una protección con diferencial de 30 mA.

En los circuitos con múltiples cargadores, todo circuito deberá contar con su interruptor individual, y un interruptor general para la protección de los múltiples circuitos. Las protecciones contra sobretensiones transitorias y permanentes. Podrán ser instaladas cerca del cargador o dentro del mismo.

En las propiedades en condominio, las protecciones contra sobretensiones transitorias deberán ser instaladas cerca del tablero principal del edificio. En caso de ser necesario, justificado por la distancia entre cargador y la primera protección, deberá instalarse una adicional del mismo tipo, junto a la estación de carga, que se encuentre coordinada con la ubicada aguas arriba (Schneider Electric, 2021).



## **8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1. MARCO REFERENCIAL**

1.1 Antecedentes

### **2. MARCO TEÓRICO**

2.1 Vehículo eléctrico e infraestructura de recarga

2.2 Sostenibilidad ambiental a través de la transformación del modelo de transporte actual

2.3 Matriz energética en la República de Guatemala

2.3.1 Demanda de energía eléctrica en la República de Guatemala 2020

2.3.2 Impacto sobre la red de distribución del VE

2.4 Eficiencia energética de los VE contra los vehículos de combustión interna

2.5 Partes de un Vehículo Eléctrico (VE)

2.6 Tipos de vehículos eléctricos

- 2.6.1 Vehículos híbridos sin conector eléctrico
- 2.6.2 Vehículos híbridos con conector eléctrico
- 2.6.3 Vehículos eléctricos
- 2.6.4 Vehículos eléctricos de hidrógeno
- 2.7 Tipo de carga en vehículos eléctricos
  - 2.7.1 Modo No. 1
  - 2.7.2 Modo No. 2
  - 2.7.3 Modo No. 3
  - 2.7.4 Modo No. 4
- 2.8 Tiempos de carga
- 2.9 Banco de baterías para vehículos eléctricos
- 2.10 Parámetros del diseño
- 2.11 Tipo de conectores
  - 2.11.1 Conector Schuko
  - 2.11.2 Conector tipo 1 (SAE J1772)
  - 2.11.3 Conector tipo 2 (IEC 62196-2)
  - 2.11.4 Conector tipo 3
  - 2.11.5 Conector CHAdeMO
  - 2.11.6 Conector Combo 2 (IEC-62196-3)
- 2.12 Medidas de seguridad industrial

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1 Características del estudio
  - 3.3.1 Diseño
  - 3.3.2 Enfoque
  - 3.3.3 Alcance
- 3.2 Variables
- 3.3 Fases del desarrollo de la investigación
  - 3.3.1 Fase 1

- 3.3.2 Fase 2
- 3.3.3 Fase 3
- 3.3.4 Fase 4
- 3.3.5 Organización de la información
  - 3.3.5.1 Datos generales
  - 3.3.5.2 Datos específicos
    - 3.3.5.1.1. Infraestructura de recarga de VE
    - 3.3.5.1.2. Parámetros eléctricos de estación de recarga
    - 3.3.5.1.3. Obra civil para instalación de cargador
    - 3.3.5.1.4. Demanda de energía eléctrica
    - 3.3.5.1.5. Factor de coincidencia
    - 3.3.5.1.6. Impacto sobre la red de distribución

#### 3.4 Técnicas de análisis de información

### 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Diseño de infraestructura para estaciones de recarga de vehículos eléctricos
- 4.2. Escenarios de demanda de energía eléctrica
- 4.3. Suministro de energía para vehículos eléctricos en estaciones de recarga a través de red vial de Guatemala
- 4.4. Análisis de costos
  - 4.3.3 Costos de una estación de servicio convencional.
  - 4.3.4 Costos de un centro de recarga de VE
- 4.5. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

## **9. METODOLOGÍA**

Para dar solución y un orden a la transformación del modelo de transporte actual y realizarla de manera exitosa, es importante analizar cómo ha sido implementado en los países que llevan años perfeccionando dicho modelo de transporte, a través de la investigación de tipo no experimental, utilizando variables cualitativas ordinales para el registro entre lo exitoso y el fracaso de las estaciones de recarga para vehículos eléctricos en las ciudades que ya cuentan con esta nueva forma de distribución de energía eléctrica en América Latina y Europa.

Se tiene como herramientas revistas especializadas y se examinará antecedentes de orientación lógica deductiva y con entrevistas a personal especializado en estaciones de servicio del Ministerio de Energía y Minas, se tendrá un alcance descriptivo que busca proponer una adaptación a nuestro entorno y ubicación geográfica.

### **9.1. Características del estudio**

Se realizará un enfoque de análisis cualitativo nominal, evaluando lo exitoso y el fracaso de los modelos de transporte eléctrico en otras ciudades.

El alcance de la investigación será descriptivo, se conocerán detalles técnicos de los elementos necesarios para la infraestructura de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en modelos de éxito en este tipo de implementaciones a través de documentación oficial y revistas especializadas, buscando adaptarlo a nuestro entorno y ubicación geográfica.

El diseño del estudio será no experimental, en el que se documentará y analizará las características de infraestructura para centros de recarga de vehículos eléctricos en los planes de movilidad eléctrica implementados en América latina y Europa.

La investigación cualitativa nominal, propondrá las bases mínimas para la implementación de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. No se comprobará hipótesis alguna.

### 9.2. Unidad de análisis (plan de muestreo)

Dado que no se realizará un análisis numérico, la documentación en estudio, describe detalles técnicos del equipo necesario para la implementación de los centros de recarga, del análisis se pretende obtener el detalle del equipo básico que servirá para crear el nuevo modelo de distribución de energía.

### 9.3. Variables (plan de muestreo)

A continuación, en la tabla III se presentan las definiciones de las variables de este estudio.

Tabla III. Variables de la investigación

Problema	Objetivo	Variable	Indicador	Recurso
Falta de documentación que proporcione los lineamientos para implementar la infraestructura de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en la republica de Guatemala	Proponer características de diseño de infraestructura, equipo eléctrico y de medidas de seguridad industrial y ambiental de los centros de recarga de vehículos eléctricos en Guatemala.	Infraestructura	Diseño de Obra Civil	Esquemas publicados en revistas especializadas
			Características de Equipo	Hoja de datos publicado por fabricantes
			Medidas de seguridad industrial y ambiental	Entrevista a especialistas de estaciones de servicio del Ministerio de Energía y Minas.

Continuación de la tabla III.

		<b>Vehículo eléctrico</b>	<b>batería</b>	<b>Datos publicados por fabricantes.</b>
			Electricidad	Ley General de electricidad de la república de Guatemala
			Impacto ambiental	Datos obtenidos de entidades gubernamentales y de organizaciones especialistas.

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4. Fases del estudio**

En este proceso se obtendrá de manera ordenada y objetiva, información afín de cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, que busca proporcionar un modelo de infraestructura que cubra las necesidades mínimas para los planes de movilidad eléctrica que se ha planteado el gobierno de Guatemala.

##### **9.4.1. Fase 1: revisión bibliográfica**

En esta primera fase, se buscará y se realizara análisis de todo documento especializado de infraestructura de movilidad eléctrica de las distintas regiones que ya han adoptado las estaciones de recarga para vehículos eléctricos como un nuevo sistema de distribución de energía.

#### **9.4.2. Fase 2: gestión o recolección de la información**

Por medio de la Ley de Acceso a la Información Pública, se obtendrá datos oficiales del ente regulador en materia de energía de la república de Guatemala, al que se presentara una serie de preguntas del modelo de distribución de combustible actual y de los planes de movilidad eléctrica que recientemente han anunciado, así mismo se recurrirá a documentación electrónica especializada en modelos de transporte eléctrico, normativa vigente en países que ya poseen infraestructura y equipo de recarga de vehículos eléctricos y por ultimo entrevista con los representantes de las instituciones particulares que ya impulsan el vehículo eléctrico.

#### **9.4.3. Fase 3: análisis de la Información**

Posterior a la recolección de información otorgada por el ente gubernamental que determina las características técnicas de las estaciones de combustible convencionales en Guatemala y obtener la información de datos técnicos publicados por las dependencias especialistas de los países que ya cuentan con la infraestructura de centros de recarga de vehículos eléctricos, junto a las hojas de datos de fabricantes, se analizara toda documentación que informe de los estándares de los equipos que deberá importarse y leyes que rigen la distribución de energía eléctrica en la República de Guatemala.

#### **9.4.4. Fase 4: interpretación de información**

Del análisis de información se obtendrá, las dimensiones de áreas necesarias para obtener los radios de giro de los vehículos y acceso al cargador de manera segura, las medidas de seguridad industrial y ambiental que son utilizadas en los planes de movilidad ya implementados, los elementos de

seguridad eléctrica para la maniobrabilidad de equipo por parte del usuario, así como del equipo que garantice una óptima interfase cargador-vehículo, identificación de requisitos para la conexión al sistema de distribución de energía eléctrica, así mismo los valores nominales de potencia, voltaje y corriente de configuraciones de estaciones de recarga de VE.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS**

Las técnicas consistirán en la identificación, recolección y análisis de documentación relacionado al equipo y diseño de la infraestructura que se utiliza para la implementación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos que ya están siendo utilizados en países que se encuentran en la modificación de su modelo de transporte.

El objetivo es desarrollar una base documental que de soporte a los planes de movilidad que proyecta el Ministerio de Energía y Minas de la República de Guatemala. En su mayoría la información no nos la dan las personas investigadas directamente, sino a través de sus trabajos escritos y gráficos.

### **10.1. Clasificación de documentos**

Los documentos tendrán una clasificación de fiabilidad de acuerdo al orden siguiente: los emitidos por instituciones públicas, entre los que destacan los informes de eficiencia energética, estadísticas oficiales en materia de ambiente, legislación de los países donde existe dicho modelo de transporte, normativas nacionales e internacionales. En segundo orden: artículos de portales web especializados, infografías, revistas digitales especializadas, hoja de datos de fabricantes de equipo eléctrico.

## **10.2. Entrevistas**

Con personeros del Ministerio de Energía y Minas, del área que tiene a su cargo la aprobación de las estaciones de servicio de combustible actualmente, con el objetivo de determinar la base que se utiliza para la aprobación de los proyectos presentados ante esa dependencia.

## **10.3. Cuestionarios**

Solicitando a la Asociación de Movilidad Eléctrica de Guatemala (AMEGUA) detalles de la red existente de puntos de recarga para vehículos eléctricos que ya funcionan en Guatemala, así mismo al Ministerio de energía y Minas, sobre los planes de movilidad eléctrica y los proyectos de ley que respalden dichas iniciativas.

## **10.4. Lectura analítica**

Con el objetivo de familiarizarse con los términos de la documentación y como resultado de la misma, se comprenda el orden de cada elemento y el actuar de cada uno dentro del sistema de infraestructura de estaciones de recarga.

## **10.5. Diseño de un esquema provisional**

Resultado del entendimiento de la documentación analizada, que proponga un bosquejo de los elementos y conceptos que enriquecerán la investigación.

## **10.6. Elaboración de categorías**

De los conceptos o significados de los elementos que componen la investigación y que dan respuesta al diseño de esquema provisional. Por ejemplo: Obra civil como categoría, agrupando elementos como poste o base para transformadores de energía eléctrica,zanjeado para acometida eléctrica subterránea, así mismo otro elemento podría ser la base para dispensador de energía, entre otros.

## **10.7. Escala de Likert**

Autoadministrado o administrado para determinar la mejor opción del elemento o equipo que compone el sistema de infraestructura. Como, por ejemplo:

### **10.7.1. Administrado**

¿Es suficiente la infraestructura de distribución de combustible en su diario vivir? Muy satisfecho, satisfecho, podría mejorar, insatisfecho o muy insatisfecho.

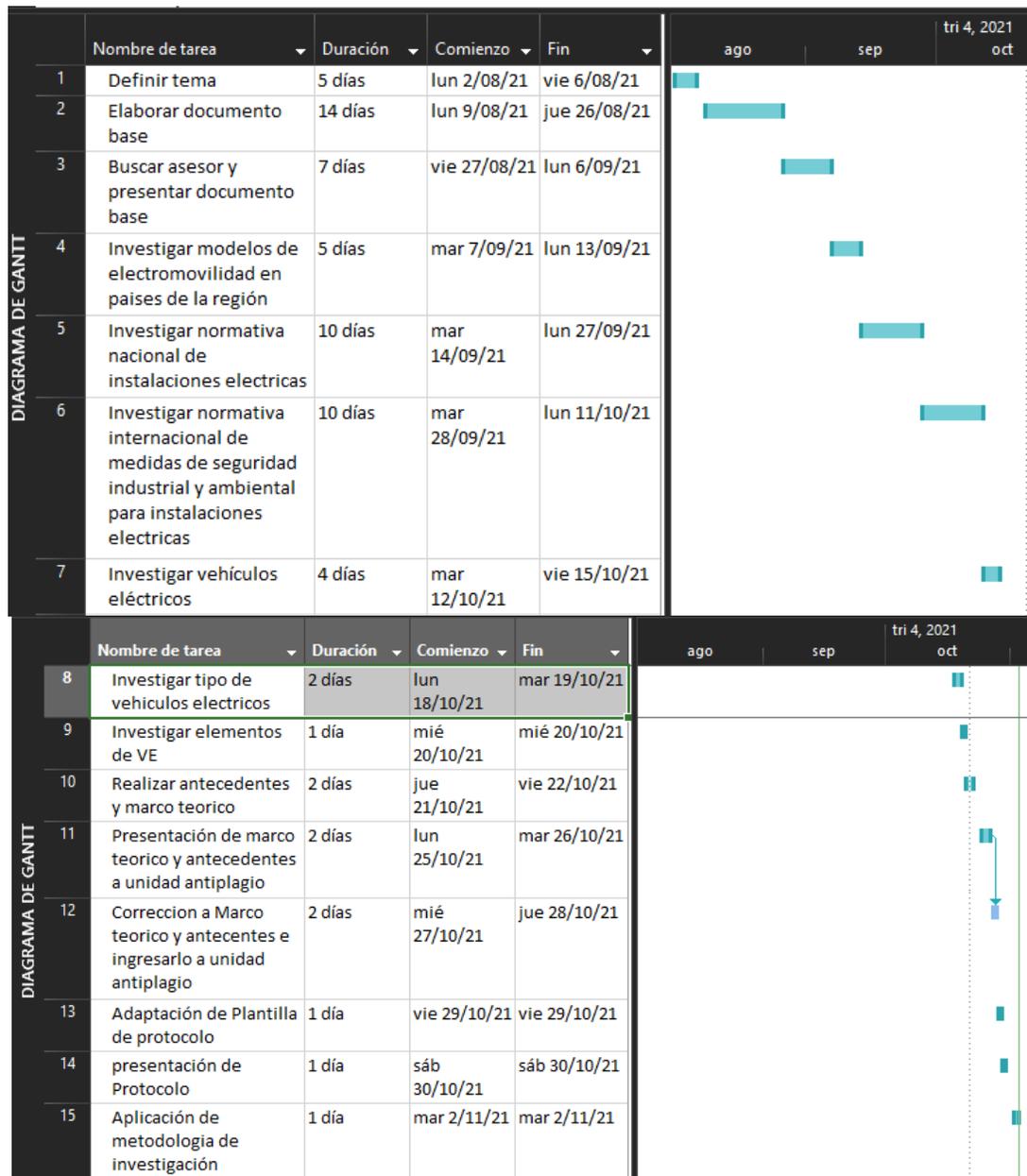
### **10.7.2. Autoadministrado**

¿La distancia a la que se proyecta la instalación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos, satisface al vehículo eléctrico con menor autonomía? Muy satisfecho, satisfecho, podría mejorar, insatisfecho o muy insatisfecho.

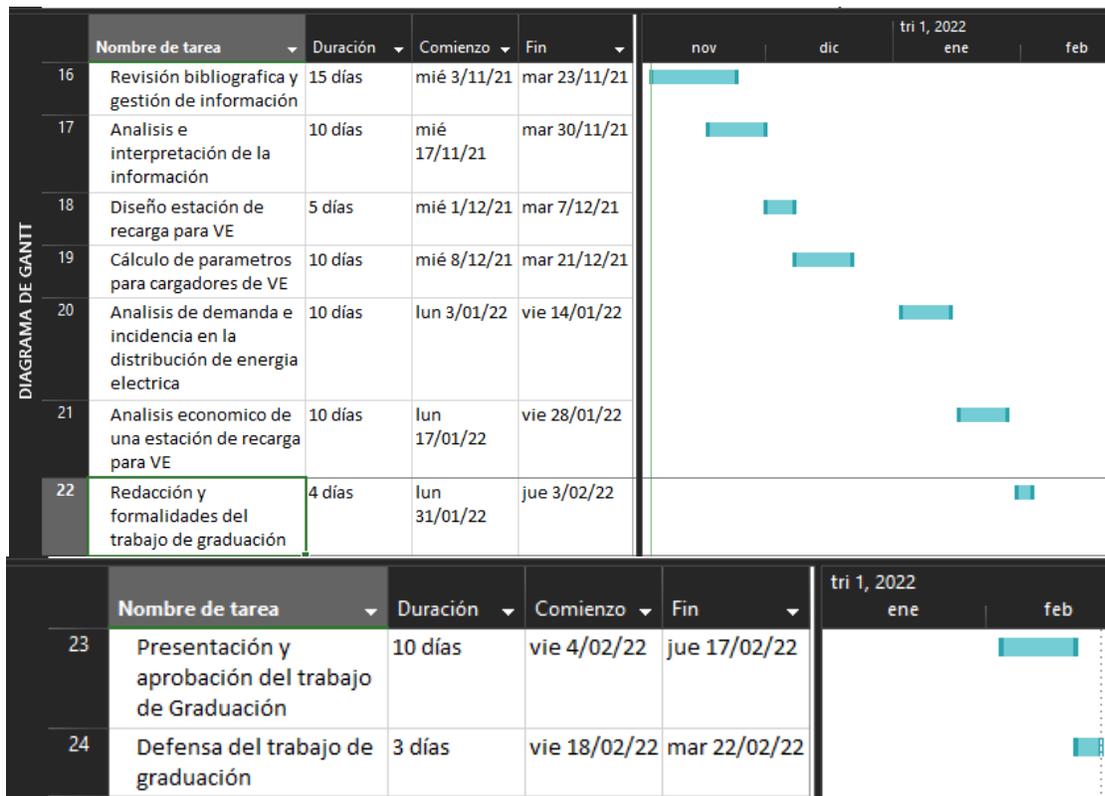


## 11. CRONOGRAMA

Figura 1. Cronograma de actividades



Continuación de la figura 1.



Fuente: elaboración propia.

## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de Maestría de Energía y Ambiente. Para generar un documento confiable y válido, siendo una investigación cualitativa, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla IV. **Estudio de factibilidad**

<b>Recurso</b>	<b>Costo</b>
Honorarios del asesor	Q.3,000.00
Energía eléctrica utilizada por dispositivos para lectura de documentación especializada. (computadora, iluminación)	Q.700.00
Tinta para impresión de color negro	Q.100.00
Viáticos, depreciación vehículo, combustible, pago parqueo. en visita a fuentes de información	Q.1,000.00
Servicio de Internet	Q. 438.00
Telefonía	Q. 225.00
Inversión de tiempo por parte del investigador	Q.2,000.00
Inversión por catedra de seminario	Q.2,700.00
Total	Q.10,163.00

Fuente: elaboración propia.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

### **12.1. Recurso humano**

Asistencia por un maestro en administración industrial e ingeniero electricista, para la asesoría técnica de los temas abarcados en el presente trabajo de investigación, el investigador se encargará de recolectar, analizar e redactar el informe de investigación que proporcione solución al problema planteado.

### **12.2. Recurso financiero**

El financiamiento de la investigación se llevará a cabo con fondos propios, obtenidos a través de una fuente de trabajo.

### **12.3. Acceso a la información y permisos**

Se cuenta con los derechos civiles que proporciona la Ley de acceso a la información pública para solicitud de información en el Ministerio de Energía y Minas, así como el derecho de consultar a sociedades privadas con fines educativos.

### **12.4. Recursos tecnológicos**

Computadora, celular, tablet, software, Internet ilimitado, vehículo para desplazamiento y recolección de información, y un área dedicada para la redacción de informe de investigación.

### 13. REFERENCIAS

1. Administrador del Mercado Mayorista. (2020). *Informe estadístico del administrador del mercado mayorista*. Guatemala: AMM.
2. AMEGUA. (s.f.). Asociación de movilidad eléctrica de Guatemala. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.amegua.org/>.
3. Delfino, D. (10 de junio, 2021). Diario Responsable. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://diarioresponsable.com/opinion/31317-electromovilidad-en-latinoamerica-barreras-legales-y-falta-de-infraestructura>.
4. Dirección General de la Policía Nacional Civil. (2020). *Glosario de tipología vehicular*. Guatemala: Departamento de Tránsito.
5. Electromovilidad. (s.f.). Electromovilidad, movilidad eléctrica transporte sostenible. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://electromovilidad.net/historia-del-vehiculo-electrico/>.
6. Gómez, J., Hernán, C., Kaul, V. e Isla, L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*. EE.UU.: BID.
7. Ingenieros Top. (25 de mayo, 2019). ¿Que es un vehículo eléctrico y como funciona? [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://ingenierostop.com/articulos/14-%C2%BFQue-es-un-vehiculo-electrico-y-como-funciona?>

8. Isla, L., Singla, M. y Rodríguez, M. (2019). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe*. EE.UU.: Banco Interamericano de Desarrollo.
9. Juárez, M., Castellanos, J. y Fuentes, G. (2019). *Emisiones históricas de gases de efecto invernadero y sus tendencias*. Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
10. Marcos, K. (2021). Comprobación de supuestos para validar un modelo de regresión lineal para las variables emisión de CO2 y parque vehicular carretera de la República de Guatemala. Guatemala: Autor.
11. Maza, J. y Gómez, A. (2019). *Sistema de recarga de vehículos eléctricos*. Sevilla, España: Editorial Universitaria de Sevilla.
12. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático*. Guatemala: MARN.
13. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. (2017). *Guía técnica de aplicación de la ITC-BT 52*. España: LugEnergy.
14. Ministerio de Energía de Chile. (s.f.). Plataforma de Electromovilidad. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://energia.gob.cl/electromovilidad/infografias?info=7>.
15. Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Balance Energético 2019*. Guatemala: MEM.

16. Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Composición porcentual de la matriz energética de Guatemala. Informe General 2020*, 10. Guatemala: MEM.
17. Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Sector Energético Nacional. Política Energética 2019-2050*. Guatemala: MEM.
18. Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Informe balance energético 2016*. Guatemala: MEM.
19. Ministerio de Energía y Minas. (6 de abril, 2021). MEM impulsa plan de movilidad eléctrica en el desarrollo del país. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://mem.gob.gt/blog/mem-impulsa-plan-de-electromovilidad-para-el-desarrollo-del-pais/>.
20. Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2017-2032*. Guatemala: MEM.
21. Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Estado de la Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe 2019*. España: ONU.
22. Race. (27 de marzo, 2019). Cómo son las baterías de los coches. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.race.es/como-son-baterias-coches-electricos>.
23. Ruiz, F., Martínez, E., Pérez, I., Calvo, C. y Bayo, E. (2021). *Estudio sobre el despliegue de la infraestructura de carga de vehículo eléctrico en España*. España: Transport & Environment.

24. Schneider Electric. (30 de septiembre, 2021). ¿Qué protecciones deben instalarse para la recarga del vehículo eléctrico (VE) y dónde? [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.se.com/es/es/faqs/FA403691/>.
25. The Wall Box store. (s.f.). Tienda especializada cargadores y conectores de vehiculos electricos. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://wallbox.eu/es/info/tipos-de-conectores-de-vehiculos-electricos.html>.
26. Verdugo, M. (2020). *Dimensionamiento de una micro-red tipo estación de recarga para vehículos electricos conectados al sistema electrico*. (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18953/1/UPS%20-%20TTS049.pdf>.
27. Waldron, C., Jochen, H., Oswaldo, L., Scott, M., Sharon, S., Fabian, W., y Michael, W. (2006). *Combustión móvil*. Francia: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios.