



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Energía y Ambiente

**PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO (GEI) DEL PARQUE VEHICULAR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE (CUNORI)**

Inga. Sherill Nicté López Chávez

Asesorada por el Msc. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO (GEI) DEL PARQUE VEHICULAR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE (CUNORI)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. MARVIN EDUARDO MÉRIDA CANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Ing. 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

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Ing. Axel Ernesto Sigui Gil
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:

**PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO (GEI) DEL PARQUE VEHICULAR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE (CUNORI)**

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

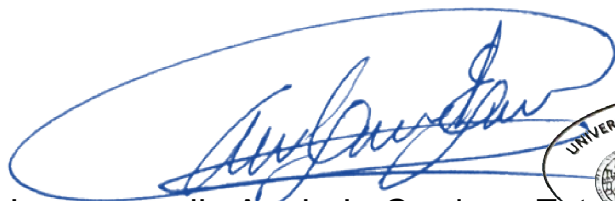
Inga. Sherill Nicté López Chávez

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.377.2022

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DEL PARQUE VEHICULAR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE (CUNORI)**, presentado por: **Sherill Nicté López Chávez**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Energía y ambiente después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2022

LNG.EEP.OI.377.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DEL PARQUE VEHICULAR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE (CUNORI)”

presentado por **Sherill Nicté López Chávez** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Energía y ambiente** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Colí
Director

**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**





Guatemala, 06 de noviembre de 2020.

M.Sc. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.Sc. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL** del trabajo de graduación titulado: **“Propuestas para la reducción del Impacto de Gases de Efecto Invernadero –GEI- del parque vehicular del Centro Universitario de Oriente –CUNORI–”** de la estudiante **Sherill Nicté López Chávez** quien se identifica con número de carné **201146145** del programa de **Maestría en Energía y Ambiente**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

M.Sc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador
Área de Desarrollo Socio Ambiental y Energético
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC



Guatemala, 02 de noviembre 2020

Ingeniero M.Sc.
Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12

Distinguído Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor de trabajo de graduación de la estudiante **Sherill Nicté López Chávez**, Carné número **201146145**, cuyo título es "**PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO -GEI- DEL PARQUE VEHICULAR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-**", para optar al grado académico de Maestro en Energía y Ambiente, he procedido a la revisión del mismo.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que la estudiante López Chávez, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



Ing. M.Sc. Marvin Eduardo Mérida Cano
Colegiado 2,013
Asesor de trabajo de graduación

Marvin Eduardo Mérida Cano
Ing. Químico Colegiado No. 2,013
MSc. en Ingeniería de

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme las fuerzas suficientes para perseverar y culminar la carrera.
Mis padres	Milton López y Mayra Chávez, por su amor y labor para conmigo.
Mis hermanas	Ilenia y Hania López, por su cariño incondicional.
Mis sobrinos	Andree Molineros, Gianluca y Hannah Linares, por ser tres ángeles en mi vida.
Mis abuelos	Norberto López (q. d. e. p), Aminta Juárez y Marta Maldonado (q. d. e. p), por sus sabios consejos y mostrarme lo que verdaderamente importa.
Mi compañero	David Cabrera, por brindarme su cariño y ser una parte importante en mi carrera.
Mi amigo	Eduardo Gálvez, por brindarme su cariño e incentivarme cuando más lo necesitaba.

AGRADECIMIENTOS A:

Centro Universitario de Oriente (CUNORI)

Por abrir sus puertas y a todo el personal administrativo que me brindó su apoyo para permitir desarrollar mi trabajo de tesis.

Director administrativo del CUNORI

Vinicio Huelches, por su disposición y apoyar todo el proceso administrativo para llevar a cabo la recolección de datos para el desarrollo de mi trabajo.

Mi catedrático

Dr. Félix Aguilar, por incentivarme a continuar y brindarme sus consejos para mejorar continuamente.

Mi asesor

Msc. Ing. Marvin Mérida, por su disposición, generosidad y valiosa asesoría prestada incondicionalmente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Gases de efecto invernadero (GEI)	1
1.2. Contaminación del aire	1
1.3. Efectos de emisión GEI	1
1.3.1. Cambio climático	2
1.3.2. Calentamiento global	2
1.3.3. Efecto invernadero.....	3
1.3.4. Huella de carbono.....	3
1.3.5. Efectos a la salud	3
1.4. Combustión	4
1.4.1. Combustión móvil	4
1.5. Gases de combustión.....	4
1.5.1. Dióxido de carbono CO ₂	5
1.5.2. Metano CH ₄	5
1.5.3. Óxido nitroso N ₂ O	5
1.6. Metodología para la definición cuantitativa.....	5

1.6.1.	ISO 14064	5
1.6.2.	Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)	6
1.6.2.1.	Generalidades del método	6
1.7.	Política nacional de cambio climático en Guatemala	11
1.7.1.	Decreto 7-2013 Ley marco de cambio climático.....	11
1.7.2.	Estrategia Nacional de Desarrollo con Emisiones Bajas de GEI	12
1.7.2.1.	Transporte	12
1.7.3.	Política energética 2019-2050.....	12
1.7.3.1.	Transporte y movilidad	13
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1.	Recolección de información	15
2.2.	Análisis estadístico.....	15
2.2.1.	Medidas de tendencia central.....	16
2.2.2.	Determinación del tamaño de la muestra	16
2.3.	Método por aplicar para la estimación de GEI	28
2.4.	Estimación de emisiones.....	30
2.5.	Desarrollo de medidas de mitigación	33
2.6.	Determinación de propuestas	35
2.6.1.	Propuesta uno: bus eléctrico	35
2.6.2.	Propuesta dos: ciclovía	36
2.6.3.	Propuesta tres: cubierta verde	38
2.6.4.	Propuesta cuatro: campañas de concientización ...	40
2.7.	Comprobación de reducción de gases.....	42
2.7.1.	Implementación de bus eléctrico	42
2.7.2.	Implementación de una ciclovía	42
2.7.3.	Cubiertas verdes	43

2.8.	Análisis de viabilidad económica	44
2.8.1.	Costos contemplados para el bus eléctrico	45
2.8.2.	Costos contemplados para la implementación de la ciclovía	46
2.8.3.	Costos contemplados para las cubiertas verde	48
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	49
3.1.	Tipo de transporte utilizado	49
3.2.	Cantidad de GEI emitido	49
3.3.	Desarrollo de propuestas y comprobación de reducción del 11 %	51
3.4.	Análisis económico de cada propuesta desarrollada.....	53
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES.....	61
	REFERENCIAS	63
	APÉNDICES	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	¿Hacía uso del parqueo vehicular?	18
2.	De los siguientes tipos de transporte, ¿cuál utilizaba para movilizarse hacia la universidad?	19
3.	¿Por qué hacía uso de automóvil y no de motocicleta?	20
4.	¿Por qué hacía uso de motocicleta y no de automóvil?	21
5.	¿Cuál era su tiempo promedio de viaje hacia el CUNORI?	22
6.	¿Cuál era su tiempo promedio para estacionarse dentro del parque vehicular del CUNORI?	22
7.	¿Usaría el transporte público para movilizarse si el CUNORI proporcionara uno?	24
8.	¿Le gustaría que se implementara una ciclovía?	25
9.	¿Cuántos días a la semana frecuentaba la universidad?	26
10.	¿Cuál era su gasto semanal aproximado en combustible?	27
11.	¿Qué tipo de combustible utiliza su vehículo?	28
12.	Cubierta verde en edificación	38
13.	Componentes de un techo verde	40
14.	Cubiertas verdes propuestas	44
15.	Proporciones de gei generados en parque vehicular	51
16.	Comparación gráfica de reducción de t CO ₂ eq por propuesta	52

TABLAS

I.	División del sector transporte según IPCC	7
----	---	---

II.	Factores de emisión de CO ₂ por defecto del transporte terrestre y rangos de incertidumbre	9
III.	Factores de emisión para N ₂ O y CH ₄ del transporte terrestre y rangos de incertidumbre	10
IV.	Consumo vehicular en recorrido promedio	29
V.	Consumo vehicular promedio	29
VI.	Factores de Potencial de Calentamiento Global (GWP)	32
VII.	Costos de implementación de ciclovía	46
VIII.	Costos de implementación de cubiertas verdes.....	48
IX.	Emisión de gases por tipo	50
X.	Determinación de GEI en t CO ₂ eq	50
XI.	Porcentaje reducido de GEI según propuestas.....	52
XII.	Determinación de viabilidad económica por propuesta.....	53

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
F	Costo de mantenimiento anual
Z^2	Desviación estándar
CO_2	Dióxido de carbono
EF_a	Factor de emisión
l	Inversión inicial, litro
Kg	Kilogramo
$kg\ CO_2/TJ$	Kilogramo de dióxido de carbono por terajules
$kg\ CH_4$	Kilogramo de metano
$kg\ N_2O$	Kilogramo de óxido nitroso
Kg/m^2	Kilogramo por metro cuadrado
km	Kilometro
l/m	Litro por metro
CH_4	Metano
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
N_2O	Óxido nitroso
d	Precisión
p	Probabilidad de éxito o proporción esperada
q	Probabilidad de fracaso
$\bar{x}$	Promedio
Q	Quetzales
n	Tamaño de la muestra; período de tiempo
TA	Tarifa anual

i	Tasa de interés
TJ	Terajoules
$\frac{TJ}{l}$	Terajoules por litro
a	Tipo de combustible
$t\ CO_2\ eq$	Toneladas de dióxido de carbono equivalente

GLOSARIO

Biodiversidad	Variedad de plantas y animales que viven en un espacio determinado.
<i>Carpooling</i>	Consiste en que viajen varias personas en un mismo vehículo al mismo destino.
CMNUCC	Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.
Crasuláceas	Tipo de planta utilizada popularmente para jardinería; de característica dura, aspecto extraño y requieren cuidados mínimos.
CUNORI	Centro Universitario de Oriente.
GEI	Gases de efecto invernadero.
<i>Google earth</i>	Programa informático que muestra el globo terráqueo y permite visualizar múltiple cartografía basado en imágenes satelitales.
<i>Google forms</i>	Herramienta informática utilizada para la creación de formularios, que permite la recopilación de información de forma fácil y eficiente.

GWP	Factor de Potencial de Calentamiento Global.
Halocarburos	Son productos mayoritariamente de origen antrópico compuestos por carbono y ciertos halógenos como cloro, flúor e hidrogeno.
Ignición	Acción de desencadenar la combustión de un cuerpo.
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
ISO	Organización Internación de Estandarización.
Microhabitats	Es la parte más pequeña de un ecosistema que contiene flora y una fauna distintiva.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
Protocolo de Kioto	Es un consenso internacional alcanzado en la lucha contra el cambio climático.
Sedum	Son plantas anuales con hojas carnosas generalmente planas o cilíndricas.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala.
VPN	Valor presente neto.

RESUMEN

En la presentación de esta investigación se centralizó en el desarrollo de propuestas que promuevan la disminución de gases de efecto invernadero en el parque vehicular del Centro Universitario de Oriente (CUNORI) en cumplimiento con lo estipulado en la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones.

Para la estimación de los gases de efecto invernadero (GEI) del Centro se hizo necesario la utilización del método del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), en el que posteriormente se desarrollaron tres propuestas, la primera figuraba un bus eléctrico, en la segunda la implementación de una ciclovía y la última se basaba en la colocación de cubiertas verdes.

En cada propuesta definida se realizó una descripción sobre su finalidad además de las ventajas que cada una posee, se llevó a cabo una deducción de los gases reducidos, así como un análisis de factibilidad financiera por medio del método del valor presente neto (VPN) donde finalmente se hizo una comparación entre ellas.

De los resultados, se definió que en el parque vehicular se emiten 1,420.38 kg CO₂ eq, en donde del gas de dióxido de carbono daba un total de 1386.00 kg CO₂ eq, para metano 18.48 kg CO₂ eq y para el óxido nitroso 15.90 kg CO₂ eq; en cuanto a las propuestas del bus eléctrico reducía un 29.00 % las emisiones de GEI, la ciclovía un 33.50 % determinando ser la más factible de ellas y por último el planteamiento de las cubiertas verdes con una disminución del 15.68 %.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy son ampliamente reconocidos los problemas de contaminación ambiental, en particular del aire, que dan lugar a la acumulación de riesgos para la salud y el bienestar de la población. Gran parte de esos problemas son consecuencia del rápido y desordenado crecimiento urbano, fenómeno que muchas veces no van acompañados de programas para la protección del medio ambiente (Jorquera, Montoya y Rojas, 2019).

Hasta hace unos diez años, se pensaba que la contaminación del aire era solo un problema urbano o local, pero nuevos datos han revelado que la contaminación del aire se transporta a través de continentes y cuencas oceánicas debido al rápido transporte de largo alcance (Ramanathan y Feng, 2009).

En el país se viven índices alarmantes en cuanto a contaminación atmosférica provocados principalmente por gases de efecto invernadero, denominados de esta manera debido a las secuelas producidas, entre ellas, el incremento de periodos de sequía en algunas regiones, en otras aumento de inundaciones, migraciones de flora y fauna de una latitud a otra y producción de una serie de enfermedades respiratorias provocando una disminución en la calidad de vida de los habitantes (Ahlonsoy, Ding, y Schimel, 2001).

Según datos recabados de radio Sonda, en Guatemala para el 7 de septiembre de 2018 (último dato registrado) el índice de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala era de 458 partes por millón, indicando peligrosidad por estar fuera de rango.

Debido a la falta de planeación por parte del Gobierno local, es necesario comenzar a tomar la iniciativa con pequeñas prácticas para hacer grandes cambios; en la ciudad de Chiquimula es el claro ejemplo de ausencia de desarrollo sostenible por el caos vehicular que se mantiene latente a cualquier hora del día. La sobrecarga de tránsito produce que la ciudad sea cada vez menos armoniosa a pesar de que se considera una ciudad intermedia por la intensa migración de personas atraídas por la buena calidad de educación que existe en el medio.

Una de las sedes educativas más cotizadas es el CUNORI, debido a la diversidad de carreras existentes. En los últimos años este centro ha presentado problemas en cuanto al espacio vehicular programado, ya que cada vez la población estudiantil crece exponencialmente, sin que se tenga un plan adecuado para contrarrestar la problemática, por lo que es pertinente preguntarse entonces, ¿cuáles serán las propuestas que contribuirán en la disminución de gases de efecto invernadero en el parque vehicular del CUNORI?

Se estima que los días con mayor afluencia vehicular del parqueo son los lunes, martes y viernes en horario de 15:00 a 17:00 horas, ya que es en el que los estudiantes de Ingeniería y Derecho inician sus clases. El parqueo cuenta con un aproximado de 200 espacios, por lo cual es pertinente definir ¿cuál es el tipo de transporte utilizado por la población estudiantil del CUNORI?, aunque debido a las limitantes del lugar, se recurre a utilizar el área trasera de uno de los edificios del centro como parqueo informal.

De los datos a utilizar se podrá contestar entonces ¿cuál es la cantidad de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) en el parque vehicular del CUNORI?, definiendo además ¿Cuáles serán las medidas de mitigación a definir para desarrollar las propuestas que deben implementarse para reducir un 11 % la emisión de GEI? y ¿Para qué

se realizará un análisis de factibilidad económica que sea de acuerdo con las propuestas definidas?

OBJETIVOS

- General

Desarrollar propuestas que contribuyan en la reducción de gases de efecto invernadero GEI en el parque vehicular del CUNORI.

- Específicos

- Identificar el tipo de transporte utilizado por la población estudiantil del CUNORI.
- Establecer la cantidad de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) en el parque vehicular del CUNORI.
- Definir las medidas de mitigación para desarrollar las propuestas que deben implementarse para reducir por lo menos un 11 % la emisión de GEI.
- Elaborar un análisis de factibilidad económica de acuerdo con las propuestas definidas.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El diseño de este estudio se basó principalmente en lo cualitativo ya que se pretendía comprender la realidad que se investigaba, además no se tenía una hipótesis como tal; se complementa el hecho de que fue un estudio no experimental, debido a que no se manipularon las variables del análisis y solo se procedió a estudiar el fenómeno sin intervenir en el de acuerdo con los alcances; fueron de tipo exploratorio por ser una problemática poco estudiada y el grupo de análisis fue por conveniencia.

La primera actividad del desarrollo de la metodología fue la elaboración de un cuestionario, ya que se realizó una entrevista a la persona encargada del área del parqueo del CUNORI con el objetivo de sondear con precisión los días y horarios con mayor afluencia además de proporcionar una estimación sobre la población que frecuentaba dicha área.

Posteriormente con los datos obtenidos, se aplicó una fórmula estadística para determinar el número de la muestra a encuestar para aplicar el segundo cuestionario enfocado al estudiantado tomando como base datos recabados.

La finalidad del segundo cuestionario se basaba en la identificación de las posibles propuestas que se desarrollaron en este estudio, tratando de apegarse a la cotidianidad del estudiantado, además se obtuvieron datos que se utilizaron en la determinación de los gases por medio de tablas definidas por la IPCC.

Luego de haber recabado la información necesaria en el cuestionario y encuesta, se realizó una categorización de los datos a través de un análisis

descriptivo gráfico y con medidas de tendencia central, para que pudiera aplicarse adecuadamente las directrices de la IPCC, de esta manera se obtuvieron datos de metano, dióxido de carbono, óxido nitroso y se cuantificaron las emisiones. De lo obtenido se realizó un análisis para determinar las medidas de mitigación que dieron vida a las propuestas que contribuían en la disminución de los GEI, seguidamente se realizó una comprobación del porcentaje de reducción (un 11 % según los objetivos trazados).

De acuerdo con lo anterior, se llevó a cabo un análisis económico de manera que pudo definirse la de mayor viabilidad.

En cuanto a las técnicas de análisis utilizadas en este estudio, fue de tipo descriptivo ya que se organizó y sintetizó información, según la muestra finita tomada, con base a el flujo de la utilización de los espacios del parque vehicular del CUNORI; dentro de los análisis que se manejaron, se encuentra el análisis gráfico y análisis con medidas de tendencia central de datos no agrupados. El primero fue necesario ya que, de los datos recabados de la encuesta, se pretendía mostrar gráficamente las tendencias en cuanto a las respuestas proporcionadas por el estudiantado, el segundo análisis fue basado en los días con mayor afluencia ya que permitió realizar una comparación con la información recolectada para que posteriormente se llevara a cabo un promedio entre ellos.

INTRODUCCIÓN

De los problemas medio ambientales actuales, se tiene que la contaminación del aire se ha acrecentado de manera exponencial debido al uso excesivo de fuentes móviles impulsados por la combustión interna, de las emisiones que se generan se tiene que los participantes principales son los GEI, ya que además, durante décadas, las acumulaciones de estos han ido generando serias complicaciones tanto climáticas como en la salud del ser humano; de los objetivos trazados se tiene el desarrollo de propuestas que giran en torno a la reducción de los GEI por medio de ciertas estrategias.

La base metodológica para la determinación de los gases se apoya haciendo uso de las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, de manera que puedan desarrollarse propuestas que contribuyan en la reducción de los GEI del parque vehicular del CUNORI, según políticas establecidas en el país principalmente del Decreto 7-2013 y la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones.

El contenido del presente documento consta de cuatro capítulos: el primero, expone todo el sustento teórico para la estimación de los GEI, las características, consecuencias de su emisión, y las políticas nacionales adoptadas en el país para su disminución; el segundo, se centra en el desarrollo de la investigación, detallando todo el proceso de recolección de datos, análisis estadísticos aplicados para poder determinar a través del método IPCC la cantidad de gases generados en el parque vehicular, también se desarrollaron medidas de mitigación que dieron vida a cuatro propuestas para determinar posteriormente

una reducción de llevarse a cabo, igualmente para determinar su viabilidad se realizó un análisis económico.

El tercero se basó en la identificación del transporte utilizado en el Centro, la determinación de la cantidad de GEI y la comprobación de la disminución del 11 % en función de cada propuesta desarrollada además de una comparación en función al total emitido, contrastando además las inversiones realizadas y la proyección de cada una en un periodo de al menos 10 años.

En el último capítulo, se presentó la propuesta que mayor ventaja generaba en función a la disminución de gases en contraparte con las demás, se agregó el factor económico dando un giro en torno a la proposición inicial, sin embargo, se consideró que a largo plazo la de mayor peso iba en función a su contribución con el ambiente.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Gases de efecto invernadero (GEI)

El ser humano y sus actividades traen consigo el resultado de emisiones de gases principalmente del dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y los halocarburos; estos, se aglomeran en la atmósfera, desencadenando un aumento de concentraciones al pasar el tiempo, se cree que han sido acumulados desde la era industrial (Menéndez, 2015).

1.2. Contaminación del aire

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuando el aire se encuentra contaminado, su composición contiene diversas sustancias en su mayoría extrañas durante instantes que pueden repercutir nocivamente en el ser humano perturbando su bienestar (Saavedra, 2014).

El aire puro realmente no existe, debido a que hay un cambio constante de materia entre los seres vivos, la hidrosfera, la atmosfera y la litosfera. A pesar de ello, es posible que nunca la contaminación haya sido tan significativa como lo es en la actualidad (Flores, 1997).

1.3. Efectos de emisión GEI

Dentro de los efectos que produce la emisión y acumulación de los GEI se encuentran: el incremento de la temperatura mundial y períodos de sequía en algunas regiones del planeta, mientras que en otras la existencia del aumento de

las inundaciones; como resultado de estos cambios, aumenta el nivel del mar mundialmente, se aúnan los cambios en las migraciones de flora y fauna de una latitud a otra, enfermedades, principalmente infectocontagiosas, variaciones en el ciclo de los huracanes, y muchas más, en su mayoría negativas (Ahlonsoy *et al.*, 2001).

1.3.1. Cambio climático

Según observaciones y diversos estudios realizados al clima, el efecto invernadero no solo se trata sobre el calentamiento de la tierra, sino además este se encuentra vinculado a otros fenómenos que se desatan a lo largo de la historia, causando alteraciones meteorológicas en la tierra, entre ellas se destaca la desestabilización de las estaciones, disminución de periodos de lluvia y el aumento de esta misma, las prórrogas de sequía, la acidez de los océanos, enfermedades en plantas y animales, entre otros (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

1.3.2. Calentamiento global

Se debe al cambio de temperatura, siendo algunos drásticos y profundos dados naturalmente. Actualmente existe información detallada que demuestra una tendencia clara hacia el aumento de temperaturas, siendo el inicio la era industrial (1800). Inicialmente los cambios se atribuyeron a efectos inducidos solamente por la combustión de residuos fósiles; después de efectuar diversos estudios se concluyó con la identificación de un gran agujero en la capa de ozono sobre la Antártida, dando origen a las iniciativas para contrarrestarlo desde las Naciones Unidas (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

1.3.3. Efecto invernadero

Definido como un efecto natural de la tierra, donde este hace posible la vida como se conoce hoy. Este efecto, como los invernaderos, da paso a la radiación solar calentando las partículas de agua y sólidos suspendidos en el aire y el suelo, permitiendo que exista un rebote hacia el exterior (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

1.3.4. Huella de carbono

“Parámetro utilizado para definir la cantidad de emisiones de GEI asociadas a una actividad o al ciclo de vida de un servicio para determinar su contribución al cambio climático; este se expresa en toneladas de CO₂ equivalente (tCO_{2e})” (Abadia, 2015, p. 5).

1.3.5. Efectos a la salud

Los efectos relacionados con la exposición a la contaminación atmosférica son diversos, los más estudiados son aquellos que se producen a corto plazo, es decir en el periodo de unos pocos días. Estos, mantienen una graduación tanto en la gravedad de sus consecuencias como en la población de riesgo afectada (Ballester, Tenías y Pérez-Hoyos, 1999).

Los grupos más susceptibles a los efectos de la contaminación del aire son los niños, los ancianos y aquellos con enfermedades cardíacas o respiratorias (Muñoz, Paz, y Quiroz, 2007).

1.4. Combustión

“Es un conjunto de reacciones de oxidación con desprendimiento de calor, que se producen entre dos elementos: el combustible, que puede ser un sólido, un líquido o un gas y el comburente oxígeno” (García, 2001, p. 3).

1.4.1. Combustión móvil

Ahora, la mayoría de los vehículos son potenciados por motores que se alimentan con gasolina, diésel, gas licuado de petróleo y otros. Un motor de combustión interna basa su funcionamiento en el quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara cerrada o cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar potencia suficiente para desplazar el vehículo a la velocidad deseada y con la carga que se necesite transportar (Hilario, 2017).

Mediante el proceso de la combustión, la energía química contenida en el combustible es transformada primero en energía calorífica, parte de la cual se transforma en energía cinética (movimiento), la que a su vez se convierte en trabajo útil aplicable en las ruedas propulsoras. La otra parte se disipa en el sistema de refrigeración y en el sistema de escape de gases de combustión, en el accionamiento de accesorios y en pérdidas por fricción (Hilario, 2017).

1.5. Gases de combustión

“Emitidos por fuentes móviles, absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmosfera y las nubes” (Vela, 2017, p. 8).

1.5.1. Dióxido de carbono CO₂

Contaminante de efecto global, ya que coopera al calentamiento causando preocupación y forzando a los gobiernos a convenir reducción de emisión de este gas; se produce por la ignición de combustibles fósiles y corresponde a la máxima oxidación del carbono (Hilario, 2017).

1.5.2. Metano CH₄

“Es también un gas de efecto invernadero generado durante los procesos de combustión de los vehículos. Tiene un potencial de calentamiento 21 veces mayor al del dióxido de carbono” (Aguilar *et al.*, 2007, p. 29).

1.5.3. Óxido nitroso N₂O

“Este contaminante, que pertenece a la familia de los óxidos de nitrógeno, también contribuye al efecto invernadero y su potencial de calentamiento es 310 veces mayor que el dióxido de carbono” (Aguilar *et al.*, 2007, p. 30).

1.6. Metodología para la definición cuantitativa

Para calcular la cantidad de GEI emitidos en el lugar de interés, es necesario definir una metodología propicia de acuerdo con el tipo de actividad, considerando las siguientes:

1.6.1. ISO 14064

Esta metodología representa innumerables ventajas con respecto a las demás; el propósito de las normas ISO giran en torno a orientar, coordinar,

simplificar y unificar, consiguiendo costos bajos y gran efectividad en la actividad que se desee desarrollar (Ihobe S.A., 2012).

1.6.2. Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)

Las directrices proporcionadas por IPCC, son el resultado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), donde se busca brindar metodologías que puedan usarse en cualquier país, con el objetivo de estimar y realizar un inventario GEI (Rypdal *et al.*, s.f.).

1.6.2.1. Generalidades del método

Los inventarios se basan en conceptos clave para los cuales existe un consenso común. Esto ayuda a garantizar que sean comparables entre los diferentes países, que no contengan omisiones y que las series temporales reflejen cambios producidos en las emisiones (Rypdal *et al.*, s.f.).

De las directrices contenidas, se tiene la categorización del transporte por medio de la siguiente tabla:

Tabla I. División del sector transporte según IPCC

DIVISIÓN DETALLADA CORRESPONDIENTE AL SECTOR DEL TRANSPORTE				
Código y nombre			Explicación	
1 A 3	Transporte		Emisiones de la quema y evaporación de combustible para todas las actividades de transporte (a exclusión del transporte militar), independientemente del sector, especificado por las subcategorías que se presentan a continuación. Deben excluirse, lo máximo posible, las emisiones de combustible vendido a cualquier aeronave o nave marítima dedicada al transporte internacional (1 A 3 a j y 1 A 3 d i) de los totales y subtotales de esta categoría; se las debe declarar por separado.	
1 A 3	a	Aviación Civil		Emisiones de la aviación civil internacional y de cabotaje, incluidos despegues y aterrizajes. Abarca el uso civil comercial de aviones, incluido: tráfico regular y <i>charter</i> para pasajeros y carga, taxis aéreos y aviación general. La división entre vuelos internacionales/de cabotaje debe determinarse en base a los lugares de salida y de llegada de cada etapa de vuelo y no por la nacionalidad de la línea aérea. Queda excluido el uso de combustible para transporte terrestre en los aeropuertos, que se declara en 1 A 3 e, otros transportes. Quedan también excluidos los combustibles para quema estacionaria en aeropuertos; esto se declara en la categoría adecuada de combustión estacionaria.
1 A 3	a	i	Aviación internacional (tanques de combustible internacional)	Emisiones de vuelos que salen desde un país y llegan a otro. Incluye despegues y aterrizajes para estas etapas de vuelo. Se pueden incluir las emisiones de la aviación militar internacional como subcategoría separada de la aviación internacional, siempre y cuando se aplique la misma distinción en las definiciones y haya datos disponibles para respaldar la definición.
1 A 3	a	ii	Aviación de cabotaje	Emisiones de tráfico civil de cabotaje de pasajeros y de carga que aterriza y llega al mismo país (vuelos comerciales, privados, agrícolas, entre otros), incluyendo despegues y aterrizajes para estas etapas de vuelo. Nótese que puede incluir viajes de considerable extensión entre dos aeropuertos de un país (p. ej., de San Francisco a Honolulu). Excluye los militares, que deben declararse en 1 A 5 b.
1 A 3	b	Transporte terrestre		Todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres, incluido el uso de vehículos agrícolas sobre carreteras pavimentadas.
1 A 3	b	i	automóviles	Emisiones de automóviles designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de personas y habitualmente con una capacidad de 12 personas o menos.
1 A 3	b	i	1 Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	Emisiones de automóviles para pasajeros con catalizadores de 3 vías.
1 A 3	b	i	2 Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	Emisiones de automóviles para pasajeros sin catalizadores de 3 vías.

Continuación tabla I.

1 A 3	b	ii		Camiones para servicio	Emisiones de vehículos designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de cargas ligeras o que están equipados con características especiales tales como tracción en las cuatro ruedas para operación fuera de carreteras. El peso bruto del vehículo suele oscilar entre los 3500 y los 3900 kg o menos.
1 A 3	b	ii	1	Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	Emisiones de camiones ligeros con catalizadores tridireccionales.
1 A 3	b	ii	2	Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	Emisiones de camiones ligeros sin catalizadores tridireccionales.
1 A 3	b	iii		Camiones para servicio pesado y autobuses	Emisiones de todos los vehículos designados como tales en el país en que están registrados. Habitualmente, el peso bruto del vehículo oscila entre los 3500 y los 3900 kg o más para camiones pesados y los autobuses están calificados para transportar a más de 12 personas.
1 A 3	b	iv		Motocicletas	Emisiones de todo vehículo motorizado diseñado para viajar con no más de 3 ruedas en contacto con el pavimento y que pese menos de 680 kg.
1 A 3	b	v		Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	Aquí se incluyen las emisiones de vehículos por evaporación (p. ej., remojos calientes, pérdidas). Se excluyen las emisiones producidas al cargar combustible a los vehículos.
1 A 3	b	vi		Catalizadores en base a urea	Emisiones de CO ₂ por el uso de aditivos en base a urea en conversores catalíticos (emisiones no combustivas).
1 A 3	c	Ferrocarriles			Emisiones del transporte de ferrocarriles, tanto en rutas de tráfico de carga como de pasajeros.
1 A 3	d	Navegación marítima y fluvial			Emisiones de combustibles usados para impulsar naves marítimas y fluviales, incluyendo aerodeslizadores y aliscafos, pero excluyendo naves pesqueras. La división entre rutas internacionales/nacionales debe determinarse en base a los puertos de salida y de llegada y no por la bandera o nacionalidad del barco.
1 A 3	d	i	Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)		Emisiones de combustibles usados por naves de todas las banderas que se dedican a la navegación internacional marítima y fluvial. La navegación internacional puede ser en mares, lagos internos o vías fluviales o por aguas costeras. Incluye las emisiones de viajes que salen desde un país y llegan a otro. Excluye el consumo de barcos pesqueros (véase otros sectores Pesca). Se pueden incluir las emisiones de la navegación marítima y fluvial militar internacional como subcategoría aparte de la navegación internacional, siempre y cuando se aplique la misma distinción en las definiciones y haya datos disponibles para respaldar la definición.
1 A 3	d	ii	Navegación marítima y fluvial nacional		Emisiones de combustibles usados por barcos de todas las banderas que salen y llegan dentro de un mismo país (excluye la pesca, que debe declararse bajo 1 A 4 c iii y los viajes militares, que deben declararse en 1 A 5 b). Nótese que puede incluir viajes de considerable extensión entre dos puertos de un país (p. ej., de San Francisco a Honolulu).
1 A 3	e	Otro tipo de transporte			Las emisiones por la quema de todas las demás actividades de transporte, incluidos el transporte por tuberías, las actividades terrestres en aeropuertos y puertos y las actividades en rutas no pavimentadas no declaradas en 1 A 4 c, Agricultura, o 1 A 2, Industrias manufactureras y construcción. El transporte militar debe declararse en 1 A 5 (véase 1 A 5, no especificado).

Continuación tabla I.

1 A 3	e	i	Transporte por tuberías	Emisiones vinculadas a la quema de la operación de estaciones de bombeo y mantenimiento de tuberías. El transporte mediante tuberías incluye el transporte de gases, líquidos y desechos cloacales y otros productos básicos. Se excluye la distribución de gas natural o elaborado, agua, o vapor, desde el distribuidor a los usuarios finales, que deben declararse en 1 A 1 c ii en 1 A 4 a.
1 A 3	e	ii	Todo terreno	Emisiones de quema de Otros transportes, a exclusión del transporte por tuberías.
1 A 4	e	iii	Pesca (combustión móvil)	Emisiones de combustible que se usa en pesca de cabotaje, costera y en alta mar. La pesca debe cubrir las naves de todas las banderas que hayan repostado en el país (incluida la pesca internacional).
1 A 5	a		Estacionaria no especificada	Emisiones de quema de combustible en fuentes estacionarias que no se hayan especificado en otro lugar.
1 A 5	b		Móvil no especificada	Emisiones móviles de vehículos y otras maquinarias, marina y aviación (que no se hayan incluido en 1 A 4 c ii o en ningún otro lugar). Incluye las emisiones procedentes del combustible entregado para la aviación y la navegación marítima y fluvial a las fuerzas militares del país, así como el combustible entregado dentro de ese país, pero utilizado por las fuerzas militares de otros países no participantes.
			Operaciones multilaterales (elemento recordatorio)	Operaciones multilaterales, emisiones procedentes de los combustibles utilizados para la aviación y la navegación marítima y fluvial en las operaciones multilaterales, conforme a la Carta de las Naciones Unidas. Incluye las emisiones de combustibles entregado a los militares del país y a los militares de otros países.

Fuente: Waldron *et al.* *Combustión Móvil, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero*. Consultado el 29 de octubre de 2019. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf.

Para la cuantificación de emisión de CO₂ se hará uso de la tabla siguiente:

Tabla II. **Factores de emisión de CO₂ por defecto del transporte terrestre y rangos de incertidumbre**

Tipo de combustible	Por defecto (kg/TJ)	Inferior	Superior
Gasolina para motores	69300	67500	73000
Gas/Diesel Oil	74100	72600	74800
Gases licuados de petróleo	63100	61600	65600

Continuación de tabla II.

Queroseno	71900	70800	73700
Lubricantes	73300	71900	75200
Gas natural comprimido	56100	54300	58300
Gas natural licuado	56100	54300	58300

Fuente: Waldron *et al.* *Combustión Móvil, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero*. Consultado el 29 de octubre de 2019. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf.

En cuanto a la cuantificación de emisiones de N₂O y CH₄ se tiene la Tabla III.

Tabla III. Factores de emisión para N₂O y CH₄ del transporte terrestre y rangos de incertidumbre

Tipo de combustible/Categoría representativa de vehículo	CH ₄ (kg/TJ)			N ₂ O (kg/TJ)		
	Por defecto	Inferior	Superior	Por defecto	Inferior	Superior
Gasolina para motores - sin controlar	33	9.6	110	3.2	0.96	11
Gasolina para motores - catalizador de oxidación	25	7.5	86	8	2.6	24
Gasolina para motores - vehículo para servicio ligero con poco kilometraje, modelo 1995 o más nuevo	3.8	1.1	13	5.7	1.9	17
Gas/Diesel Oil	3.9	1.6	9.5	3.9	1.3	12
Gas Natural	92	50	1540	3	1	77
Gas Licuado de petróleo	62	na	na	0.2	na	na
Etanol, camiones Estados Unidos	260	77	880	41	13	123
Etanol, automóviles, Brasil	18	13	84	na	na	na

Fuente: Waldron *et al.* *Combustión Móvil, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero*. Consultado el 29 de octubre de 2019. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf.

1.7. Política nacional de cambio climático en Guatemala

Se consideran todas aquellas que fungen en beneficio al medio ambiente y contribuyen a las buenas prácticas mediante estrategias en diferentes sectores sociales.

1.7.1. Decreto 7-2013 Ley marco de cambio climático

Entró en vigor en el año 2013, como adaptación obligatoria ante los efectos generados por el cambio climático y la mitigación de los GEI, por los compromisos que el país adoptó ante la CMNUCC y el protocolo de Kioto (Chinchilla, 2016).

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, (2015), dentro de las disposiciones generales del decreto se tiene:

- Artículo 1. El objeto de la presente ley es establecer las regulaciones necesarias para prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos del cambio climático en el país.
- Artículo 2. La presente ley tiene como fin principal, que el Estado de Guatemala a través del Gobierno Central, entidades descentralizadas, entidades autónomas, las municipalidades, la sociedad civil organizada y la población en general adopte prácticas que propicien condiciones para reducir la vulnerabilidad, mejoren las capacidades de adaptación y permitan desarrollar propuestas de mitigación de los efectos del cambio climático producto por las emisiones de gases de efecto invernadero. (p. 34)

1.7.2. Estrategia Nacional de Desarrollo con Emisiones Bajas de GEI

Resultante de una estrategia a futuro (20-30 años), donde se presenta una oportunidad para contribuir a la competitividad económica del país, de manera que puedan posicionarse productos guatemaltecos en mercados internacionales, facilitando el acceso a nuevas fuentes y sistemas de financiamiento nacionales e internacionales (Gobierno de Guatemala, 2018).

Dentro de las metas trazadas, se tiene la reducción de GEI, priorizadas en seis sectores de la economía del país. Cada sección representa una medida que mejora sistemas de producción, reduce el consumo de energía y promueve la manejabilidad de los recursos naturales, aportando una mejora a la calidad de vida a los guatemaltecos (Gobierno de Guatemala, 2018).

1.7.2.1. Transporte

El aumento de la población, máxime la integración de los jóvenes a las actividades productivas del país tiene como consecuencia el aumento de la flota de vehículos, demanda de buses y camiones a lo largo de los años, con el objetivo de satisfacer las necesidades de movilización de un lugar buscando facilidad de traslado de bienes y servicios (Gobierno de Guatemala, 2018).

1.7.3. Política energética 2019-2050

Se formuló considerando el conjunto de actividades influyentes de cinco sectores principales, entre ellos:

- Comercio, servicios e instituciones

- Industria energética
- Industria
- Residencial
- Transporte y movilidad

Su determinación fue basada en el estado energético futuro que emerge entre los actores primordiales de este ámbito, desde un enfoque social, ambiental y de sostenibilidad.

1.7.3.1. Transporte y movilidad

Este subsector resulta ser una de las áreas más desafiantes para la realización de mejoras en el tema de energía ya que implica evaluar periódicamente las normativas obligatorias de eficiencia hacia el uso de combustibles para vehículos ligeros y pesados según sea el crecimiento del parque vehicular, el incentivo para la promoción del uso/venta de vehículos más eficientes y la realización de análisis sobre los sistemas de transporte colectivo (Ministerio de Energía y Minas , 2018).

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Recolección de información

Para poder darle cumplimiento a los objetivos planteados inicialmente fue necesaria la recolección de información, estando como primera actividad la elaboración de un cuestionario (apéndice 1), donde posteriormente fue realizada al personal encargado del área del parqueo del CUNORI con el objetivo de sondear con mayor precisión los días y los horarios con mayor afluencia en el parque vehicular.

De los resultados, se determinó que uno de los meses más influyentes a lo largo del año es en el mes de febrero y el horario pico del día ocurre entre las 16:00 a 18:00 horas de lunes a viernes y el sábado de 6:30 a 8:00 horas.

2.2. Análisis estadístico

La importancia de la información señalada anteriormente radicaba en poder realizar un conteo de los vehículos que ingresaban para poder determinar a través de medidas de tendencia central un promedio y posteriormente a través de este estimar el número de muestra de una población finita siendo enfocada a los estudiantes del Centro.

2.2.1. Medidas de tendencia central

Para poder determinar el promedio de vehículos en el horario señalado con anterioridad, se utilizó la fórmula de medidas de tendencia central con datos no agrupados:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

- $\sum x$ = La sumatoria de los datos recolectados.
- n = El número de datos sumados.

Reemplazándolos se tiene:

$$\bar{x} = \frac{8218}{24} = 342.41 \approx 343 \text{ vehículos}$$

2.2.2. Determinación del tamaño de la muestra

Entonces, para determinar el tamaño de la muestra fue determinada mediante la fórmula estimación de una población finita cualitativa:

$$n = \frac{NZ^2pq}{Nd^2 + Z^2pq}$$

Donde:

- N = Tamaño de la población, 343 vehículos.

- Z^2 = Nivel de confianza, 90 %.
- d = Precisión (error máximo admisible en términos de proporción), 10 %.
- p = Probabilidad de éxito o proporción esperada, 50 %.
- q = Probabilidad de fracaso, 50 %.

Es de mencionar que esta fórmula aplica únicamente para poblaciones que tengan menos de 500,000 elementos; la selección de la muestra definitiva da como resultado un muestreo simple al azar en el cual todos los elementos de la población tienen igual probabilidad de formar parte de la muestra (Quintana, 1996).

Reemplazando los datos se tiene:

$$n = \frac{(343)(1.96)^2(0.50)(0.50)}{(343)(0.10)^2 + (1.96)^2(0.50)(0.50)}$$

$$n = 75.03 \approx 75 \text{ estudiantes}$$

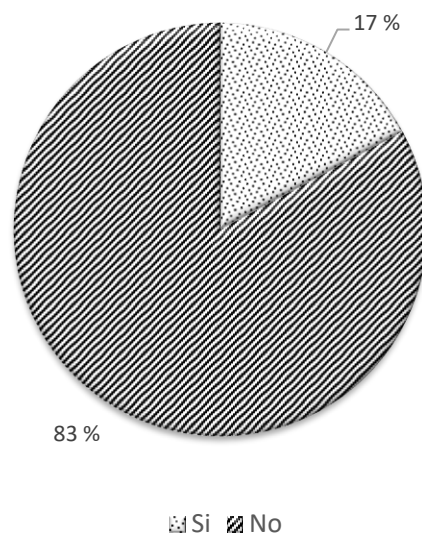
Del resultado que se obtuvo, el objetivo era limitar el número de personas a encuestar del total del promedio obtenido, recabando por medio de ella información sobre el tipo de vehículo utilizado en el parqueo vehicular, tiempos de estacionamiento, puntos de vista con respecto a la implementación de un bus eléctrico, así como una ciclovía, tipo de combustible y razones por la cual usaban cierto tipo de transporte.

Inicialmente se consideraba realizar la encuesta al estudiantado una vez se determinara el número de muestra con base en el conteo realizado en el parqueo vehicular, sin embargo, por circunstancias de pandemia, se imposibilitó el hecho de llevarlo a cabo, por lo que se recurrió posteriormente a acudir al personal

administrativo del Centro para poder socializar así dicho cuestionario, efectuándolo finalmente a todo el estudiantado, obteniendo 210 respuestas.

El cuestionario fue llevado a cabo por medio de la plataforma de *Google forms*, donde se formularon 11 preguntas condicionadas según la respuesta que se escogiera, estas fueron las siguientes:

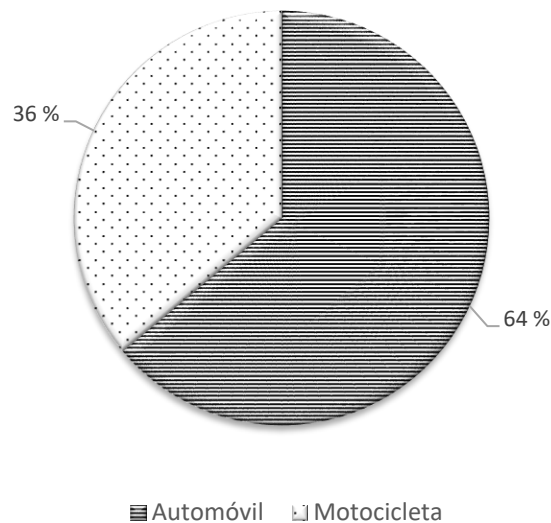
Figura 1. **¿Hacía uso del parqueo vehicular?**



Fuente: elaboración propia.

En la pregunta número uno, se obtuvo que el 83 % de los encuestados no hacía uso del parqueo vehicular del Centro mientras que el 17 % de ellos, sí.

Figura 2. **De los siguientes tipos de transporte, ¿cuál utilizaba para movilizarse hacia la universidad?**

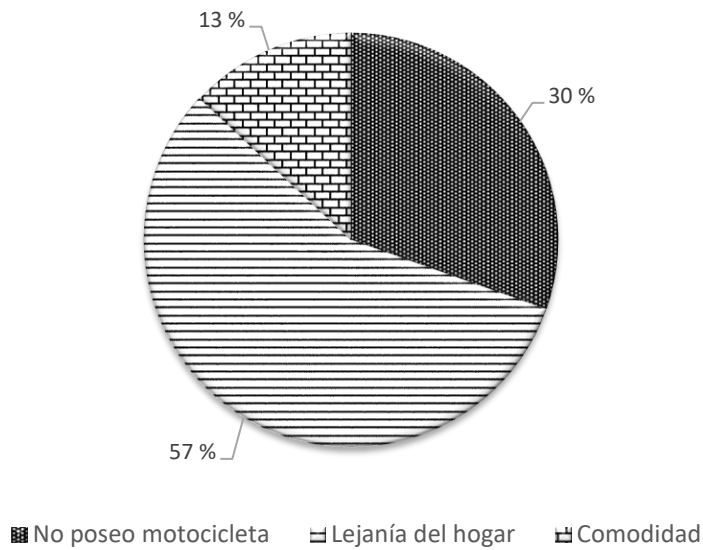


Fuente: elaboración propia.

En la segunda pregunta, se hizo el planteamiento sobre el tipo de transporte utilizado normalmente a diario, predominando el uso del automóvil con un 64 % a comparación del uso de la motocicleta representando un 36 % de las respuestas obtenidas.

Esta pregunta era decisiva, ya que posteriormente se necesitaba conocer la razón de la utilización del tipo de transporte por el estudiantado, por tanto, según la respuesta escogida se redirigía hacia la pregunta de la Figura 3 o Figura 4, planteándose en cada una tres posibles contestaciones.

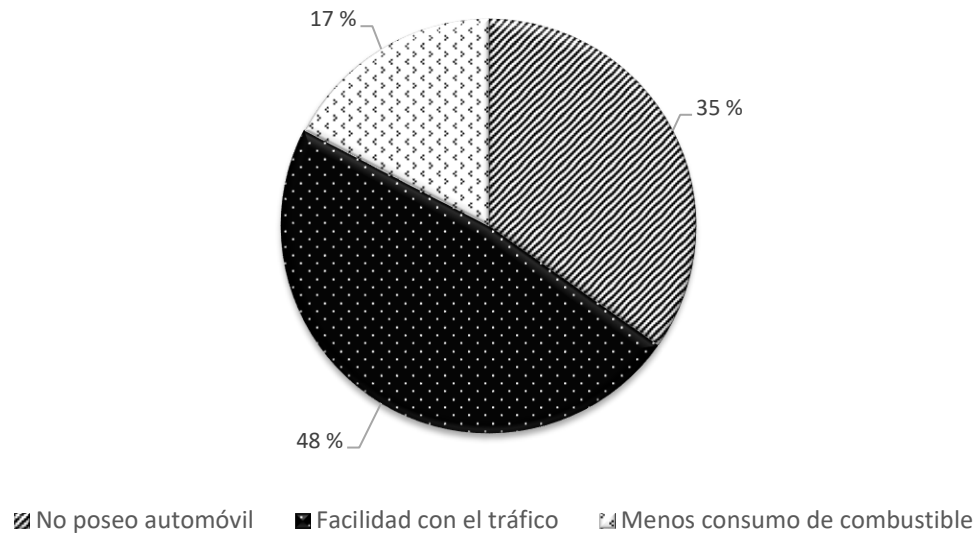
Figura 3. **¿Por qué hacía uso de automóvil y no de motocicleta?**



Fuente: elaboración propia.

Según el transporte seleccionado, en este caso el automóvil, se planteó que hacía uso de el por la lejanía del hogar, obteniéndose un resultado del 57 %; mientras que por no poseer una motocicleta un 30 % y un 13 % por comodidad al movilizarse.

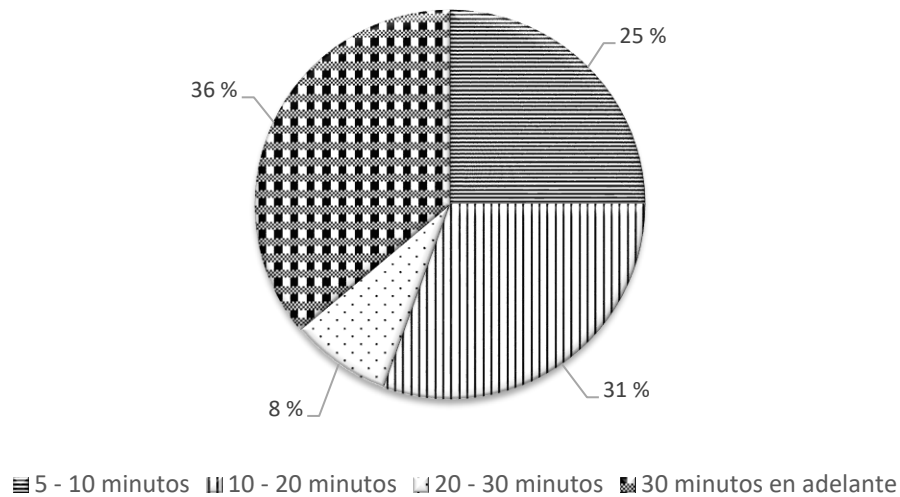
Figura 4. **¿Por qué hacía uso de motocicleta y no de automóvil?**



Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la motocicleta, se obtuvo que el 48 % hace uso de este transporte por facilidad con el tráfico, el 35 % respondió que es a causa de no poseer automóvil, mientras que el 17 % concluyó que es debido por menos consumo de combustible.

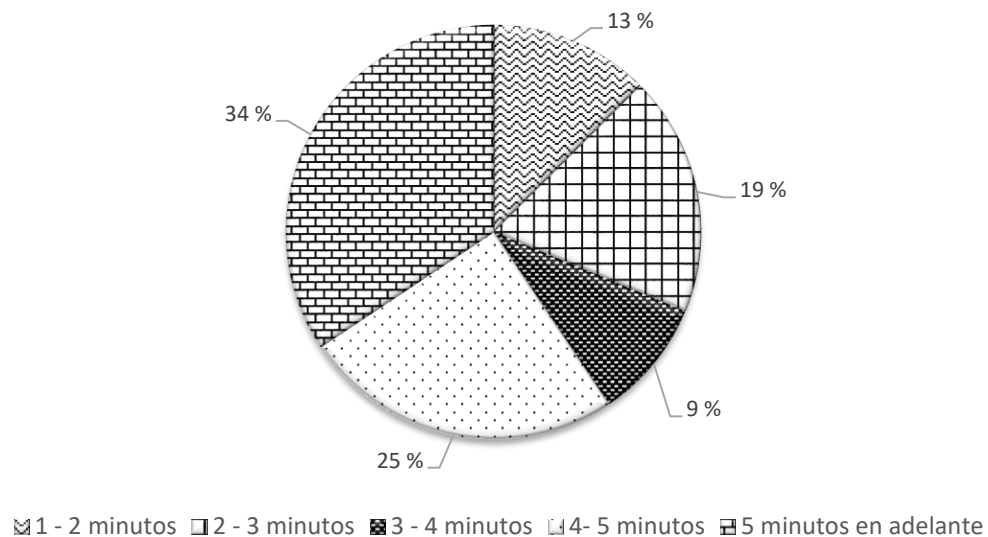
Figura 5. **¿Cuál era su tiempo promedio de viaje hacia el CUNORI?**



Fuente: elaboración propia.

En esta interrogante se deseaba determinar el tiempo promedio de viaje de los estudiantes, por lo que se obtuvo que el 25 % demora entre 5 y 10 minutos; el 31 % entre 10 y 20 minutos; el 8 % entre 20 y 30 minutos y un 36 % siendo la mayoría de 30 minutos en adelante, por lo que da la pauta que pueda deberse al tráfico que se genera en el centro de la ciudad ya que el Centro Universitario se encuentra localizado a un costado de la ruta CA-10 o puede que pertenezcan a otro municipio o departamento.

Figura 6. **¿Cuál era su tiempo promedio para estacionarse dentro del parque vehicular del CUNORI?**

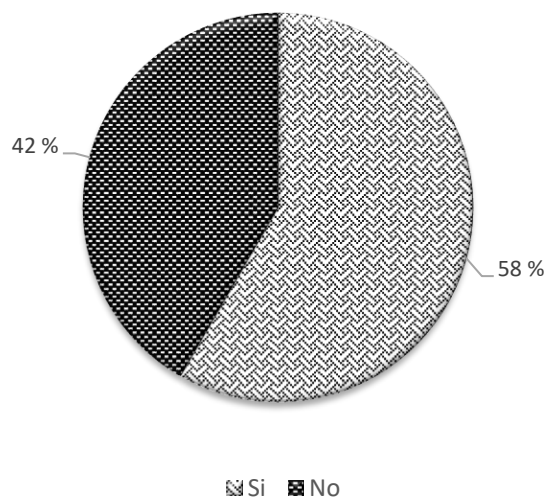


Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la interrogante de la Figura 6, se obtuvo que un 13 % tarda en estacionarse de 1 a 2 minutos; el 19 de 2 a 3 minutos; 9 % de 3 a 4 minutos; 25 % de 4 a 5 minutos y un 34 % de 5 minutos en adelante; debiéndose en su mayoría la tardanza por saturación del parqueo.

En las preguntas siguientes se centralizaban en descubrir la opinión de los encuestados con posibles soluciones para disminuir la emisión de gases del parqueo vehicular para posteriormente determinar su factibilidad.

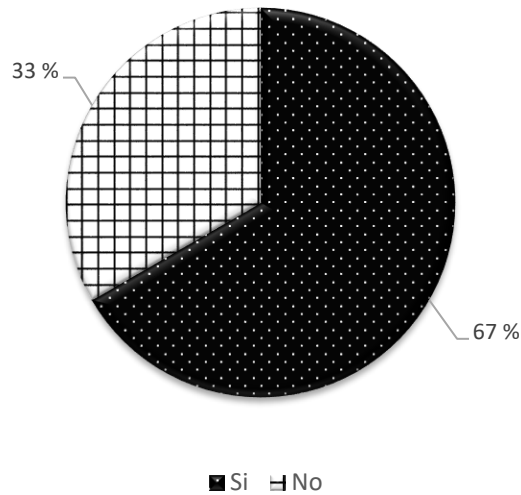
Figura 7. **¿Usaría el transporte público para movilizarse si el CUNORI proporcionara uno?**



Fuente: elaboración propia.

En esta propuesta, se obtuvo que el 58 % aceptaría utilizar el transporte público de proporcionar uno el CUNORI, y un 42 % lo rechazaba; dentro de las variadas propuestas se obtuvo que, si utilizasen el transporte de ser cómodo y accesible, agregando el ahorro con el combustible, mientras que otros manifestaron no lo usarían por la lejanía del hogar.

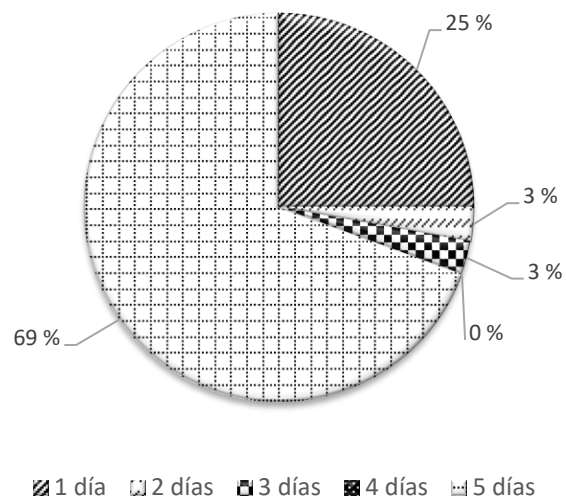
Figura 8. **¿Le gustaría que se implementara una ciclovía?**



Fuente: elaboración propia.

De los encuestados, se obtuvo un 67 % de positivismo, mientras que un 33 % se negó; dentro de las opiniones manifestadas, se tenía aceptación por beneficios ecológicos y al tráfico, y se tenía incredulidad debido a no se posee la cultura o se imposibilitaba por situaciones laborales.

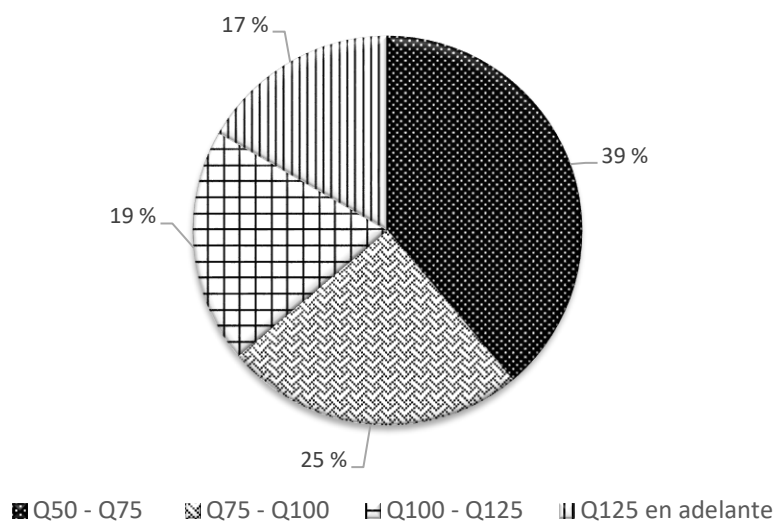
Figura 9. **¿Cuántos días a la semana frecuentaba la universidad?**



Fuente: elaboración propia.

De los días frecuentados por los estudiantes, la mayoría expresó que frecuentaban la universidad los cinco días de la semana, siendo el 69 %, mientras que un 25 % solamente un día; se considera que las personas que manifestaron ir un día a la semana pertenecen a plan fin de semana.

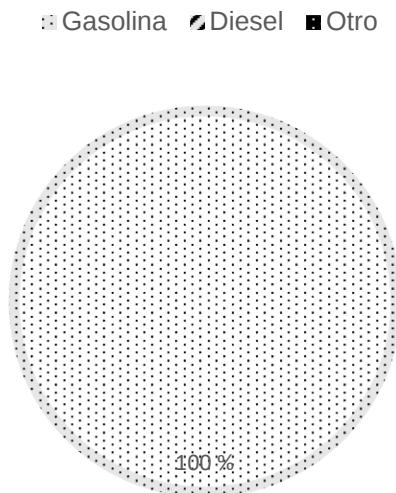
Figura 10. **¿Cuál era su gasto semanal aproximado en combustible?**



Fuente: elaboración propia.

Acerca del gasto de combustible, se obtuvo que un 39 % de población realiza un gasto de Q 50.00 a Q 75.00 semanalmente; el 25 % consume de Q 75.00 a Q 100.00; el 19 % de Q 100.00 a Q 125.00 y el 17 % restante de Q 125.00 en adelante.

Figura 11. **¿Qué tipo de combustible utiliza su vehículo?**



Fuente: elaboración propia.

Por último, se planteaba sobre el uso del tipo de combustible, y se obtuvo que el 100 % utilizó gasolina; su importancia radicaba sobre el tipo de emisión de gases a considerarse.

2.3. Método por aplicar para la estimación de GEI

Debido a que es necesario determinar la metodología a utilizar para la emisión de gases, debe cuantificarse el consumo de combustible dentro del parqueo, se estimó que el recorrido promedio dentro del parqueo vehicular es de 150 m, en el cual, para su definición, se consideraron los puntos más cortos y largos en el área definida del parqueo, ya que al final fue necesario el punto más crítico para dicha estimación.

En cuanto al consumo promedio de combustible de los vehículos, se tomó referencia de previas investigaciones, los consumos de unidad de distancia para un automóvil para estado de carga parcial o total de 0.02 m/l (Marchese y Golato, 2011) y para una motocicleta de 125 cc de 4 cuatro tiempos, un consumo teórico de 0.03 m/l (Aristizabal, Alonso, Gómez y Victoria, 2008).

Por tanto, realizando la conversión necesaria en l/m, se obtuvo para un automóvil un promedio de 6.42×10^{-5} l/m y para una motocicleta 2.70×10^{-5} l/m, de forma que en un recorrido promedio descrito se tiene:

Tabla IV. **Consumo vehicular en recorrido promedio**

Recorrido promedio - 150 metros	
Automóviles	Motocicletas
9.63×10^{-3} L	4.06×10^{-3} L

Fuente: elaboración propia.

Entonces, se definió el dato por recorrido y el promedio de vehículos por día, donde 220 vehículos pertenecían a los automóviles y 123 a las motocicletas, y de los días a utilizar el parqueo se haría uso de al menos 24 a lo largo de los 12 meses del año, se obtuvo:

Tabla V. **Consumo vehicular promedio**

	Automóviles (L)	Motocicletas (L)
Por día	2.11	0.50
Por mes	50.64	12.00
Por año	607.68	144.00
TOTAL	751.68 L	

Fuente: elaboración propia.

Teniendo todos los datos requeridos se procedió a definir el método para la cuantificación de GEI, siendo la metodología del IPCC ya que la ISO 14064 se basa principalmente en el análisis de informes sobre inventarios contenidos dentro de una organización y en este caso se careció de ellos.

En esta metodología, se hace mención sobre la combustión móvil y muestra su facilidad para el cálculo para distintas actividades terrestres, todo terreno o aéreo; por ello, es necesario iniciar con la selección del tipo de transporte para determinar la emisión de gases de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso según la distancia recorrida.

De acuerdo con la Tabla I perteneciente a la división detallada del sector transporte con código 1 A 3 sección b perteneciente a la de automóviles, se seleccionó *i1*, siendo automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales y *iv* estando como motocicletas.

Según el método, existen dos niveles de emisiones, el primero se fundamenta según el combustible quemado y factores de emisión promedio; el segundo es igual que el primero, con la excepción de que se utiliza el contenido de carbono específico del país del combustible vendido en el transporte terrestre. Para efectos de este estudio se hizo uso del nivel 1 por su idoneidad.

2.4. Estimación de emisiones

Para la determinación del dióxido de carbono se hizo necesario hacer uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Emisión} = \sum_a [\text{Combustible}_a \cdot \text{EF}_a]$$

Donde:

- Emisión = Emisiones de CO₂ (kg).
- Combustible_a = Combustible estimado, TJ.
- EF_a = Factor de emisión, kg CO₂/TJ.
- a = Tipo de combustible, gasolina.

Con base en la Tabla II con respecto a los factores de emisión de CO₂ por defecto, ya que, según la encuesta, el 100 % respondió utilizar gasolina, se ocupó 69,300 kg CO₂/TJ.

Primeramente, fue necesario realizar la conversión del combustible estimado por año a Terajoules:

$$\text{Combustible}_a = 751.68 \text{ L} \times 3.22 \times 10^{-5} \frac{\text{TJ}}{\text{L}} = 0.02 \text{ TJ}$$

Una vez con la conversión realizada, se sustituyeron valores de la ecuación de emisión:

$$\text{Emisión} = 0.02 \text{ TJ} \cdot 69,300 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}}$$

$$\text{Emisión} = 1,386 \text{ kg CO}_2$$

Posteriormente fue necesario estimar la emisión del metano y óxido nitroso haciendo uso de la misma ecuación de emisión, pero utilizando factores de emisión correspondientes a dichos gases tomándose de la Tabla III, por tanto, el primero se definió:

$$Emisión_{CH_4} = 0.02 \text{ TJ} \cdot 33 \frac{\text{kg } CH_4}{\text{TJ}}$$

$$Emisión_{CH_4} = 0.66 \text{ kg } CH_4$$

Mientras que para el óxido nitroso:

$$Emisión_{N_2O} = 0.02 \text{ TJ} \cdot 3.2 \frac{\text{kg } N_2O}{\text{TJ}}$$

$$Emisión_{N_2O} = 0.06 \text{ kg } N_2O$$

Entonces, para determinar la emisión de CO₂ equivalente, fue necesario hacer uso del factor de potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés) tomándose los valores del quinto reporte de evaluación del IPCC, debido a que son un reajuste según las emisiones globales generadas hasta el año 2010, tomando más confiabilidad por la cercanía a la actualidad, además de ser la última actualización, es por ello, que para el metano se hizo uso de 28 y para el óxido nitroso, 265.

Tabla VI. **Factores de Potencial de Calentamiento Global (GWP)**

Nombre común del gas	Fórmula química	Horizonte temporal de 100 años		
		Segundo reporte de evaluación (SAR)	Cuarto reporte de evaluación (AR4)	Quinto reporte de evaluación (AR5)
Dióxido de carbono	CO ₂	1	1	1
Metano	CH ₄	21	25	28
Óxido nitroso	N ₂ O	310	298	265

Fuente: Greenhouse gas protocol. *Global warming potencial values*. Consultado el 19 de septiembre de 2020.

Recuperado de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

Una manera de interpretar este potencial es, que, para una unidad de metano, equivale a 28 unidades de CO₂ en la atmósfera, pues la cantidad de masa de cada uno posee el mismo potencial de calentamiento global, facilitando la comprensión del impacto ambiental que ocasionan (Salazar, 2014).

Su determinación fue:

$$\begin{aligned} \text{kg CO}_2 \text{ eq} &= \sum (\text{m}_{\text{GEI}} * \text{GWP}) \\ \text{kg CO}_2 \text{ eq} &= (1,386 \cdot 1) + (0.66 \cdot 28) + (0.06 \cdot 265) \\ \text{kg CO}_2 \text{ eq} &= 1,420.38 \end{aligned}$$

Realizando la conversión a toneladas se obtuvo:

$$t \text{ CO}_2 \text{ eq} = 1.42$$

De donde el 64 % pertenece a los automóviles generando 0.91 *t CO₂ eq* y el 36 % a las motocicletas con 0.51 *t CO₂ eq*.

2.5. Desarrollo de medidas de mitigación

La reducción de los GEI se define como el efecto de las actividades realizadas para disminuir las emisiones producto de actividades antropogénicas que contribuyen a la mitigación del cambio climático (Melero, Quintero, y Galindo, 2013).

Uno de los objetivos del sector transporte a diferentes escalas es mejorar la eficiencia de los automóviles, la producción de combustibles limpios para reducir las emisiones por kilómetro recorrido y disminuir el uso este (Inturri y Ignaccolo, 2011).

De acuerdo con la entrevista realizada al encargado del parqueo vehicular, encuesta dirigida al estudiantado del CUNORI y posteriormente la estimación de los GEI realizada en el capítulo 2, se procedió a desarrollar medidas que contribuyan a mitigarlos por medio de un conjunto de acciones para la atenuación del impacto ambiental mediante el análisis de las causas que hoy en día ha generado cambios significativos en el medio.

A pesar de que el parqueo vehicular posee una pequeña dimensión a comparación de otros Centros Universitarios pertenecientes a la USAC, cumple con una de las funciones más vitales de las actividades que llevan a cabo los estudiantes, por ello se hace necesario atenderlo por medio de una visión futurista donde el objetivo fundamental sea la comodidad y el desenvolvimiento adecuado de las personas que día a día concurren en el lugar.

En tal sentido, de las estimaciones realizadas se tiene que el automóvil es el que mayor uso posee dentro del parqueo a comparación de las motocicletas, por ello se incentiva a que:

- Se comparta el vehículo con demás usuarios conocidos.
- Se mejore la distribución del parque vehicular actual.
- Se realice una proyección del parque vehicular debido al crecimiento de la población estudiantante que crece anualmente.
- Se realice una mejora en conjunto con el personal del parqueo vehicular en cuanto a la coordinación para acomodar los vehículos entrantes.
- Se adecúen itinerarios para no saturar el parqueo en ciertas horas del día.
- Se realicen pruebas de la implementación de una ciclovía.
- Promover la plantación de árboles en jurisdicción del Centro Universitario y darle seguimiento al proceso de desarrollo.
- Se implemente un bus eléctrico.

2.6. Determinación de propuestas

Un punto importante para el desarrollo de las ideas expresadas en el inciso anterior fue lo referido de los estudiantes encuestados por medio de las preguntas de la Figura 7 y Figura 8, en la que se solicitaba su opinión al respecto, originando la primera propuesta.

Para llevar a cabo cada una de las propuestas, es necesario el involucramiento y compromiso ambiental del personal administrativo para iniciar, dar seguimiento y concretarlo.

2.6.1. Propuesta uno: bus eléctrico

Una de las características principales de la ciudad de Chiquimula, es el intenso tráfico que posee en el área central, provocando que el tiempo de viaje de cualquier persona se prolongue más de lo habitual, generando a su vez mayor cantidad de gases de efecto invernadero.

De una de las preguntas formuladas en la encuesta, se preguntaba el por qué se utilizaba motocicleta y el 48 % respondió a la facilidad con el tráfico por lo que da una pauta para llevar a cabo la implementación de un bus eléctrico.

Haciendo una retrospectiva con la pregunta que hacía referencia a la utilización del transporte público de implementarlo el CUNORI, de las opiniones recibidas en la encuesta el 58 % estaba de acuerdo con esta medida, reforzando aún más esta conjetura.

Dentro de las consideraciones que deben tomarse en cuenta se tienen:

- Definir un recorrido de manera que los estudiantes que recurran a esta medida sepan donde tomarlo.
- El transporte que se ponga en funcionamiento cumpla con normas de seguridad y comodidad.
- Posea una tarifa que se encuentre al alcance del estudiantado.
- El vehículo por implementar reciba mantenimientos automotrices preventivos y predictivos para no recurrir a corto plazo a un correctivo.

2.6.2. Propuesta dos: ciclovia

La adaptación al cambio climático se refiere a transformaciones en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos proyectados o reales, o a sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, como la preventiva y la reactiva, la pública y la privada o la autónoma y la planificada (Waldron *et al.*, 2006).

Además, la adaptación permite redefinir las estrategias de desarrollo de manera tal que se busque disminuir la vulnerabilidad de la población; esta se ha vuelto de alta prioridad debido a que se espera que la tendencia al calentamiento global y los cambios en el clima continúen, sin que la mitigación a las emisiones de GEI cambie drásticamente la tendencia en un mediano plazo (Gobierno del Distrito Federal, 2008).

Si bien es cierto, se carece de cultura medio ambiental, las condiciones de cada ciudad varían, sin embargo, el común denominador que puede tenerse es la necesidad de crear un espacio para el desenvolvimiento de los individuos mejorando la calidad de vida por medio de hábitos saludables (Organización Panamericana de la Salud, 2009).

Las primeras ciclovías aparecieron en los años 60, extendiéndose paulatinamente a lo largo del continente, especialmente en ciudades Latinoamericanas, obteniéndose el mayor crecimiento en el nuevo milenio.

En la Figura 8, se hizo el planteamiento sobre la implementación de un ciclo vía, obteniendo resultados positivos, donde el 67 % estaba de acuerdo con la propuesta aduciendo lo beneficioso para el medio ambiente.

De los beneficios que se obtendrían de llevarla a cabo se tienen en cuenta:

- Disminución de un porcentaje la congestión vehicular dentro del Centro.
- Contribuir con la protección del medio ambiente.
- Mejorar la calidad del aire dentro de las instalaciones.
- Disminución de niveles de ruido.
- Promover el uso de medios alternativos de transporte.
- Promoción de empleo.
- Mejora en calidad de vida.

Ahora bien, para llevarla a cabo y garantizar su sostenibilidad, debe ser necesaria la coordinación del personal del CUNORI en conjunto con la Municipalidad de Chiquimula, ya que dichas rutas se encontrarían dentro de la ciudad, donde, cualquier ciudadano podría hacer uso de ellas, por tanto, sería necesario tener guías para el cuidado y orientación de quien lo necesite.

De las actividades que deben considerarse están:

- Verificación de flujos viales.
- Trazo preliminar de la ruta.
- Señalización de la ruta.

Una de las actividades que podría tomarse en cuenta también es el alquiler de bicicletas que ayude a mantener en buen estado la infraestructura utilizada.

2.6.3. Propuesta tres: cubierta verde

En los últimos años han sido una solución arquitectónica cada vez más utilizada en la cubierta de edificios comerciales, centros de trabajo y en viviendas en todo el mundo, todo a partir de la década de 1960; donde en algunas ciudades se hace de manera obligatoria la realización de estos, dado los múltiples beneficios medio ambientales que estas cubiertas aportan en el contexto urbano cada vez más contaminado (En estado crudo, 2020).

Figura 12. **Cubierta verde en edificación**



Fuente: Vertical magazine. *Cubierta vegetal: beneficios de una azotea verde*. Consultado el 14 de octubre de 2020. Recuperado de <https://verdticalmagazine.com/cubierta-vegetal/>.

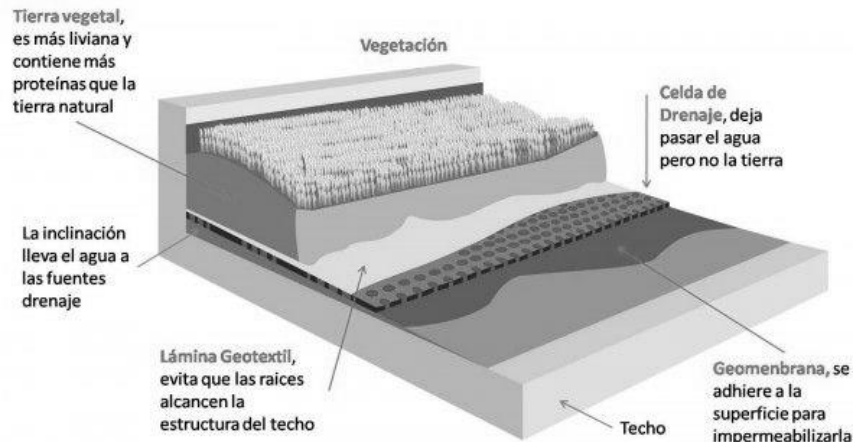
Un techo verde es un sistema que permite el crecimiento de vegetación en la cubierta de un edificio. La clave y lo que lo diferencia de la mera cubierta convencional, es el sistema de crecimiento de la vegetación que se integra en el

diseño de la edificación; también pueden mostrarse de diferentes formas, desde simples cubiertas con césped o musgo, hasta jardines que incorporen zonas de paseo, huertos urbanos, fuentes, entre otros.

En este sistema usualmente se ajusta a dos clasificaciones según su uso, siendo extensivo o intensivo; el primero se caracteriza en ser la elección más económica, ya que es de menor cuidado y más ligera, se compone regularmente de las plantas de género *sedum*, crasuláceas y suculentas. El segundo, se compone de una amplia gama de árboles, plantas y flores con una posibilidad de diseños casi ilimitados, su mantenimiento es como el de un jardín tradicional, requiere riego constante y fertilización, además debe contemplarse la carga estructural adicional de hasta 1,200 kg/m² (Toj, 2016).

De los elementos que lo componen, generalmente es un sistema integral conformado por diferentes materiales dispuestos a proteger el inmueble contra daños por la exposición al medio ambiente y a su vez promover el crecimiento de la vegetación.

Figura 13. Componentes de un techo verde



Fuente: Hildebrandt Gruppe. *¿Cómo funciona un techo verde?* Consultado el 22 de marzo de 2022. Recuperado de <https://www.hildebrandt.cl/como-funciona-techo-verde/>.

Dentro de las ventajas de esta propuesta se tienen:

- Permiten la regulación térmica del edificio de manera natural.
- Reducen el gasto económico en suministros para un ahorro energético.
- Purifican el aire, ya que las plantas generan oxígeno y captan el CO₂ durante la fotosíntesis y otros procesos metabólicos.
- Protegen la estructura de la cubierta.
- Permiten la creación y desarrollo de microhabitats contribuyendo a la biodiversidad.

2.6.4. Propuesta cuatro: campañas de concientización

Innumerables veces se ha hecho el llamado a la conciencia medio ambientalista, siendo necesario desarrollar enfoques en cuanto a la educación superior, dado que diariamente se transmiten conocimientos de diversa índole

según la carrera cursada, es preciso motivar para reaccionar ante los problemas medio ambientales con una base científica, proponiendo, creando, sofisticando según el punto de vista de cada uno, porque de alguna manera favorece a preservarlo para futuras generaciones (Peñañiel y Vallejo, 2018).

Dentro de los objetivos que pueden lograrse inculcando programas de educación ambiental son considerados:

- Equilibrar el enfoque para el tratamiento ambiental según cada carrera que se desarrolla en el Centro.
- Promover el conocimiento, la habilidad de solucionar problemas, investigación y evaluación de situaciones según los problemas existentes en el medio.
- Capacitar estudiantes que desempeñen un rol para la planificación de acciones que promuevan la conservación del medio ambiente.

Se considera idoneidad en la creación de un programa que se encargue de la realización de actividades medio ambientales a lo largo del año con todas las carreras del Centro y todas tengan una participación igualitaria, tratando de trascender en la idea del vínculo existente entre la naturaleza-sociedad (Peñañiel y Vallejo, 2018).

Las actividades podrían resumirse en la plantación de árboles en diferentes partes del departamento una vez se tenga pleno conocimiento del lugar; realizar actividades de reciclaje con los desechos generados en el Centro; la utilización adecuada de toda fuente lumínica artificial en los salones y demás; realizar

carpooling para la disminución de los gases e impartir charlas sobre la realidad del problema en el medio.

2.7. Comprobación de reducción de gases

Debido a que las propuestas han sido definidas, es necesario comprobar la viabilidad de cada una de acuerdo con su contribución en la disminución de gases.

2.7.1. Implementación de bus eléctrico

De lo expuesto en el inciso 2.6.1 se definió que un 58 % estaba de acuerdo de un bus eléctrico, por lo que si se asume que el 29 % de ellos hacen uso de esta propuesta se tendría:

La totalidad de la emisión de gases es de 1.42 t CO₂ eq por año, y el 29 % de la población total que hace uso del parqueo hace uso de este tipo de transporte, equivale a:

$$\text{Emisión reducida} = 1.42 \text{ t CO}_2 \text{ eq} * 0.29$$

$$\text{Emisión reducida} = 0.41 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

Por tanto, el porcentaje reducido de t CO₂ eq es de 29 %.

2.7.2. Implementación de una ciclovía

Anteriormente se expuso sobre el 67 % de positivismo en cuanto la implementación de una ciclovía, si se asume nuevamente que de este porcentaje

el 50 % hace uso de esta propuesta, donde, de concretarse la reducción sería anualmente:

$$\text{Emisión reducida} = 1.42 \text{ t CO}_2 \text{ eq} * 0.34$$

$$\text{Emisión reducida} = 0.48 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

Para esta propuesta, el porcentaje de t CO₂ eq es de 33.50 %.

2.7.3. Cubiertas verdes

Para el cálculo de esta propuesta, se tomó referencia del estudio realizado de Carretero (2012), donde según la tipología de su uso por metro cuadrado se estimó la capacidad absorbente; para un uso extensivo se definió 1.35×10^{-3} t CO₂ eq al año, y para un uso intensivo una cantidad de 0.04 t CO₂ eq al año.

En el Centro se encuentran dos tipos de cubiertas, una de tipo losa prefabricada y una segunda metálica, creyéndose más apta la primera por el tipo de carga además de considerar las elevadas temperaturas del lugar en ciertos meses del año, sería muy dificultoso desarrollarlas en la cubierta metálica (Tobar, 2017).

Tomando las consideraciones anteriores, se realizó una medición de las azoteas por medio de *Google Earth*, donde en los dos edificios considerados daba un total de 165.00 m² la superficie aprovechable.

Figura 14. Cubiertas verdes propuestas



Fuente: Google Earth. Consultado el 25 de octubre de 2020. Recuperado de
[https://earth.google.com/web/@14.80224497,-
89.53185204,375.99065022a,249.39847865d,35y,0h,0t,0r](https://earth.google.com/web/@14.80224497,-89.53185204,375.99065022a,249.39847865d,35y,0h,0t,0r)

Por tanto, si se considera un uso extensivo en estas cubiertas, se obtendría una estimación de:

$$\text{Emisión reducida} = 1.35 \times 10^{-3} \text{ t CO}_2 \text{ eq/m}^2 * 165.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Emisión reducida} = 0.22 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

Finalmente, el porcentaje reducido de t CO₂ eq es de 15.68 %.

2.8. Análisis de viabilidad económica

Se realizó un análisis de comparación de las propuestas definidas en cuanto a la inversión inicial de cada una, ingresos y egresos anuales, tomando un tiempo de vida útil de 10 años, debido a que la más crítica es el bus eléctrico por la relación entre costos de mantenimiento y el kilometraje recorrido diario.

Para el cálculo de la viabilidad económica se hizo uso de la fórmula:

$$VPN = -I + TA \left(\frac{P}{A, i, n} \right) - F * \left(\frac{P}{A, i, n} \right)$$

Siendo:

$$\left(\frac{P}{A, i, n} \right) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

Donde:

- VPN = valor presente neto, Quetzales
- I = Inversión inicial
- TA = Tarifa Anual,
- F = Costo de mantenimiento anual
- i = Tasa de interés
- n = Periodo de tiempo, 10 años

2.8.1. Costos contemplados para el bus eléctrico

Para llevar a cabo esta propuesta se determinó una inversión inicial de Q 1,140,000.00 de acuerdo con los precios publicados en el portal de Guatecompras por medio de la adquisición de dos buses eléctricos para el traslado del personal del MARN con NOG 7860978; la capacidad promedio de transportar pasajeros es de 24 a 40; un costo de mantenimiento anual cercanos a los Q 25,000.00; con respecto a la tasa de interés, se consultó las tasas promedio ponderadas de la cartera de créditos por actividad económica de la Superintendencia de Bancos de Guatemala (SIB), tomándose, 12.07 % del sector transporte.

Para el cálculo de la tarifa anual, se determinó que el cobro por su uso sea de Q 1.00, donde al día alrededor de 250 personas lo utilicen y mensualmente el bus se encuentre en servicio alrededor de 24 días, se tiene:

$$TA = \text{pasaje} * \text{No. de personas} * 24 \text{ días} * 12 \text{ meses}$$

$$TA = Q1.00 * 250 * 24 \text{ días} * 12 \text{ meses}$$

$$TA = Q 72,000.00$$

Sustituyendo valores de la fórmula del valor presente neto:

$$VPN = -Q 1,140,000.00 + Q. 72,000.00 \left(\frac{(1 + 0.1207)^{10} - 1}{0.1207(1 + 0.1207)^{10}} \right) - Q 25,000.00$$

$$* \left(\frac{(1 + 0.1207)^{10} - 1}{0.1207(1 + 0.1207)^{10}} \right)$$

$$VPN = -Q 889,634.42$$

2.8.2. Costos contemplados para la implementación de la ciclovía

Dentro de los costos necesarios para llevar a cabo la propuesta se consideró primeramente la infraestructura (señalización como inversión inicial) de Q 90,000.00:

Tabla VII. Costos de implementación de ciclovía

Núm.	Rubros	Mensual	Anual
1	Infraestructura (señalización)	Q 90,0000.00	Q 90,000.00

Continuación Tabla VII.

2	Recurso humano (2)	Q	2,825.00	Q	67,800.00
3	Capacitaciones a personal	Q	250.00	Q	750.00
4	Divulgación de programa	Q	1,800.00	Q	10,800.00
Total				Q	187,350.00

Fuente: elaboración propia.

De las consideraciones tomadas, para el rubro uno, se estimó una sola inversión contemplando estaciones y bicicletas como tal, trazo de ruta, señalización vial; para el recurso humano se tomó en cuenta al menos dos personas que se encuentren a cargo; del ítem 3, se evaluó la necesidad de capacitar al personal al menos tres veces anualmente; para la divulgación del programa, es de vital importancia para incentivar a la población para que participe en tal actividad por medio de concientización ambiental.

Para el cálculo de tarifa anual, se definió un cobro de alquiler de bicicletas para quienes quieran optar por esa condición, con una cantidad de al menos Q 2.00.

$$TA = \text{Pasaje} * \text{No. de personas} * 24 \text{ días} * 12 \text{ meses}$$

$$TA = Q 2.00 * 25 * 30 \text{ días} * 12 \text{ meses}$$

$$TA = Q 18,000.00$$

Sustituyendo valores para el valor presente neto:

$$VPN = -Q 187,350.00 + Q 18,000.00 \left(\frac{(1 + 0.1207)^{10} - 1}{0.1207(1 + 0.1207)^{10}} \right) - Q 5,000.00$$

$$* \left(\frac{(1 + 0.1207)^{10} - 1}{0.1207(1 + 0.1207)^{10}} \right)$$

$$VPN = -Q 114,107.09$$

2.8.3. Costos contemplados para las cubiertas verde

Para esta propuesta se considera que será una única inversión además de que el costo de mantenimiento será mínimo, se contempló:

Tabla VIII. Costos de implementación de cubiertas verdes

Núm.	Rubros	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total
1	Tubo de drenajes	Unidad	20	Q 27.00	Q 540.00
2	Capa de impermeabilización	M2	165	Q 105.00	Q 17,325.00
3	Membrana anti raíz	M2	165	Q 62.00	Q 10,230.00
4	Capa de drenaje	M2	165	Q 34.00	Q 5,310.00
5	Capa filtro	M2	165	Q 61.00	Q 10,065.00
6	Capa de sustrato	M2	165	Q 25.00	Q 4,125.00
7	Plantas	M2	165	Q 30.00	Q 4,950.00
Total					Q.52,545.00

Fuente: elaboración propia.

Entonces, para el mantenimiento se definió un monto de Q 1,500.00, siendo el valor presente neto:

$$VPN = -Q 52,545.00 + Q. 00.00 \left(\frac{(1 + 0.1520)^{10} - 1}{0.1520(1 + 0.1520)^{10}} \right) - Q 1,500.00$$

$$* \left(\frac{(1 + 0.1520)^{10} - 1}{0.1520(1 + 0.1520)^{10}} \right)$$

$$VPN = -Q 60,016.12$$

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En consecuencia, de las actividades realizadas para producir los resultados en el capítulo anterior, se dieron respuesta a los cuatro objetivos trazados inicialmente, haciendo uso de entrevistas, encuestas y cálculos; en esta sección, por tanto, se realizó un resumen enfocado en cada uno de ellos.

3.1. Tipo de transporte utilizado

Para la identificación del transporte utilizado por el estudiantado del Centro se hizo necesario el uso de una encuesta vía web por medio de la plataforma *Google Forms*, en el que primeramente fue necesario saber si se hacía uso del parque vehicular, posteriormente figuraba una pregunta del tipo de transporte utilizado para su movilización, con inclinación para el automóvil en un 64 % y para motocicletas un 36 %.

3.2. Cantidad de GEI emitido

Para esta estimación se tomó el recorrido promedio que podría tenerse dentro del área del parque vehicular, adicionalmente se hizo uso de consumos por el tipo de vehículo identificado para poder hacer uso posteriormente del método de la IPCC donde se proporcionaban tablas y fórmulas para la determinación de los GEI, en donde se obtuvieron los resultados:

Tabla IX. **Emisión de gases por tipo**

Emisión de gases Kg		
CO₂	CH₄	N₂O
1,386.00	18.48	15.90

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se determinó las *t CO₂ eq* por medio de los factores de potencial de calentamiento global utilizándose los del quinto reporte de la Tabla VI.

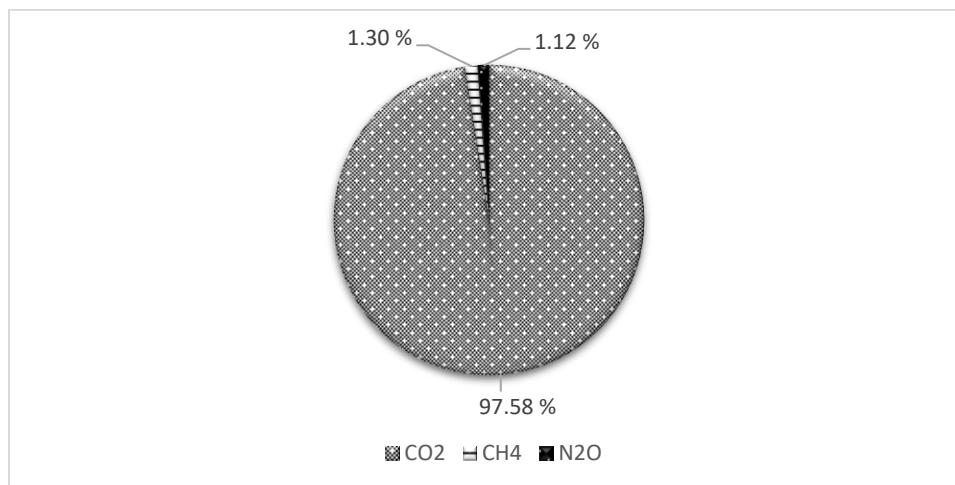
Tabla X. **Determinación de GEI en t CO₂ eq**

Nombre del gas	CO₂	CH₄	N₂O
Factor	1	28	265
Emisión	1386.00 kg CO ₂	0.66 kg CH ₄	0.06 kg N ₂ O
Resultado	1386.00 kg CO ₂ eq	18.48 kg CO ₂ eq	15.90 kg CO ₂ eq
Total	1.42 t CO ₂ eq		

Fuente: elaboración propia.

Entonces, su representación gráfica se define de la siguiente manera:

Figura 15. **Proporciones de GEI generados en parque vehicular**



Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la determinación de las t CO₂ eq se obtuvo un total de 1.42 t CO₂ eq respectivamente, perteneciendo 0.91 t CO₂ eq a los automóviles y 0.51 t CO₂ eq a las motocicletas.

3.3. **Desarrollo de propuestas y comprobación de reducción del 11 %**

Con relación a los GEI determinados se desarrollaron tres propuestas para su reducción, comprobándose además el porcentaje. Las propuestas desarrolladas fueron:

- Bus eléctrico
- Ciclovía
- Cubierta verde

En cada propuesta se definieron ventajas y la importancia de cada una de ellas para su aplicación además de reforzarlas con el punto de vista dado por el estudiantado del CUNORI.

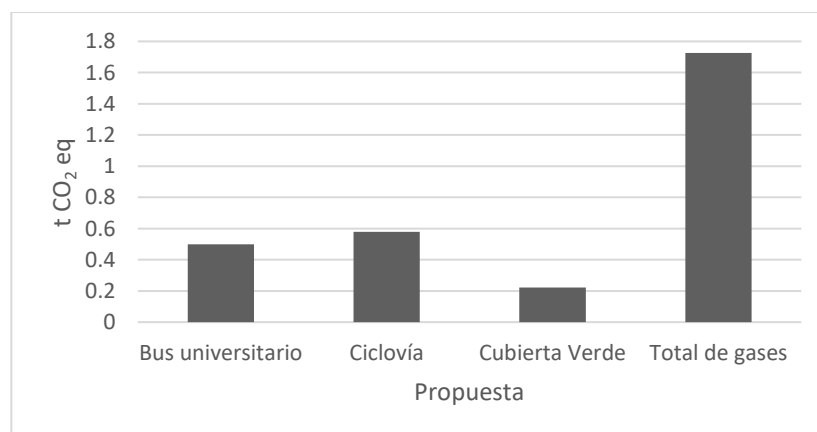
Para la estimación de la primera y segunda propuesta, fue determinada en función a las respuestas recibidas, asumiendo un 50 % de éxito y un 50 % de fracaso para cada una; para la tercera se estableció la emisión según los metros cuadrados disponibles en las cubiertas de los edificios, realizando la medición por medio de la plataforma de *Google Earth*. El porcentaje estimado de cada propuesta fue:

Tabla XI. **Porcentaje reducido de GEI según propuestas**

Propuestas	Bus eléctrico	Ciclovía	Cubierta Verde
Emisión reducida	0.41 t CO ₂ eq	0.48 t CO ₂ eq	0.22 t CO ₂ eq
Porcentaje	29.00 %	33.50 %	15.68 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Comparación gráfica de reducción de t CO₂ eq por propuesta**



Fuente: elaboración propia.

En la comprobación no se tomó en cuenta la propuesta de las campañas de concientización ya que, se cree que deben considerarse independientemente su factibilidad debido a las estadísticas de daño a los ecosistemas del mundo en la actualidad. Por tanto, es necesario crear ese pensamiento medio ambientalista en la educación superior para preservarlo.

3.4. Análisis económico de cada propuesta desarrollada

Para el desarrollo del análisis se hizo uso de la fórmula para estimar el valor presente neto, con un tiempo útil de 10 años para cada una, la tasa de interés utilizada fue tomada de la cartera de créditos por actividad económica de la superintendencia de Bancos de Guatemala con un porcentaje del 12.07 % para las propuestas del bus eléctrico y la ciclovía, mientras que para la cubierta verde se hizo uno del 15.20 %.

Tabla XII. Determinación de viabilidad económica por propuesta

Propuesta	Bus eléctrico	Ciclovía	Cubierta verde
Inversión inicial	Q 1,140,000.00	Q 187,350.00	Q 52,545.00
Tarifa anual	Q 72,000	Q 18,000.00	Q 0.00
Costo de mantenimiento anual	Q 25,000.00	Q 5,000.00	Q 1,500.00
Tasa de interés utilizada	12.07%	12.07%	15.20%
Periodo de tiempo	10 años	10 años	10 años
VPN	-Q 889,634.42	-Q 114,107.09	-Q 60,016.12

Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para iniciar con la obtención de información, se entrevistó a personas quienes desarrollan su labor en la coordinación del parque vehicular del Centro, identificando horarios factibles para realizar un conteo vehicular, siendo de 16:00 a 18:00 horas entre semana y el sábado de 6:30 a 8:00 horas; también se definió que el mes con mayor afluencia vehicular a lo largo del año siendo el de febrero, llevando así a cabo la recolección de datos según lo indicado.

Posteriormente se determinó un promedio de 343 vehículos diarios en el parqueo, donde fue utilizado el dato para la estimación de la muestra a encuestar de una población finita enfocada al estudiantado, precisando entonces una cantidad de 75 estudiantes; del número de repuestas obtenidas fue más que positiva ya que se recibieron 210, reduciendo el margen de error estimado del 10 % a un 4.2 %.

Es de resaltar que de todos los resultados obtenidos a lo largo del proceso, se tuvo mayor dificultad en la recolección de información por medio de la encuesta, ya que esta fue realizada meses posteriores luego de efectuar el conteo vehicular para la determinación de la muestra; ya que el Centro tuvo que cerrarse por la emergencia sanitaria COVID 19, por ello, se recurrió a la utilización de plataformas electrónicas en este caso *Google Forms*, aunado al hecho de que se tuvo que modificar la encuesta inicial y condicionar ciertas preguntas para obtener las respuestas que se requerían.

En la identificación del transporte, se obtuvo que un 64.00 % hace uso de automóvil y 36.00 % restante hace uso de motocicleta; esta pregunta fue

asociada a las preguntas de las figuras Figura 3 y Figura 4, ya que en la primera se preguntó sobre el posible por qué de la utilización del carro, señalando la mayoría por la lejanía lugar, y en esta segunda se confirmaba por el tiempo promedio de viaje, siendo mayor a 30 minutos, se cree por el hecho de viajar con mayor seguridad; sin embargo, para fines del estudio se necesitó definir para conocer qué tipo de vehículo emitía mayores GEI.

Con la información anterior, se continuó la estimación de GEI, en donde se usó un consumo por recorrido de 9.63×10^{-3} L para un automóvil y 4.60×10^{-3} L para la motocicleta, en donde el resultado por consumo anual según el tipo de vehículo fue de 607.68 L para el primero y 144.00 L para el segundo.

En los resultados de GEI se obtuvo 1.42 t CO₂ eq en total, donde, el 97.58 % lo representó el dióxido de carbono, 1.12 % para el metano y el 1.30 % para óxido nitroso, del cual, partiendo del tipo de vehículo, para un automóvil se estimó una emisión de 0.91 t CO₂ eq y para una motocicleta 0.51 t CO₂ eq.

De un estudio realizado en la ciudad de Cartagena en cuanto a las emisiones atmosféricas producidas por las motos y el transporte público, se determinó que el uso de motocicletas se ha incrementado de manera acelerada, ya que en el año 2016 señalaban que, durante el mes de mayo de los automotores registrados, el 55.60 % los representaban vehículos a dos ruedas, contribuyendo cerca del 80.00 % de las emisiones totales en ciudades y asentamientos (González, 2019).

Otro análisis fue realizado en la ciudad de Mexicali, de un inventario de emisiones a lo largo de 20 años con relación al transporte, en el que para el año de 1980 se emitieron 1,325,759.17 t CO₂ eq y para el 2012 se tuvo un total de contaminantes de 2,931,802.07 t CO₂ eq representó un aumento alarmante de al

menos 45 %; con respecto a la misma alza, se hizo una proyección para el año 2042 en donde las emisiones de t CO₂ eq podrían alcanzar 3,970,678 (Melero *et al.*, 2013).

Con base en lo anterior, se desarrollaron tres propuestas para contrarrestar un porcentaje de la totalidad de los GEI emitidos, en el cual la propuesta del bus eléctrico se comprobaba una reducción de 0.41 t CO₂ eq representando un 29.00 % de la totalidad que se estimó, por otra parte, en la implementación de la ciclovía 0.48 t CO₂ eq siendo un 33.50 %, mientras que es una cubierta verde se obtuvo un 0.22 t CO₂ eq significando un 15.68 %.

De acuerdo con estos resultados, con respecto a las emisiones reducidas, se decidió que la propuesta con mayor factibilidad por la reducción de gases es la de la ciclovía, con esto se agrega el hecho de que las emisiones que pueden disminuir no solo pueden ser del Centro Universitario, sino dentro del casco urbano, ya que sería una vía abierta a todo público de llevarse a cabo.

Por otro lado, también se recalcó la idea de que, aunado a la propuesta de la ciclovía, también se lleven anualmente actividades o campañas de concientización dentro del Centro, alentando a la participación de las carreras que integran el CUNORI como parte de los esfuerzos para la conservación del medio ambiente.

Finalmente se llevó a cabo un análisis de viabilidad económica con respecto a las tres propuestas definidas; para la propuesta del bus eléctrico se definió una inversión inicial de Q 1,140,000.00 con base a los precios de mercado que se manejan en el medio, y por pertenecer a actividades de transporte se definió una tasa de interés del 12.07 %, en cuanto a la tarifa anual se propuso un costo mínimo de Q 1.00 para su utilización, definiendo un total de ingreso de

Q 72,000.00 y un costo anual de mantenimiento de Q 25,000.00, donde el resultado fue de –Q 889,634.42.

Para la propuesta de la ciclovía se definió una inversión inicial de al menos Q 187,350.00 utilizando el mismo porcentaje de tasa de interés que del bus eléctrico, además en esta idea, se definió una tarifa de Q 2.00 para aquellos que quieran alquilar una bicicleta o quienes posean una, hacer uso de ella sin ningún costo, sin embargo, se consideró una tarifa anual de Q 18,000.00 y un mantenimiento mínimo de Q 5,000.00, en el que se obtuvo un resultado de –Q 114,107.09.

En cuanto a las cubiertas verdes se contempló un monto de inversión única de Q 52,545.00, se hizo uso de un porcentaje de tasa de interés de 15.20 %; no se consideró tarifa anual por solo permanecer en el techo, con un mantenimiento mínimo anual de Q 1,500.00 obteniendo una cantidad de –Q 60,016.12.

De las tres propuestas la que mayor ventaja posee es la de cubiertas verdes, sin embargo, en cuanto a la disminución de los GEI solo representan un 15.68 % de reducción. Al realizar la comparación económica, ninguna parece ser de carácter factible, pero se recordó que el propósito de cada una de ellas gira entorno en comenzar a realizar esfuerzos para conservar y preservar el medio ambiente asociado al hecho de otorgar otras oportunidades de transporte para aquellos que no cuentan con uno y para quienes sí disponen, mantener latente la oportunidad de utilizarlos, facilitando medios.

CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron tres propuestas que contribuyen en la reducción de gases de efecto invernadero GEI en el parque vehicular del CUNORI, siendo la primera un bus eléctrico con un porcentaje de disminución de 29.00 %, la segunda la implementación de una ciclovia con un porcentaje de 33.50 % e implementación de cubiertas verdes con 15.68 %, en cumplimiento con los compromisos internacionales adquiridos en la CMNUCC.
2. Se identificó el tipo de transporte utilizado por la población estudiantil del CUNORI, siendo el 64.00 % de automóviles y 36.00 % de motocicletas.
3. Se estableció la cantidad de GEI en el parque vehicular del CUNORI, donde para el dióxido de carbono se obtuvo 1386.00 kg CO₂ eq, para el metano 18.48 kg CO₂ eq y para el óxido nitroso 15.90 kg CO₂ eq con un total de 1,420.38 kg CO₂ eq.
4. Se definieron medidas de mitigación que desarrollaron las propuestas a implementarse logrando reducir un 11 % de la emisión de GEI, donde estas fueron: mejorar la distribución del parque vehicular actual; realizar proyecciones del parque vehicular debido al crecimiento anual de la población estudiantil; realizar mejoras en conjunto con el personal del parqueo vehicular en cuanto a la coordinación para el acomodamiento de los vehículos entrantes; realizar pruebas de implementación de ciclovia; implementación de bus eléctrico.

5. Se realizó un análisis de factibilidad económica de acuerdo con las propuestas definidas, en el cual, en el bus eléctrico se obtuvo un resultado de –Q 889,634.42, la ciclovía un monto de –Q 114,107.09 y las cubiertas verdes de –Q 60,016.12.

RECOMENDACIONES

1. Dentro de los esfuerzos más pronto a realizar, debe efectuarse una redistribución de los espacios en el parqueo vehicular, así como coordinación con el personal encargado del área para disminuir el tiempo de espera para ingresar al Centro.
2. Gestionar la propuesta de la ciclovía en conjunto con la Municipalidad de Chiquimula para mayor facilidad y viabilidad del proyecto y beneficiar no solo a los estudiantes sino a la población en general.
3. De llevarse a cabo la ciclovía o cualquier otro de los propuestos, considerar paralela la implementación de campañas de concientización al estudiantado del Centro, para formar personas con pensamiento crítico medio ambientalista.
4. Al Centro Universitario posibilitar la idea de gestionar una donación para llevar a cabo la propuesta que mayor viabilidad posee en cuanto a la disminución de GEI o una combinación de las propuestas.
5. Llevar a cabo un análisis económico más profundo en cuanto al periodo de retorno para verificar entonces gastos de reposición y costo/beneficio comparándolo a otros proyectos ambientales.
6. Realizar un análisis en meses distintos del año, para llevar a cabo una comparación posterior en el comportamiento vehicular del CUNORI.

REFERENCIAS

1. Abadia, J. (marzo, 2015). *Cálculo de la huella de carbono*. Colegio Oficial Arquitectos de Madrid. Recuperado de https://www.coam.org/store.web/CURSOS_IA/2015/CUR_PDF/2159.pdf.
2. Aguilar, J., Echániz, G., Sandoval, P., Garibay, V., Iniestra, R., Allen, J., y Tejada, D. (2007). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas*. México: IEPSA. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=8B9ldJhkvjoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
3. Ahlonsou, E., Ding, Y., y Schimel, D. (2001). The Climate System: An Overview. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-01.pdf>.
4. Aristizabal, G., Alonso, W., Gómez, T., y Victoria, M. (Noviembre de 2008). Estimación de la emisión de contaminantes por motocicletas en el Valle de Aburra. 75(156), 241-250. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49612071025.pdf>.
5. Arturo, L. D. (2013). *Diseño de la investigación para la reducción y mitigación de la huella de carbono de los procesos de admisión y*

graduación de la FIUSAC (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

6. Ballester, F., Tenías, J. M., y Pérez-Hoyos, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. 73.
7. Carretero, J. M. (septiembre, 2012). El uso de las cubiertas verdes como reducción de la huella de carbono por absorción vegetal. Caso de Villaverde. 49.
8. Chinchilla, J. (junio, 2016). *Diario La Hora*. Recuperado de <https://lahora.gt/cambio-climatico-la-tributacion-guatemala/>.
9. Christy, J., Clarke, R., Gruza, G., Jouzel, J., Mann, M., Oerlemans, J., y Wang, S. (2001). *Observed Climate Variability and Change*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-02.pdf>.
10. En estado crudo. (enero, 2020). *En estado crudo*. Recuperado de <https://www.enestadocrudo.com/techos-verdes/>.
11. Flores, J. (1997). *Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios*. Universidad Autonoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas, México D.F.
12. García, R. (2001). *Combustión y combustibles*. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51315812/Combustion_y_combustibles-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647448970&Signature=GuXgNGd30ILzt9-

xPwTcwb~2tGKAd9mGXfyWL4luiRHkM9OXh6EaQgvT0Rusoj5M9S
TEMgXx3Orr6UcpsCV38yHjFdRK5yUw9zgu-c~sjf7FO8nP-
iSWhwKv8fMgaYgF4Y.

13. Gobierno de Guatemala. (noviembre, 2018). Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. *Comunicado de prensa*. Recuperado de <file:///F:/SEMINARIO%20II/Estrategia%20nacional%20de%20desarrollo%20con%20bajas%20emisiones%20de%20gei.pdf>.
14. Gobierno del Distrito Federal. (2008). Programa de Acción Climática de la Ciudad de México. México: Autor.
15. González, M. (2019). *Estimacion de emisiones atmosféricas producidas por las motos y el transporte público en Cartagena - Colombia*. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena. Recuperado de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0074594.pdf>.
16. Google Earth. (s.f.). *Google Earth*. Recuperado de <https://earth.google.com/web/@14.80224497,-89.53185204,375.99065022a,249.39847865d,35y,0h,0t,0r>.
17. Greenhouse gas protocol. (2013). *Global warming potencial values*. Recuperado de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf.
18. Hilario, N. (2017). *Emisiones contaminantes de vehiculos del distrito de Huancayo* (Tesis doctoral), Universidad Nacional del Centro del Perú, Escuela de Postgrado, Perú.

19. Hildebrandt Gruppe. (s.f.). *¿Cómo funciona un techo verde?* (G. v. planeta, Editor) Recuperado de <https://www.hildebrandt.cl/como-funciona-techo-verde/>.
20. Ihobe S.A. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1: 2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizacion*. Gobierno Vasco, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca.
21. Inturri, G., y Ignaccolo, M. (2011). The role of transport in mitigation and adaptation to climate change impacts in urban areas. *Resilient Cities: Cities and adaptation to climate*.
22. Jorquera, H., Montoya, L., y Rojas, N. (2019). Urban Climates in Latin America. doi:10.1007/978-3-319-97013-4_7.
23. Marchese , R., &y Golato, M. (junio, 2011). El consumo de Combustible y Energía en el Transporte. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Golato2/publication/290484381_El_Consumo_de_Combustible_y_Energia_en_el_Transporte/links/5bc9f003299bf17a1c606b35/EI-Consumo-de-Combustible-y-Energia-en-el-Transporte.pdf.
24. Melero, A., Quintero, M., y Galindo, M. (2013). Análisis de las estrategias de mitigación y adaptación del sector transporte en la ciudad de Mexicali. *SciELO Analytics*, 14(28). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-69612013000200004.

25. Menéndez, G. E. (2015). *Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero dióxido de carbono, metano y óxido nitroso; generadas por combustibles en el proyecto minero cerro blanco en la etapa de construcción, ubicado en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.* (Tesis de licenciatura), Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario De Oriente, Chiquimula.
26. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Diagnostico del Marco Jurídico ambiental guatemalteco en los temas de derechos de propiedad sobre bienes y servicios ambientales y elementos de cambio climático vinculados a REDD+ en el marco del Decreto 7-2013.* Guatemala: Autor.
27. Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Política energética 2019 - 2050.* Guatemala: Autor.
28. Muñoz, A., Paz, J., y Quiroz, C. (octubre, 2007). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 25, 85-94.
29. Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Manual para implementar y promocionar la Ciclovía Recreativa.* Bogotá, Colombia. Recuperado de https://cicloviarecreativa.uniandes.edu.co/espanol/images/anexos/CICLOVIASmanual_espanol.pdf.
30. Peñafiel, M. E., y Vallejo, A. B. (octubre, 2018). Educación ambiental en las universidades, retos y desafíos ambientales. *DELOS Desarrollo*

Local Sostenible. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/delos/32/magaly.html>.

31. Quintana, C. (1996). *Elementos de inferencia estadística*. San José: Universidad de Costa Rica. Recuperado de: https://books.google.co.cr/books?id=YsWPLU5_GpMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false.
32. Ramanathan, V., y Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.063.
33. Rypdal, K., Eggleston, S., Goodwin, J., Irvin, W., Penman, J., y Woodfield, M. (s.f.). *Introducción a las directrices de 2006*.
34. Saavedra, J. (2014). *Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
34. Salazar, I. A. (2014). *Estimación de la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos por una empresa de equipos de refrigeración* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
36. Tobar, M. H. (2017). *Estudio de factibilidad e implementación de prototipos de techo verde* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

37. Toj, D. J. (2016). *Propuesta de una guía para la planificación, diseño e instalación de un techo verde (Tesis de licenciatura)*. Universidad de San Carlos De Guatemala, Guatemala.
38. Vela, E. (2017). *Propuesta de reducción de gases de efecto invernadero mediante medición de huella de carbono en la operación de transportes Sánchez Polo del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
39. Vertical magazine. (agosto, 2019). *Vertical magazine*. Recuperado de <https://verdticalmagazine.com/cubierta-vegetal/>.
40. Waldron, C., Harnisch, J., Lucon, O., Mackibbon, S., Saile, S., Wagner, F., & Walsh, M. (2006). *Combustión Móvil, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero*. IPCC. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf.

APÉNDICES

Apéndice 1. Preguntas realizadas en entrevista

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Energía y Ambiente



1. ¿Cuál es el promedio de automóviles que ingresan diariamente al parque vehicular?
2. ¿Cuál es el promedio de motocicletas que ingresan diariamente al parque vehicular?
3. ¿En qué horario existe mayor afluencia de vehículos en el parqueo?
4. ¿Cuáles son los días con mayor afluencia vehicular?
5. ¿Qué mes es el que posee mayor afluencia de vehículos?
6. ¿Cuántas motocicletas ingresan diariamente en el parque vehicular?
7. ¿El espacio designado al parqueo, abastece la necesidad vehicular?
8. ¿Cuántos espacios para parqueos de vehículos se encuentran existentes?
9. ¿Cuántos espacios para parqueos de motocicletas se encuentran existentes?
10. ¿Qué carreras son las más influyentes para el uso del parqueo?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Preguntas realizadas en encuesta

Sección 1 de 8

Uso vehicular del parqueo en el Centro Universitario de Oriente -CUNORI-

✕ ⋮

Esta encuesta está enfocada para lograr determinar la emisión de Gases de Efecto Invernadero -GEI- del parqueo vehicular del CUNORI en época de normalidad, por lo que se le agradece ser lo más objetivo al responder.

¿Hacía uso del parqueo vehicular?

*

☐ Si

☐ No

Sección 2 de 8

Título de la sección (opcional)

✕ ⋮

Descripción (opcional)

1. ¿De los siguientes tipos de transporte, cual utilizaba para movilizarse hacia la universidad?

☐ Automóvil

☐ Motocicleta

Continuación apéndice 2.

Sección 3 de 8

Uso automóvil

Descripción (opcional)

2. ¿Por qué hacía uso de automóvil y no motocicleta?

☐ No poseo motocicleta

☐ Lejanía del hogar

☐ Comodidad

Sección 4 de 8

Uso motocicleta

Descripción (opcional)

3. ¿Por qué hacía uso de motocicleta y no automóvil?

☐ No poseo automóvil

☐ Facilidad con el tráfico

☐ Menos consumo de combustible

Continuación apéndice 2.

Sección 5 de 8

Título de la sección (opcional)

Descripción (opcional)

4. ¿Cuál era su tiempo promedio de viaje hacia el CUNORI?

☐ 5 - 10 minutos

☐ 10 - 20 minutos

☐ 20 - 30 minutos

☐ 30 minutos en adelante

5. ¿Cuál era su tiempo promedio para estacionarse dentro del parque vehicular del CUNORI?

☐ 1 - 2 minutos

☐ 2 - 3 minutos

☐ 3 - 4 minutos

☐ 4 - 5 minutos

☐ 5 minutos en adelante

Continuación apéndice 2.

Sección 6 de 8

Título de la sección (opcional)

Descripción (opcional)

6. ¿Usaría el transporte público para movilizarse si el CUNORI proporcionara uno?

☐ Si

☐ No

Explique

Texto de respuesta breve

Sección 7 de 8

Título de la sección (opcional)

Descripción (opcional)

7. ¿Le gustaría que se implementara una ciclo-vía?

☐ Si

☐ No

Explique

Texto de respuesta breve

Continuación apéndice 2.

Sección 8 de 8

Título de la sección (opcional)

Descripción (opcional)

8. ¿Cuántos días a la semana frecuentaba la universidad?

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

9. ¿Cuál era su gasto semanal aproximado en combustible?

☐ Q50 - Q75

☐ Q75 - Q100

☐ Q100 - Q125

☐ Q125 en adelante

10. ¿Qué tipo de combustible utiliza su vehículo?

☐ Gasolina

☐ Diesel

☐ Otro

Act

Fuente: elaboración propia.