



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Determinación de la Huella de Carbono del Consumo de
Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur
S.A.C. en Lima de los Años 2019 - 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Barrientos Vargas, Elvis Junior (ORCID: 0000-0002-9528-221X)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A toda mi familia que estuvo apoyándome incondicionalmente, y de manera especial a mi madre Julia por su amor, trabajo y sacrificio.

AGRADECIMIENTO

A dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y constancia para culminar con éxitos mis metas.

Agradezco también a mi familia por ser un pilar fundamental, por su apoyo constante ante las adversidades.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1 Tipo y diseño de investigación	16
3.2 Variables y operacionalización.....	17
3.3 Población, muestra y muestreo.....	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5 Procedimientos	19
3.6 Método de análisis de información.....	19
3.7 Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIONES	34
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS	44
Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables	
Anexo 2: Instrumento de recolección de datos	
Anexo 3: Consentimiento informado	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de las fuentes de emisión directa de GEI de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.	23
Tabla 2. Métricas de las emisiones de gases.....	24
Tabla 3. Consumo de combustible líquido (en galones).....	25
Tabla 4. Consumo de combustible líquido (en litros).....	25
Tabla 5. Factores de emisión de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O para transporte terrestre	26
Tabla 6. Emisión de GEI por uso de combustible – año 2019.....	27
Tabla 7. Emisión de GEI por uso de combustible – año 2020.....	28
Tabla 8. Emisión de GEI por uso de combustible – año 2021.....	29
Tabla 9. Medidas relativas a la “Gestión responsable en el transporte de pasajeros y de carga”	31
Tabla 10. Medidas relativas a la “Campaña de prácticas de conducción eficiente”	32
Tabla 11. Medidas relativas al “Aprovechamiento de las tecnologías existentes”.32	
Tabla 12. Huella de carbono del consumo de combustible líquido de la empresa Transporte Cruz Del Sur S.A.C. 2019-2021	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de la investigación.....	19
Figura 2. Estrategias para la reducción de las emisiones de la GEI de la empresa.....	32

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los años 2019 – 2021. Para ello, se propuso un estudio de tipo aplicado, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental – longitudinal, en el cual se ha empleado el análisis documental y la observación directa con la aplicación de una ficha de recolección de datos fundamentada en la metodología GHG Protocol. Los resultados del estudio comprueban que la fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. es el consumo de combustible líquido, siendo los niveles de emisión de 174,489.60 tCO₂eq para el año 2019, de 69,895.35 tCO₂eq para el año 2020 y de 70,876.49 tCO₂eq para el año 2021. Se concluye que la huella de carbono asociada al consumo de combustible líquido de la empresa se redujo entre 2019 y 2020 en 59.94%, observándose un ligero incremento de 1.94% entre 2020 y 2021, por lo que se propusieron tres medidas de reducción de las emisiones de gases de efectos invernadero.

Palabras clave: huella de carbono, CO₂, sector transporte, eficiencia energética.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the Carbon Footprint of the Liquid Fuel Consumption of the Company Transportes Cruz Del Sur S.A.C. in Lima from 2019 - 2021. For this, an applied-type study was proposed, quantitative approach, descriptive level and non-experimental-longitudinal design, in which documentary analysis and direct observation with the application of a data collection sheet based on the GHG Protocol methodology. The results of the study prove that the source of direct greenhouse gas emissions from the company Transportes Cruz Del Sur S.A.C. is the consumption of liquid fuel, with emission levels of 174,489.60 tCO₂eq for the year 2019, 69,895.35 tCO₂eq for the year 2020 and 70,876.49 tCO₂eq for the year 2021. It is concluded that the carbon footprint associated with the consumption of liquid fuel of The company was reduced between 2019 and 2020 by 59.94%, observing a slight increase of 1.94% between 2020 and 2021, for which three measures to reduce greenhouse gas emissions were proposed.

Keywords: carbon footprint, CO₂, transport sector, energy efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Las necesidades de movilización actuales, en especial en rutas interurbanas, requiere del uso de vehículos pesados que se mueven continuamente y funcionan con motores diésel, los cuales tienen un gran impacto en el medio ambiente al emitir una gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), que son causantes del cambio climático (Córdova-Suárez et al., 2020, p.1). Sin embargo, las restricciones impuestas para contener el contagio del Covid-19 en el año 2020, limitaron el desplazamiento de las personas, con lo cual se redujo la cantidad de unidades de transporte que se movilizaban constantemente, previéndose una reducción en la emisión de GEI (Lahcen et al., 2020, p.731), requiriéndose estudiar esta realidad para la empresa Transportes Cruz del Sur S.A.C.

En particular, la emisión de GEI a nivel mundial creció aceleradamente entre 2009 y 2018, al pasar de 39,846,770 a 45,873,850 kt de equivalente de CO₂, a una tasa de crecimiento promedio de 1.51% anual (Banco Mundial, 2018,s.p.). Al respecto, se estima que el 25% de esta emisión recae en el sector transporte, el cual concentra casi la mitad del consumo de combustibles fósiles en el mundo; por ello en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2009, se ha considerado la regulación de esta actividad como un desafío para contener el cambio climático (Bharadwaj et al., 2017, p.3535).

En el caso del Perú, la tasa de crecimiento en la emisión de GEI entre 2009 y 2018 fue de 1.93%, pasando 80,650 a 96,280 kt de equivalente de CO₂, expresando un ritmo de aceleración mayor que el promedio mundial (Banco Mundial, 2018, p.58). Ante esta situación, el país ha elevado su meta de reducción de GEI de 30% a 40% para el año 2030, tratando de evitar el impacto del cambio climático, lo cual ha generado la pérdida del 53% de sus glaciares tropicales, el cual es el sistema de glaciares de este tipo más grande del planeta y se ubica en lo más alto de los Andes (Diario Gestión, 2020, s.p.).

Por su parte, el sector transporte nacional ha crecido en promedio en un 5% entre 2015 y 2020, incrementándose notablemente su contribución en la generación de GEI, con una participación del 26% de las emisiones nacionales del año 2020 y su

respecto efecto negativo en la salud de las personas, en el deterioro del ambiente y en la economía, calculándose que para el 2030, el Producto Bruto Interno (PBI) real, sea inferior en un 6.8% al que se podría obtener sin el cambio climático; es por ello que, se han adoptado medidas para reducir esta emisión (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020, p.59).

Para tal fin, es necesario que las empresas del sector realicen una estimación precisa de la emisión de los GEI que se generan, lo cual es esencial para el establecimiento de las políticas justas y de procedimientos que permitan fijar y hacer cumplir las medidas de control que se impongan. Además, la documentación de la huella de carbono en todos los niveles, permite el cambio de conciencia de sus trabajadores, ayudando a las empresas a ser más eficientes energéticamente y promoviendo acciones hacia el uso de energía de carbono bajo o nulo (Li et al., 2017, p.1051).

Lo anterior resulta en una acción fundamental, en el marco de la nueva normalidad que se ha generado con el levantamiento de algunas de las restricciones del Covid-19, que se han enfocado en la recuperación económica. Es así que, si bien se ha estimado una reducción de la emisión de GEI a nivel mundial por la pandemia, también se ha previsto un efecto rebote en la generación de dichos gases, como consecuencia del proceso de reactivación, cuya afectación puede ser aún mayor para el ambiente y los seres humanos. En este sentido, ineludiblemente, las empresas (incluidas las de transporte) deben propiciar acciones para evitar esto, entre ellas realizar el respectivo monitoreo continuo (Lahcen et al., 2020, p.732).

Desde el punto de vista teórico, esta investigación contribuye en un debate más amplio sobre la sostenibilidad de combustibles que utiliza el sector transporte peruano, el cual requiere de un nuevo enfoque en la evaluación de sus emisiones de gases de efecto invernadero para incidir sobre su eficiencia energética (Ližbetin et al., 2018, p.2). Por otro lado, en el marco de la reactivación económica luego del levantamiento de la mayoría de las restricciones por el Covid-19, resulta imprescindible discutir sobre la necesidad de dejar evidencia cuantitativa en materia de cambio climático, respecto a estas decisiones de políticas (Lahcen et al., 2020, p.731).

En cuanto a lo metodológico, esta investigación ayuda en la mejora de la aplicación de la metodología GHG en una empresa dedicada al sector transporte, lo cual permite identificar indicadores de emisión de GEI específicos atinentes a esta actividad productiva, que podrán ser replicados en otras investigaciones (Bharadwaj et al., 2017, p.3536; Lahcen et al., 2020, p.731).

Por otro lado, en términos económicos esta investigación contribuye a mejorar la eficiencia energética de la empresa, con la premisa de que hacer un uso más responsable del combustible, involucra no sólo una reducción de los agentes contaminantes, sino que reduce los costos en entidades como las de transporte, que son intensivas en el uso de estos materiales (Bharadwaj et al., 2017, p.3537). Además, representa una alternativa de modernización de las unidades de transporte, visto que como destacan Córdova-Suárez et al. (2020), los vehículos en mal estado, de uso prolongado o de tecnologías anteriores, son los que más consumen combustibles (más contaminantes), siendo necesario su reposición (p.2).

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuál es el cálculo de la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los años 2019 - 2021? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuál es la fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.?
- **PE2:** ¿Cuál es el nivel de consumo de combustible fósil de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.?
- **PE3:** ¿Cuál es el nivel de emisión de gases de efectos invernadero liberado a la atmósfera de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.?
- **PE4:** ¿Cuáles son las medidas de reducción de las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) en la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.?

El objetivo general fue determinar la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los años 2019 - 2021. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Identificar la fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.
- **OE2:** Determinar el consumo de combustible fósil de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.
- **OE3:** Cuantificar el nivel de emisión de gases de efecto invernadero liberado a la atmósfera de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.
- **OE4:** Determinar las medidas de reducción de las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) en la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

II. MARCO TEÓRICO

Entre los **antecedentes nacionales**, se tiene el estudio de Rodríguez (2021) quien evaluó la incidencia del consumo de combustible en la huella de carbono en la ciudad de Moyobamba, haciendo uso del método de observación directa en campo y de la encuesta para la recopilación de información de 50 vehículos que transitaban por esta ciudad. Los resultados comprobaron que los 10,000 vehículos existentes en la zona generan un total de 91,022.15 kgCO₂/día lo que equivaldría en un año a 33,223.09 tCO₂/año, siendo los vehículos informales los que generan el 80% de la emisión de gases. El autor sugirió a la Municipalidad de Moyobamba, la adopción de normativas que obliguen al mantenimiento de los vehículos y así, reducir la huella de carbono.

Arias (2020) realizó una valoración de la huella de carbono en las actividades administrativas que se realizan en la Municipalidad de Carhuamayo en el año 2018, abordando el estudio desde un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, delimitado por una muestra de 12 propiedades de la entidad. De los resultados, se desprende que la emisión de energía de los vehículos a gasolina es mayor que la de los vehículos a diesel, al obtenerse una emisión de 58.25 TMCO₂eq y en el Palacio Municipal es donde se produce la mayor emisión de energía, al evidenciarse un 14,623 tCO₂eq/año, procediendo al diseño de iniciativas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Zerón y Arias (2019) realizaron una investigación con la intención de evaluar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en función de calcular la huella de carbono según la ISO 14064-1:2011 en la Universidad Peruana Unión, empleando un estudio aplicado con un diseño no experimental - transaccional y una muestra integrada por el Campus de la Universidad Peruana Unión. Los resultados determinaron que en la Universidad se registró una emisión de gases totales de 2,474.26 tCO₂eq, de los cuales 1,240.14 tCO₂eq correspondieron a la universidad y 1,234.12 tCO₂eq a la empresa Productos Unión. Al final, el autor recomendó sistematizar los procesos mediante la aplicación de equipos de medición de gases.

Crispín (2018) presentó una Tesis de Maestría orientada a determinar la huella de carbono de las actividades de la empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC en

la unidad minera El Brocal, utilizando para ello un estudio descriptivo con un diseño no experimental y una muestra conformada por la unidad minera El Brocal. Los resultados determinaron que la emisión total de gases invernaderos para el periodo 2017 y 2018 fueron de 814.71 tCO₂eq, donde la mayor emisión procedió del consumo eléctrico al obtenerse un valor de 418.53 tCO₂eq. De igual manera, el autor sugirió inventariar los dispositivos eléctricos en función de que sean renovados constantemente, con la intención de valorar su consumo e instaurar medidas de ahorro energético.

Saavedra-Navarro (2017) elaboró una investigación enfocada en estimar las emisiones de GEI para la empresa Edegel S.A.A., siguiendo la metodología de la norma ISO 14064-1. El estudio desarrollado adoptó un diseño no experimental, utilizando una muestra de 10 instalaciones de la empresa Edegel. Las conclusiones determinaron que para el año 2014 la cantidad total de emisiones de estos gases en el conjunto de centrales de Edegel sumó 1,810,579.57 tCO₂eq, aumentando en un 19.8% con respecto al año base 2009. El autor recomendó el diseño de un procedimiento basado en la norma ISO 14064-1 para ejecutar auditorías internas que comprueben las estimaciones de la huella de carbono en la entidad.

En el conjunto de **antecedentes internacionales**, se tiene en primera instancia el trabajo de Huang et al. (2021), quienes se enfocaron en diseñar un modelo basado en el ciclo de vida para estimar la huella de carbono presente en los sistemas de tuberías de productos petrolíferos. A efectos de verificar el modelo propuesto, realizaron un estudio de casos empleando los datos de seis oleoductos que transportan productos petrolíferos en China. Los autores demostraron que la cantidad de emisiones totales de las distintas tuberías proporcionadas mediante el modelo diseñado, se encuentra en un rango de 2.78 a 4.70 tCO₂eq, siendo la fase de construcción de las tuberías la que presentaron mayores emisiones de gases. En este caso, los autores recomendaron seleccionar los parámetros de las tuberías a objeto de disminuir la intensidad de la emisión de carbono.

Guilera et al. (2021) estimaron la huella de carbono de la producción de gas natural sintético mediante un proceso de metanización catalítica de biogás. La metodología estuvo a cargo de un diseño no experimental donde fue empleado el procedimiento

del ciclo de vida en función de estimar la huella de carbono en una planta piloto de metanización de CO₂ en España. De los resultados, se desprende que la huella de carbono es mayor con el gas natural sintético (0.414 kg CO₂-eq / kWh) que el gas natural fósil (0.232 kg CO₂-eq / kWh) con el uso de la electricidad y que al aplicar la metanización catalítica de biogás se obtiene una reducción de la huella de carbono en 0.100 kg CO₂-eq / kWh, por lo que los autores recomendaron la implementación de este tipo de tecnología para mitigar la huella de carbono.

Ancic et al. (2020) evaluaron la huella de carbono de la flota croata de pasajeros de transbordo en el mar Adriático y propusieron medidas para mitigarla, utilizando para ello un diseño no experimental con una muestra delimitada por 27 líneas de ferry cuya información se obtuvo de la Agencia Croata de Revestimientos Costeros. Los resultados comprobaron que las emisiones anuales totales de las 27 líneas de ferry alcanzaron las 29,000 tCO₂eq y, al respecto, sugirieron el empleo de un sistema fotovoltaico para los ferrys que se desplazan por la parte sur del mar Adriático y el uso de aerogeneradores para los que se trasladan por la parte norte del Mar Adriático en función de reducir las emisiones de gases de efectos invernaderos.

Roukounakis et al. (2019) diseñaron una metodología para estimar la huella de carbono de la autopista Egnatia Odos en el norte de Grecia. El estudio correspondió a un diseño no experimental con una muestra delimitada por la autopista Egnatia Odos y para el desarrollo del modelo de estimación se utilizó el año 2014 como punto de referencia. Los resultados mostraron que las emisiones de GEI de la etapa operativa de la autopista son dominados por el tráfico vehicular al obtener un valor de 700.3 ktCO₂eq, representando el 90.9% del total de estas emisiones, con lo cual se recomendó esta metodología a efectos de optimizar los datos de entrada del modelo y así poder estimar con mayor precisión las emisiones de GEI.

Pérez et al. (2017) realizaron una investigación enfocada en proponer una metodología para la estimación de la huella de carbono de una flota de vehículos de recolección de residuos en la ciudad de Madrid. Para lograr este objetivo, se utilizó un diseño no experimental y una metodología basada en el ciclo de vida del combustible (FCL) y de los vehículos (VLC), siendo la muestra la cantidad de vehículos recolectores de residuos sólidos en la ciudad de Madrid. Los resultados

comprobaron que la huella de carbono de la flota es de 25.1 kg CO₂eq/ tMSW, de los cuales el 92% proviene del FLC y el 8% del VLC, los autores consideran que los resultados obtenidos pueden orientar a las autoridades al momento de diseñar planes enfocados en reducir la huella de carbono en esta región.

De acuerdo a Roukounakis et al. (2019), la huella de carbono es una estimación de la cantidad total de emisiones de dióxido de carbono originadas de manera directa o indirecta por una actividad o en su defecto, puede acumularse en el transcurso de las diversas fases de la vida de un determinado producto (p.3).

El CO₂ es un gas que se encuentra en la atmósfera terrestre, siendo el más abundante y el que representa mayor peligro para el medio ambiente. Al igual que el vapor de agua, el óxido nitroso-N₂O y el metano-CH₄ forma parte de los elementos que componen los denominados “Gases de Efecto Invernaderos”, que en este caso es el mayor causante del cambio climático en el planeta (Ahmed et al., 2017, p.1143).

Estos últimos autores, indican que estos (GEI) pueden ser consecuencia de las actividades naturales; así como, de la ejecución de acciones humanas, incluyendo la deforestación, la utilización de fertilizantes, la quema de biomasa y combustibles fósiles (p.1143).

En tal sentido, es importante introducir dos conceptos al análisis que se viene realizando, los cuales están íntimamente relacionados al contexto de la huella de carbono. El primero está referido al efecto invernadero, que bajo la argumentación de Mikhaylov et al. (2020), no es más que el incremento de la temperatura de la superficie terrestre, como consecuencia del calentamiento de los estratos inferiores de la atmósfera por la acumulación de gases de efecto invernadero, lo que conduce a efectos irreversibles como el cambio climático (p.2899)

La segunda definición es justamente el cambio climático, que va a estar asociado a las variaciones drásticas en las condiciones del clima, acompañado además de un incremento en la frecuencia e intensidad de las sequías y olas de calor, así como de otras situaciones como las inundaciones, salinidad o la disminución significativa en los niveles de temperatura (Zandalinas et al. 2021, p.588).

La implementación de la huella de carbono constituye una herramienta novedosa en la estimación de las emisiones totales de CO₂ de las actividades de consumo. En este sentido, la emisión de CO₂ sustentada en el consumo no solo agrupa las emisiones directas e indirectas vinculadas con las materias primas y servicios de producción, sino que también valora de manera objetiva el nivel de emisión relacionado con el desarrollo económico, el cual es fomentado en buena medida por las actividades de consumo de bienes y servicios (Wang et al., 2018, p.1069).

A nivel general, el sector industrial de los distintos países representan los mayores generadores de CO₂ en el mundo y, en segundo lugar, se tiene al sector transporte como la principal fuente de este contaminante (Rassol et al., 2019, “Revisión de la literatura sobre los determinantes de emisión de carbono en Pakistán”, párr. 1). De hecho, Fernández-Da Costa et al. (2019) exponen que el sector del transporte representó el 24% de las emisiones de los GEI en toda la Unión Europea para el año 2015, asimismo, concentró el 33% del consumo final de energía en esta entidad para el mismo periodo y ha sido el único sector que ha experimentado una tendencia creciente en las emisiones de estos gases desde 1990 (p.591).

Al respecto, Al-Mofleh et al. (2010) destacan que el transporte ha sido una actividad humana de las más relevantes a nivel mundial, pero que en buena medida ha implicado una quema desproporcionada de energía no renovable, ocasionando un impacto negativo en el medio ambiente. Este tipo de energía es conformada por los combustibles fósiles como la gasolina, el diesel y la electricidad, etc.; que al ser utilizados en el conjunto de actividades cotidianas producen anualmente una cantidad elevada de GEI (p. 448).

Visto los desafíos inherentes al cambio climático, la comunidad internacional ha venido diseñando algunas iniciativas para mitigar las concentraciones de los GEI en la atmósfera. Dichas acciones se fundamentan en la estimación, seguimiento, comunicación y comprobación de las emisiones y absorciones de estos gases, en función de proveer de un mayor conocimiento científico y suministrar información de apoyo para la adopción de políticas en materia de cambio climático (Dias y Arrijoja, 2012, p.30).

De acuerdo a Fernández-Da Costa et al. (2019), deben tomarse en cuenta distintas iniciativas que han venido implementándose en el sector del transporte y que están orientadas a sustituir los combustibles fósiles, activando el despliegue de combustibles alternativos de bajas emisiones. Estas acciones están referidas a la conversión del CO₂, donde se aprovecha este compuesto, capturado como parte de la materia prima para la producción de nuevas fuentes de energías (p.591)

En tal sentido, estos últimos autores plantean que la hidrogenación de CO₂ en metanol es actualmente una de las alternativas más estudiadas en laboratorios en Asia y Europa, mientras que otros investigadores han propuesto al dimetiléter como otra opción energética, ya que puede emplearse como una opción directa y más limpia que el diésel, con un mercado cautivo con altas probabilidades de crecimiento (p.591).

No obstante, este proceso de descarbonización sobre todo en el sector del transporte ha resultado infructuoso en muchas regiones. Un ejemplo de ello, es la experiencia de los países que integran la Unión Europea, donde se evidencia una reducción en las emisiones de GEI bastante débil, al tenerse un conjunto de política y normativas bastante rigurosas en los sectores de motores y en el caso de los aviones, lo correspondiente a las turbinas, que no permiten consolidar estos procesos de sustitución de combustibles fósiles por energías menos contaminantes (Chiaramonti y Maniatis, 2020, p. 4).

Para realizar las estimaciones de la huella de carbono, se tiene al modelo de ciclo de vida de los productos enfocado desde varias perspectivas para estimar la huella de carbono. En primer lugar, están las normas ISO 14040 / 14044, orientadas al estudio de las emisiones de GEI y el impacto del calentamiento global. Seguidamente, las PAS 2050 que describen los requerimientos para valorar las emisiones de GEI del ciclo de vida de productos y servicios. En tercer término, se consideran las acciones del World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), que diseñaron un modelo para estimar y reportar las emisiones de GEI en todo el ciclo de vida de un producto. Por último, se encuentra estándares industriales, como el de la Confederación de

Industrias Papeleras Europeas (CEPI), que elaboró un marco para la valoración de la huella de carbono del papel y productos de cartón (Dias y Arrijoja, 2012, p.31).

En función de profundizar un poco más en su definición, se puede decir que el modelo de ciclo de vida analiza lo relativo a los impactos potenciales en las distintas etapas de vida de un producto, es decir, desde el momento en que se efectúa la adquisición de la materia prima, siguiendo por la fase de producción, uso, tratamiento final, reciclado, hasta llegar a su disposición final (Aristizábal et al., 2020, p. 9).

De acuerdo a lo planteado por Ma et al. (2018), las investigaciones que abordan los problemas de la huella de carbono en el sector transporte pueden categorizarse en tres clases: la primera se centra en realizar propuestas novedosas en las formas de estimar y pronosticar las emisiones de carbono de la industria del transporte para mejorar la exactitud. En este sentido, se utilizaron procedimientos de dinámica de sistemas para simular escenarios de mitigación potencial de emisiones de CO₂ urbano, en países como Estados Unidos, Corea, Tailandia y China (p.1).

La segunda clase de estudios están enfocados en valorar los elementos que posiblemente incidirán en la cantidad de emisiones de carbono del transporte, por ejemplo: el desarrollo económico, la intensidad energética y las dimensiones de la población. En dichas investigaciones se emplean modelos de descomposición del índice de pesca generalizado y los modelo de impactos estocásticos, mediante regresión sobre población, riqueza y tecnología (Ma et al., 2018, p.2).

Por último, se tienen a las investigaciones orientadas a ofrecer iniciativas, estrategias y políticas eficaces a efectos de mejorar la eficiencia energética, como por ejemplo; el sistema ferroviario implementado en la ciudad de Río de Janeiro en Brasil o las vías de mitigación para la emisión de dióxido de carbono del transporte interurbano de pasajeros en China (Ma et al., 2018, p.2).

Al tener un conocimiento más amplio acerca de las estimaciones de la huella de carbono, y por ende, de las emisiones de los GEI se puede resaltar la importancia que reviste los procedimientos de medición antes descritos en la reducción de dichos gases. Esta consideración es cónsona con lo expresado por La Notte et al.

(2018), quienes afirman que las estimaciones precisas de las emisiones de GEI resultan fundamentales, al momento de valorar y registrar las emisiones a lo largo del tiempo de una manera coherente y brindar aportes confiables a los procesos e instrumentos de formulación de políticas, especialmente en lo concerniente a la adaptación al cambio climático (p.2).

Debido a la necesidad imperante de contrarrestar esta contaminación, es que surgió la iniciativa de un grupo de empresarios y entes gubernamentales de la creación del protocolo de Gases Efecto Invernadero (GHG Protocol), el cual será aplicado en la presente investigación, siendo publicado en septiembre de 2001 y desarrollado por el Consejo Mundial de Negocios, por el World Business Council for Sustainable Development, WBCSD y por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute, WRI) que tiene objetivo la regularización de las bases que permiten las emisiones de los GEI (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2013, p.17).

En atención a lo anterior, esta iniciativa consistió en dos grandes propósitos definidos por:

- El estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI que tiene como objetivo ofrecer una guía contentiva de las empresas que se interesan en la cuantificación y el reporte de las emisiones de gases del efecto invernadero.
- El estándar de cuantificación de proyectos del protocolo de GEI establecida en forma de guía, lo cual permite la reducción de gases del efecto invernadero, así como también todo lo referente a las especificaciones del proyecto (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2013, p.17).

La aplicación de la presente metodología se subdivide en los siguientes pasos:

La definición de límites

- Límites organizacionales, se refiere al límite de la institución, y se divide en dos enfoques.

- Enfoque de participación accionaria, en esta fase es donde la empresa debe realizar la contabilidad de las emisiones del GEI y de acuerdo a ello, se deben tomar las medidas correspondientes. En tal sentido, refleja puntualmente el interés económico en relación con los derechos adquiridos por la empresa sobre los beneficios y riesgos de una operación, sabiendo que todo ello debe ir en correspondencia con el porcentaje de la propiedad.
- Enfoque de control; permite llevar la contabilidad de una empresa al 100% de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control, que son:
 - a.- Control financiero; tiene la facultad de dirigir las políticas operativas y financiera, todo ello con el fin de obtener beneficios económicos.
 - b.- Control operacional; cuando una empresa tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial , 2013, p. 23).
- Límites operacionales; se divide como emisiones directas o indirectas, al igual que la selección del alcance de contabilidad y reporte para las emisiones indirectas.
 - Las emisiones directas de GEI, constituye las fuentes que dependa de las fuentes que son propiedad de la empresa.
 - Las emisiones indirectas de GEI, generadas como consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra empresa.

Es importante señalar que los enfoques antes señalados coadyuvan a dirigir las fuentes de emisiones directas e indirectas, así como precisan al mejoramiento de la transparencia, y proporcionar utilidad en las diferentes organizaciones y de políticas de cambio climático y metas empresariales (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2013, p.23).

- Identificación de fuentes de emisiones de GEI

La identificación de las fuentes de emisión de GEI proviene de las siguientes características de fuentes:

- La combustión fija asociada a combustibles en equipos fijos y estacionarios, como por ejemplo motores, incinerados, flameadores, caldera, quemadores, hornos, turbinas, incineradores de motores, entre otros.
- La combustión móvil relacionada con el uso de combustibles de aviones, buques, barcos, barcas, embarcaciones, automóviles, camiones, entre otros.
- Las emisiones de proceso que se corresponden a procesos químicos o físicos, tales como el CO₂ del cracking catalítico son procesos petroquímicos, las emisiones de PFC en la fundición de aluminio como el CO₂ de la etapa de calcinación en la manufactura de cemento.
- Las emisiones fugitivas son liberaciones intencionales y a veces no intencionadas, por ejemplo, los tratamientos de aguas residuales, torres de enfriamiento, fugas en las uniones, así como emisiones fugitivas derivadas de pilas de carbón, entre otros (Freijo, 2012, p.6).

- Selección de método de cálculo

El cálculo de la emisión de GEI se determina a través de la aplicación de diferentes factores de una manera documentada sabiendo que los factores son una medida de actividad en una fuente de emisión (Freijo, 2012, p.6).

- Recolección datos de actividades y elección de los factores de emisión

Las emisiones del alcance 1 son calculadas a través de las cantidades de combustible comerciales adquirido tales como gasolina, gas natural, diésel, combustóleo, entre otros, sabiendo que se utiliza los factores de emisión publicados.

Por otra parte, el alcance 2 son calculadas a través del consumo de electricidad previamente medido, donde los factores de emisión son publicados por la red

eléctrica. Las emisiones de alcance 2 se calculan a partir del consumo medido de electricidad y de factores de emisión publicados por los proveedores de electricidad o por la red eléctrica local (Freijo, 2012, p.6).

En el caso del alcance 3, se determina teniendo previamente los datos de cada una de las tareas o actividades realizadas por la empresa, como por ejemplo los kilómetros recorridos por pasajeros o el uso de combustible y los factores de emisión publicados (Freijo, 2012, p.6).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Conforme lo describe Carrasco (2017), el estudio fue de tipo aplicado, el cual se caracteriza porque dispone de fines prácticos que son establecidos en la formulación de objetivos y que pueden desarrollarse de manera inmediata (p.43). Bajo esta perspectiva, el estudio culminará con la propuesta de medidas de reducción de las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) en la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

Por otro lado, siguiendo a Hernández et al. (2014), este estudio se realizó siguiendo el enfoque cuantitativo, así se procedió a recolectar datos con la finalidad de procesarlos y analizarlos, con base a la estadística descriptiva, para dar respuesta a las interrogantes iniciales (p.4). En este sentido, el estudio se estructuró con base a lo siguiente: formulación de preguntas de investigación y de objetivos, se estableció la variable de estudio, se midió la variable y se empleó un plan para lograr el cumplimiento de objetivos.

En lo referente al nivel de la investigación, fue descriptivo visto que se concentró en caracterizar a la variable de estudio, en este caso a la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. (Hernández et al., 2014, p.92). Además, esta investigación tuvo un diseño no experimental – transversal, en el sentido que no se procedió a la manipulación de variables para evaluar el efecto sobre otras, tampoco se establecieron grupos de controles y experimentales; además, es longitudinal de tendencia, visto que se procedió a evaluar la información de la empresa en tres momentos: 2019, 2020 y 2021 (Carrasco, 2017, p.74; Palomino et al., 2015, p.127). Este diseño de esta investigación se muestra en la figura 1.

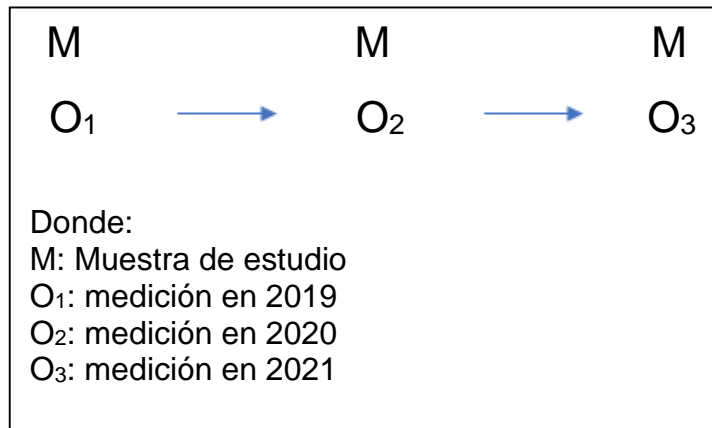


Figura 1. Diseño de la investigación

Fuente: adaptado de Palomino et al. (2015)

3.2 Variables y operacionalización

Variable: Huella de carbono (estudio univariante de variable cuantitativa)

Definición conceptual: de acuerdo a Roukounakis et al. (2019), la huella de carbono es una estimación de la cantidad total de emisiones de dióxido de carbono originadas de manera directa o indirecta por una actividad o en su defecto, puede acumularse en el transcurso de las diversas fases de la vida de un determinado producto (p.3).

Definición operacional: las dimensiones de la variable son fuentes de emisión directa de gases de efecto invernadero y medidas de reducción de emisiones.

Indicadores: para la dimensión fuentes de emisión directas de gases de efecto invernadero, los indicadores son consumo de combustibles líquidos (l) y tipo de GEI. Los indicadores de las medidas de reducción son cantidad de medidas propuestas.

Escala de medición: intervalo.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

De acuerdo a Carrasco (2017), la población se refiere a la representación del conjunto de elementos que pertenecen al ámbito espacial donde se ha realizado el estudio (p.236), en lo que corresponde al presente estudio estuvo compuesta por 633 unidades de transporte de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

En función de la definición de la población, se establecieron los siguientes criterios:

Criterios de inclusión

- Unidades de transporte con una operatividad de al menos el 75% del tiempo productivo.
- Unidades de transporte que hayan funcionado en los tres años establecidos en el estudio.

Criterios de exclusión

- Unidades de transporte inoperativas.
- Unidades de transporte que no hayan sido inspeccionadas y evaluadas sus condiciones de acuerdo al plan de mantenimiento previsto por la empresa.

Muestra

La muestra no es más que un subgrupo representativo de la población, sobre el cual es posible generalizar resultados, ya que los elementos que la componen se han elegido con criterios de objetividad y representatividad establecidos (Hernández et al., 2014, p.172). Para calcular el tamaño de la muestra, se ha decidido trabajar con toda la población (muestra censal).

Muestreo

Se aplicó muestreo no probabilístico intencional o dirigido, en el cual el investigador ha decidido establecer y elegir los elementos que componen la muestra. En este caso, el criterio establecido es que se dispone de toda la información de las

unidades de transporte que cumplieron con los criterios establecidos (Hernández et al., 2014, p.174).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de investigación hacen referencia a las estrategias para obtener, recopilar y sistematizar la información obtenida de documentos vinculados al problema y sus objetivos (Carrasco, 2017, p.274). Para este estudio, se han utilizado técnicas relativas al análisis documental y la observación directa.

El instrumento de recolección de datos está dirigido a identificar las fuentes de emisiones de gas, estableciendo categorías, carga ambiental, alcance, fuente, cobertura, origen de la información, formas de registro de la información, etc. el cual se aplicó para calcular el consumo de combustibles fósiles de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

3.5 Procedimientos

Los procedimientos para la recolección de los datos comprenden todas las reglas y pautas que se utilizan como guía en la ejecución de actividades para recabar los datos requeridos (Hernández et al., 2014, p.272). En este estudio, se emplearon los siguientes pasos:

- Se solicitó autorización de manera formal a la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C., para la realización del estudio.
- Luego de obtenida la aceptación, se solicitó información del consumo de combustible fósil de las unidades de transporte de la empresa para los años 2019, 2020 y 2021.
- Se completó la ficha de recolección de datos con la información solicitada.
- Se exportó la información a una base de datos en el programa Excel.

3.6 Método de análisis de información

Para el cálculo de la huella de carbono del consumo de combustible líquido de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C., se tomó en cuenta los GEI (CO₂, CH₄ y

N₂O) que se generan por la quema de combustible originada por la actividad principal de la empresa, que consiste en la logística, el transporte de personas por vía terrestre y transporte de carga, se realizó con base a la Ecuación 1.

Ecuación 1. Ecuación general para el cálculo de las emisiones de GEI por uso de combustible líquido

$$GEI(CC) = CC * FE(CC)$$

Donde:

GEI(CC) = Emisiones de gases de efecto invernadero por uso de combustible líquido.

CC = Uso de combustible líquido en la empresa.

FE(CC) = Factor de emisión por uso de combustible líquido en la empresa.

Al respecto, el primer paso consistió en revisar los reportes de consumo de combustible líquido Diesel B5 S-50 en la operación de transporte, a los fines de determinar el uso de dicho combustible para los años 2019 y 2020; así como para los primeros diez meses del año 2021 (estimándose, el resto de los meses con base al promedio mensual). En el proceso de transformación, se ha convertido las unidades de volumen a unidades de masa, considerando que la densidad del Diesel B5 es 0.87 g/cm³.

Luego, se convirtió la cantidad de combustible que se ha quemado en la empresa durante cada lapso en unidades de energía, considerando la conversión para el Diesel B5 S-50 de 40.88 TJ/Gg. Ahora bien, para la generación de GEI se multiplicó la cantidad de combustible (expresado en energía) por cada uno de los factores de emisión para transporte terrestre (CO₂, CH₄ y N₂O). Los resultados de la información han sido presentados en tablas y gráficos.

3.7 Aspectos éticos

En esta investigación, se respetaron los derechos sobre propiedad intelectual de las fuentes consultadas, para lo cual se ha utilizado el estilo ISO; además, se respetó la legitimidad de la información suministrada por la empresa. De igual modo, se respetó la identidad de los colaboradores que suministraron la información, lo cual fue posible con la autorización hecha a la empresa y la

posterior, aprobación. Además, se tomó consideración de los principios éticos en la investigación, como el de beneficencia, de respeto a la dignidad humana, de justicia, derecho a la intimidad y al anonimato y a la confidencialidad (Palomino et al., 2015, p.186).

IV. RESULTADOS

En esta sección se aplicará cada paso (convertido en objetivo de investigación) de la metodología GHG Protocol, para lo cual se emplearán estadística descriptiva básica y comparativa entre el cálculo de la huella de carbono para cada año.

OE1: Identificar la fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

- Elección de un año base

En primer lugar, es oportuno destacar que la empresa elegida Transportes Cruz Del Sur S.A.C., es de capital peruano, tiene 61 años de experiencia en el mercado de transporte de personas vía terrestre y de carga con 45 destinos nacionales y 5 destinos internacionales, con más de dos millones de clientes y 1,934 empleados a nivel nacional. La base de trabajo está compuesta por una flota de 633 unidades.

Así, la elección del año base obedeció a dos criterios importantes para la aplicación de la Metodología Green House Gas Protocol, los cuales son disponibilidad de información completa y confiable; así como un punto de referencia a nivel operativo que permita hacer comparaciones y seguimiento de las emisiones y reducciones de los gases de efecto invernadero. Bajo esta premisa, se eligió el año 2019, como año base, visto que no había estallado la pandemia por Covid-19.

Luego, conforme se ha planteado previamente, se realizará el cálculo para el año 2020, cuando se establecen las restricciones de movilización y distanciamiento social y se supone debe haber una reducción de la emisión de GEI en la empresa. Finalmente, se calcula la huella de carbono para el año 2021, visto que la empresa ha reanudado operación con base a la reactivación económica, reflejada a través del levantamiento de algunas restricciones; así por ejemplo, hasta el 14 de octubre de 2021, solo había suspensión del transporte terrestre internacional de pasajeros por vía terrestre, dado el cierre temporal de las fronteras terrestres y el cumplimiento de protocolos como uso de mascarillas y escudo facial.

- Límites de emisión

- Límites organizacionales

Visto que la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. es propietaria absoluta de todas sus operaciones, su límite organizacional será igual, sin importar el enfoque se utilice. De esta manera, al utilizar bien sea el enfoque de control o de participación accionaria, se consideraron las Gerencias División Pasajeros y División Cargo.

- Límites operacionales

En la definición de los límites operacionales se contabilizaron por separado las emisiones asociadas a sus operaciones directas (alcance 1). De esta manera, se identificaron las emisiones por el uso de combustible líquido (Diesel B5 S-50) por las unidades de transporte de la empresa para la prestación del servicio que realiza, sin considerar el consumo de refrigerante para motor utilizado durante las labores de mantenimiento de las respectivas unidades.

- Identificación y cálculo de fuentes de emisión
 - Identificación de las fuentes de emisión

La tabla 1 contiene la categorización de las emisiones de GEI que proviene de la fuente descrita.

Tabla 1. Categorización de las fuentes de emisión directa de GEI de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

Alcance	Fuente de emisión directa	Tipo	GEI Generado	Lugar de emisión	Categoría de fuentes
1	Uso de combustible líquido	Diésel B5 S-50	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Recorrido de transporte	Combustión móvil

Fuente: elaboración propia

- Selección del método de cálculo

Considerando lo establecido en el apartado 3.6, se procederá a aplicar la ecuación 1, para ello de manera individual, el consumo de combustible líquido se convirtió en

el equivalente en dióxido de carbono (CO₂), al realizar la multiplicación del resultado de la emisión por su potencial de calentamiento global, reflejado en la tabla 2.

Tabla 2. Métricas de las emisiones de gases

Gas emitido	Fórmula química	Potencial de calentamiento global
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	28
Óxido nitroso	N ₂ O	265

Fuente: elaboración propia

OE2: Determinar el consumo de combustible fósil de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

Se obtuvo el consumo de Diésel B5 S-50 en galones para cada mes de los años 2019 y 2020 y hasta el período enero – octubre del año 2021. Se observa como a partir de marzo de 2020, el consumo de este combustible se redujo a propósito de las restricciones impuestas y luego a partir de octubre de ese año, se observa un mayor consumo; sin embargo, nunca llega a los niveles de consumo de la empresa, evidenciándose la caída de la actividad.

Para estimar los meses de noviembre y diciembre de 2021, se ha considerado el crecimiento mensual en esos meses del año 2019, la elección de ese año se realizó, con base al normal funcionamiento operativo registrado por la empresa, visto que no se había desencadenado la pandemia del Covid-19. Al respecto, para noviembre de 2019, se registró una reducción del 3.20% en el consumo de combustible, mientras que, para diciembre de ese año, un incremento del 1.40% con respecto al mes precedente.

Tabla 3. Consumo de combustible líquido (en galones)

Mes	Año		
	2019	2020	2021
Enero	349,077.93	310,422.11	156,398.16
Febrero	318,382.93	313,504.04	65,174.79
Marzo	356,280.34	164,401.09	11,216.44
Abril	331,806.44	-	129,255.04
Mayo	328,898.12	40,902.72	129,060.20
Junio	304,327.61	50,731.58	132,050.98
Julio	339,727.09	85,929.09	162,963.55
Agosto	312,026.64	80,494.52	193,883.46
Septiembre	311,934.70	91,487.42	194,791.42
Octubre	324,298.55	137,703.28	139,863.13
Noviembre	313,931.66	145,960.47	135,392.11
Diciembre	318,931.66	144,301.61	137,288.91
Total	3,909,021.76	1,565,837.91	1,587,818.19

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4, se determinó el consumo de combustible en litros, haciendo la conversión de 1 galón = 3.78533 litros (Galón de los Estados Unidos de América, considerado por Osinergmin en Perú).

Tabla 4. Consumo de combustible líquido (en litros)

Mes	Año		
	2019	2020	2021
Enero	1,321,375.18	1,175,050.11	592,018.65
Febrero	1,205,184.47	1,186,716.26	246,708.09
Marzo	1,348,638.67	622,312.39	42,457.93
Abril	1,255,996.88	-	490,408.57
Mayo	1,244,987.91	154,830.28	488,535.45
Junio	1,151,980.41	192,035.76	499,856.55
Julio	1,285,979.14	325,269.97	616,870.81
Agosto	1,181,123.82	304,698.30	733,912.89
Septiembre	1,180,775.79	346,310.06	738,031.15
Octubre	1,277,577.04	521,252.35	529,428.10
Noviembre	1,188,334.93	552,508.53	512,503.81
Diciembre	1,204,983.11	546,229.19	519,683.81
Total (en litros)	14,796,937.35	5,927,213.21	6,010,415.83
Total combustible quemado (TJ)	526.26	210.80	213.76

Fuente: elaboración propia.

De esta manera, con base en los resultados de la tabla 4, el consumo de Diésel B5 S-50 en la empresa fue de 14,796,937.35 litros para el año 2019, mientras, que para el año 2020, dicho consumo fue de 5,927,213.21 litros (una reducción del 59.94%). Para el año 2021, el consumo de este combustible se ubicó en 6,010,415.83 litros, una recuperación de apenas el 1.40% con respecto al año 2020, pero sigue siendo inferior al año 2019 (una reducción del 59.38%).

Como se aprecia en la misma tabla, el combustible quemado para cada año fue: 526.26 TJ (año 2019), 210.80 (año 2020) y 213.76 (año 2021), usando para ello, la conversión de combustible líquido quemado para Diesel B5 S-50 de 40.88 TJ/Gg, descrita en la sección 3.6 del capítulo anterior.

OE3: Cuantificar el nivel de emisión de gases de efecto invernadero liberado a la atmósfera de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

Para la cuantificación de la emisión de GEI por parte de la empresa Transportes Cruz del Sur S.A.C. se multiplicó la cantidad de combustible (expresado en energía) por cada uno de los factores de emisión para transporte terrestre descritos en la tabla 5.

Tabla 5. Factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O para transporte terrestre

Tipo de combustible / Categoría representativa de vehículo	CO ₂ (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Diésel B5 S-50	70,395.00	3.70	3.71

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6, se muestra la huella de carbono de la empresa por el consumo de combustible para el año 2019, alcanzando la cifra de 174,489.60 tCO₂eq al año o de 3,355.57 tCO₂eq a la semana.

Tabla 6. Emisión de GEI por uso de combustible – año 2019

Mes	Combustible consumido (En l)	Combustible consumido (En kg)	Combustible quemado (TJ)	Emisión GEI (kg de GEI)			Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/año)
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Enero	1,321,375.18	1,149,596.40	47.00	3,308,248.29	173.88	12,273,601.16	15,582.02
Febrero	1,205,184.47	1,048,510.49	42.86	3,017,348.55	158.59	11,194,363.11	14,211.87
Marzo	1,348,638.67	1,173,315.65	47.97	3,376,506.29	177.47	12,526,838.32	15,903.52
Abril	1,255,996.88	1,092,717.29	44.67	3,144,564.55	165.28	11,666,334.49	14,811.06
Mayo	1,244,987.91	1,083,139.48	44.28	3,117,002.04	163.83	11,564,077.58	14,681.24
Junio	1,151,980.41	1,002,222.96	40.97	2,884,144.72	151.59	10,700,176.90	13,584.47
Julio	1,285,979.14	1,118,801.85	45.74	3,219,629.35	169.23	11,944,824.88	15,164.62
Agosto	1,181,123.82	1,027,577.72	42.01	2,957,109.32	155.43	10,970,875.57	13,928.14
Septiembre	1,180,775.79	1,027,274.93	41.99	2,956,237.97	155.38	10,967,642.88	13,924.04
Octubre	1,227,577.04	1,067,992.03	43.66	3,073,411.49	161.54	11,402,356.63	14,475.93
Noviembre	1,188,334.93	1,033,851.39	42.26	2,975,163.36	156.38	11,037,856.08	14,013.18
Diciembre	1,204,983.11	1,048,335.30	42.86	3,016,844.40	158.57	11,192,492.73	14,209.50
Total	14,796,937.35	12,873,335.50	526.26	37,046,210.33	1,947.17	137,441,440.34	174,489.60
Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/semana)							3,355.57

Fuente: elaboración propia

En la tabla 7, se muestra la huella de carbono de la empresa por el consumo de combustible para el año 2020, alcanzando la cifra de 69,895.35 tCO₂eq al año o de 1,344.14 tCO₂eq a la semana.

Tabla 7. Emisión de GEI por uso de combustible – año 2020

Mes	Combustible consumido (En l)	Combustible consumido (En kg)	Combustible quemado (TJ)	Emisión GEI (kg de GEI)			Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/año)
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Enero	1,175,050.11	1,022,293.60	41.79	2,941,902.94	154.63	10,914,459.92	13,856.52
Febrero	1,186,716.26	1,032,443.15	42.21	2,971,110.79	156.16	11,022,821.04	13,994.09
Marzo	622,312.39	541,411.78	22.13	1,558,046.44	81.89	5,780,352.28	7,338.48
Abril	-	-	-	-	-	-	-
Mayo	154,830.28	134,702.35	5.51	387,639.35	20.37	1,438,141.99	1,825.80
Junio	192,035.76	167,071.11	6.83	480,788.49	25.27	1,783,725.30	2,264.54
Julio	325,269.97	282,984.88	11.57	814,359.05	42.80	3,021,272.08	3,835.67
Agosto	304,698.30	265,087.52	10.84	762,854.98	40.10	2,830,191.99	3,593.09
Septiembre	346,310.06	301,289.75	12.32	867,035.85	45.57	3,216,703.01	4,083.78
Octubre	521,252.35	453,489.55	18.54	1,305,028.46	68.59	4,841,655.57	6,146.75
Noviembre	552,508.53	480,682.42	19.65	1,383,282.69	72.71	5,131,978.76	6,515.33
Diciembre	546,229.19	475,219.40	19.43	1,367,561.49	71.88	5,073,653.11	6,441.29
Total	5,927,213.21	5,156,675.49	210.80	14,839,610.53	779.98	55,054,955.06	69,895.35
Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/semana)							1,344.14

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 8, se muestra la huella de carbono de la empresa por el consumo de combustible para el año 2021, alcanzando la cifra de 70,876.49 tCO₂eq al año de 1,363.00 tCO₂eq a la semana.

Tabla 8. Emisión de GEI por uso de combustible – año 2021

Mes	Combustible consumido (En l)	Combustible consumido (En kg)	Combustible quemado (TJ)	Emisión GEI (kg de GEI)			Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/año)
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Enero	592,018.65	515,056.23	21.06	1,482,201.82	77.91	5,498,968.75	6,981.25
Febrero	246,708.09	214,636.04	8.77	617,668.35	32.46	2,291,549.57	2,909.25
Marzo	42,457.93	36,938.40	1.51	106,299.38	5.59	394,370.71	500.68
Abril	490,408.57	426,655.46	17.44	1,227,806.72	64.53	4,555,162.93	5,783.03
Mayo	488,535.45	425,025.84	17.38	1,223,117.10	64.29	4,537,764.43	5,760.95
Junio	499,856.55	434,875.20	17.78	1,251,461.06	65.78	4,642,920.54	5,894.48
Julio	616,870.81	536,677.61	21.94	1,544,422.69	81.18	5,729,808.18	7,274.31
Agosto	733,912.89	638,504.22	26.10	1,837,453.98	96.58	6,816,954.26	8,654.50
Septiembre	738,031.15	642,087.10	26.25	1,847,764.62	97.12	6,855,206.75	8,703.07
Octubre	529,428.10	460,602.45	18.83	1,325,497.59	69.67	4,917,596.06	6,243.16
Noviembre	512,503.81	445,878.31	18.23	1,283,125.25	67.44	4,760,394.66	6,043.59
Diciembre	519,683.81	452,124.92	18.48	1,301,101.40	68.39	4,827,086.19	6,128.26
Total	6,010,415.83	5,229,061.77	213.76	15,047,919.95	790.93	55,827,783.02	70,876.49
Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/semana)							1,363.00

Fuente: elaboración propia

OE4: Determinar las medidas de reducción de las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) en la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

Vistas las características de la empresa, su razón social y los niveles de emisión de GEI, es posible identificar las siguientes medidas para la reducción de estos niveles, las cuales provienen de la revisión de estrategias similares propuestas por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Observatorio de Sostenibilidad de España (OSE). Las estrategias generales en función de lograr este propósito, están señaladas en la figura 2.

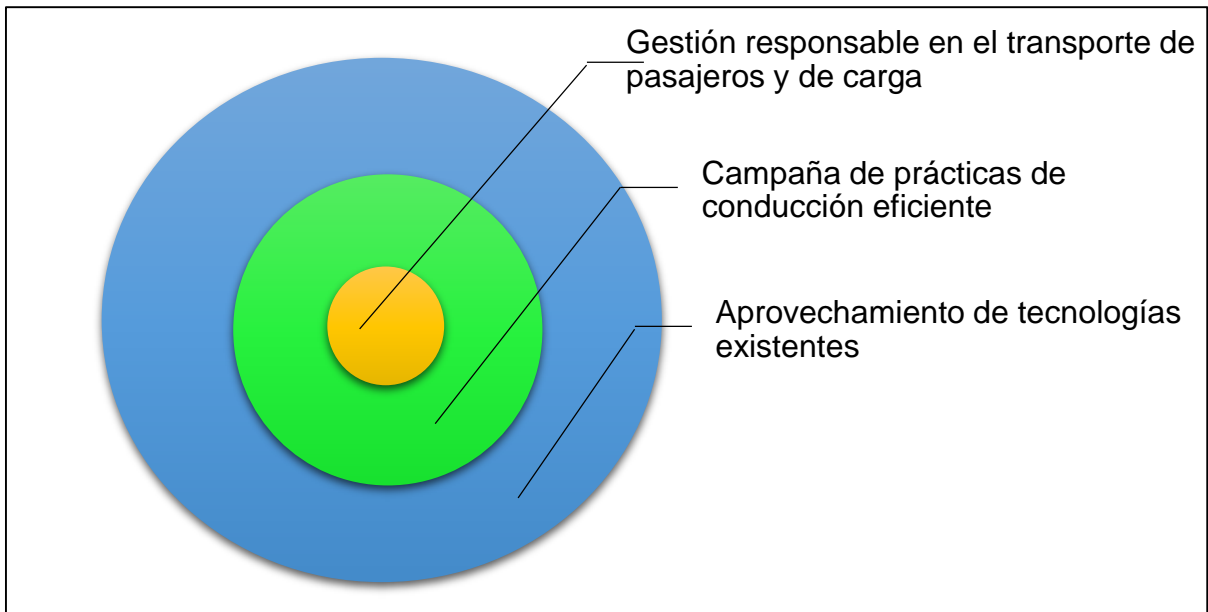


Figura 2. Estrategias para la reducción de las emisiones de la GEI de la empresa

En función de la figura anterior, debe indicarse que la estrategia “Gestión responsable en el transporte de carga” puede reducir hasta en un 5% las emisiones de GEI y comprende un conjunto de acciones que buscan optimizar el uso de la capacidad de las unidades de transporte en función de maximizar la cantidad de carga requerida bajo una combinación mínima de tiempo y rutas. Estas medidas se detallan en la tabla 24.

Tabla 9. Medidas relativas a la “Gestión responsable en el transporte de pasajeros y de carga”

Estrategia	Acción	Medidas
Gestión responsable en el transporte de pasajeros y de carga	Optimizar la ruta de transporte	Evaluar rutas existentes en Perú y otros países
		Analizar antecedentes de consumo de combustible en cada ruta
		Planificar rutas frecuentes
		Diseñar un sistema de información para el registro de interrupciones de tráfico, accidentes y hechos de inseguridad.
		Realizar monitoreo de rutas
	Aprovechar las dimensiones de las unidades de transporte	Mantener actualizado el reporte de unidades existentes (especificando las características de las mismas)
		Establecer políticas de uso máximo de capacidad disponible: fijación de precios diferenciada y sistema de esperas
	Identificar horarios estratégicos para el recojo, transporte y entrega de mercancías	Establecer horarios de prohibición de transporte en áreas de fuerte congestión
		Definir horarios de recojo y entrega de mercancía a primera hora de la mañana

Fuente: elaboración propia.

La estrategia relativa a “Campaña de prácticas de conducción eficiente”, lo cual puede reducir hasta en un 15% la emisión de GEI, consiste en la formación del personal de transporte de la empresa en función del cumplimiento de acciones que optimicen su desempeño en procura de la reducción de la emisión de GEI. Estas medidas se detallan en la tabla 10.

Tabla 10. Medidas relativas a la “Campaña de prácticas de conducción eficiente”

Estrategia	Acción	Medidas
Campaña de prácticas de conducción eficiente	Formar al personal integralmente para la reducción de la emisión de GEI	Establecer límites de velocidad
		Mantener una velocidad uniforme
		Evitar cargas no estipuladas en el vehículo
		Regular el uso del aire acondicionado
		Apagar el motor en los casos necesarios (paradas de más de un minuto)

Fuente: elaboración propia

Finalmente, la estrategia relativa a “Aprovechamiento de las tecnologías existentes”, lo cual puede reducir hasta en un 30% la emisión de GEI, consiste en el uso de todas las alternativas tecnológicas disponibles en el mercado para la reducción de la emisión de GEI. Estas medidas se detallan en la tabla 11.

Tabla 11. Medidas relativas al “Aprovechamiento de las tecnologías existentes”

Estrategia	Acción	Medidas
Aprovechamiento de las tecnologías existentes	Adquirir dispositivos de ahorro de combustible	Evaluar la adquisición de dispositivos como contrarrevoluciones, económetro, limitadores de velocidad, entre otros
	Revisar periódicamente las condiciones del vehículo	Realizar cambios de filtros y aceites de forma periódica
		Comprobar el estado de los neumáticos
		Revisar la aerodinámica de los vehículos

Fuente: elaboración propia.

Objetivo general: Determinar la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los Años 2019 – 2021

En la tabla 12, se presenta una comparativa de la huella de carbono asociada al consumo de combustible líquido de la empresa seleccionada, observándose que

entre el año 2019 y 2020, dicho valor se redujo en 59.94%, mientras que luego de la flexibilización de estas medidas, se ha observado un ligero incremento de 1.40% entre 2020 y 2021. No obstante, el incremento registrado en 2021 sigue estando inferior al año 2019 (previo a la pandemia), así se evidencia una caída de 59.38%.

Tabla 12. Huella de carbono del consumo de combustible líquido de la empresa Transporte Cruz Del Sur S.A.C. 2019-2021

Variable	Año		Var.	Año	Var.	
	2019	2020	20/19	2021	21/20	21/19
Huella de carbono (tCO ₂ eq/año)	174,489.60	69,895.35	-59.94%	70,876.44	+1.40%	-59.38%

Fuente: elaboración propia.

V. DISCUSIONES

En este capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación comparándolo con los resultados de estudios previos y las teorías que han fundamentado al estudio; en este sentido, se destaca que para este estudio se ha considerado la flota de 633 vehículos de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C., obteniéndose a través de una ficha de recolección de datos el consumo de combustible líquido.

En este sentido, el objetivo general del estudio se concentró en determinar la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los Años 2019 – 2021, obteniéndose que para el año 2019, previo a las restricciones impuestas por la pandemia, la huella de carbono de la empresa de 174,489.60 tCO₂eq/año, el cual al compararlo con la huella de carbono de Perú para el año 2018, representa el 0.18% (Banco Mundial, 2018), se observa por lo tanto, un significativo peso de la emisión de GEI de esta empresa en el total nacional.

Esto está en sintonía con la fundamentación expuesta por Fernández-Da Costa et al. (2019), en la cual se entiende que el sector transporte es uno de los mayores generadores de GEI en el mundo, con un cifra de al menos el 24%; debiendo destacar que se hace necesario conforme lo establecen estos mismos autores que se sustituya los combustibles fósiles, a través de la producción de nuevas energías.

Los resultados de esta investigación son superiores al 33,223.09 ton CO₂/año que obtuvo Rodríguez (2021) en la ciudad de Moyobamba, lo cual obedece a que en dicho estudio se partió de una muestra compuesta principalmente por vehículos pequeños. De igual modo, es mayor a lo obtenido por Arias (2020), quien con una muestra de apenas 12 vehículos en la municipalidad de Carhuamayo obtuvo 14,623 tCO₂eq/año.

Asimismo, el resultado en este estudio supera a lo obtenido por Pérez et al. (2017), en una flota de vehículos de recolección de residuos en la ciudad de Madrid que fue de 25.1 kg CO₂eq, la razón de ello es que estas unidades solo se movilizan en

determinados momentos y en zonas particulares, reduciendo el consumo de combustible.

También los resultados para el año 2019 obtenido en el presente estudio superaron a lo obtenido por Zerón y Arias (2019), quienes obtuvieron una emisión de 2,474.26 tCO₂eq en el campus de la Universidad Peruana Unión, aquí la diferencia radica en que estos autores usaron como metodología la ISO 14064-1:2011 y en el presente estudio se usó la metodología GHG Protocol; además, las fuentes de emisión eran distintas.

Estudios como los de Crispín (2018), Huang et al. (2021) y Ancic et al. (2020), también obtuvieron emisiones de GEI por debajo al presente estudio, como lo fueron 814.71 tCO₂eq, 4.70 tCO₂eq y 29,000 tCO₂eq, respectivamente, toda vez que se concentraron en actividades distintas como unidad minera, sistemas de tuberías de productos petrolíferos y flota de pasajeros de transbordo; esto evidencia como las dimensiones de la empresa estudiada, en cuanto al uso de combustible, incide en mayor medida que otras fuentes de energía en la emisión de GEI.

Por su parte, Saavedra-Navarro (2017) también aplicaron la ISO 14064-1, para obtener un valor de GEI más alto de 1,810,579.57 tCO₂eq, la razón de ello es que su estudio se centró en una empresa eléctrica con 10 instalaciones. De igual modo, Roukounakis et al. (2019) obtuvo una huella de carbono de 700,300 tCO₂eq en una autopista de Grecia, donde obviamente transitan más vehículos de distintas modalidades, por lo cual resulta obvio que su valor supere al obtenido en el presente estudio que se centró en una sola empresa.

Por otra parte, en el presente estudio también se encontró que con la implementación de las restricciones para contener el contagio y evitar la propagación del Covid-19, la emisión de GEI en la empresa bajó a 68,895.35 tCO₂eq/año en el 2020, una caída del 59.94% con respecto al año inmediato anterior. Esto comprueba lo señalado por Lahcen et al. (2020), en cuanto a que las restricciones impuestas para contener la pandemia, limitaron el desplazamiento de las personas, con lo cual se redujo la cantidad de unidades de transporte que se

movilizaban constantemente, previéndose una reducción en la emisión de GEI en estas empresas.

Luego, para el año 2021, se estima un valor de 70,876.44 tCO₂eq/año, que representaría un incremento del 1.40% con respecto al 2021. De esta manera, a diferencia de lo señalado por Lahcen et al. (2020), no se ha observado un efecto rebote en la emisión de la GEI en esta empresa, lo cual se debe principalmente a que su operatividad no está al 100% de su capacidad, dado que los clientes no se están movilizanado como antes, aún por temor a contagiarse del virus.

Con base al objetivo específico N° 1, relativo a identificar la fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C., vista la naturaleza de la empresa se determinó que la principal fuente de emisión es el uso de combustible líquido, tipo Diesel B5 S-50 que genera como GEI: CO₂, CH₄ y N₂O mediante la combustión móvil. Lo cual fue un resultado común en estudios como los de Rodríguez (2021), Arias (2020), Roukounakis et al. (2019) y Pérez et al. (2017), que también se centraron en estudios relacionados con el transporte terrestre.

No obstante, en estudios como los de Zerón y Arias (2019), Crispín (2018), Saavedra-Navarro (2017), Huang et al. (2021) y Ancic et al. (2020) se centraron en otras actividades, donde intervienen fuentes de emisión como la energía eléctrica y la generación de desechos sólidos.

De igual modo, en el objetivo específico N° 2 se ha determinado el consumo de combustible fósiles de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C., se observó que el consumo de Diésel B5 S-50 fue de 3,909,021.76 litros para el año 2019, 1,565,837.91 litros para el año 2020 y 1,587,818.19 litros para el año 2021. Lo cual en función de los resultados establecidos para el objetivo específico N° 3 genera emisiones de 3,355.57 tCO₂eq/semana, 1,344.14 tCO₂eq/semana y 1,363.00 tCO₂eq/semana de GEI, lo cual podría reducirse si se usan otras tecnologías, tal como comprobaron Guilera et al. (2021), quienes encontraron con el uso de la electricidad y que al aplicar la metanización catalítica de biogás se obtiene una reducción de la huella de carbono en 0.100 kg CO₂eq / kWh.

Finalmente, en el objetivo específico N° 4 de la presente investigación se propusieron medidas tendentes a reducir la emisión de GEI de la empresa, partiendo que era imposible en el corto plazo, cambiar el tipo de unidades de transporte que componen la flota de vehículos de la empresa. Así, las medidas se orientan en una gestión responsable en el transporte de pasajeros y de carga que puede reducir hasta en 5% las emisiones, con la optimización de rutas de transporte, el uso adecuado de las dimensiones de las unidades de transporte y horarios que eviten las congestiones, lo cual fue parte de la propuesta del estudio de Pérez et al. (2017), quienes consideran que una planificación de las rutas de transporte reduce la emisión de GEI.

Otro aspecto central de la propuesta es una campaña de prácticas de conducción eficiente, con la cual se puede reducir el consumo de combustible líquido a través de la formación integral del personal que transporta las unidades; sobre esto, se observa más bien que las investigaciones de Zerón y Arias (2019), Crispín (2018) y Guilera et al. (2021) recomiendan el uso de nuevas tecnologías, lo cual no es factible en el corto plazo para la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C., dado que requiere una inversión cuantiosa.

El último aspecto de la propuesta se centra en el aprovechamiento de las tecnologías existentes, con la adquisición de dispositivos de ahorro de combustible, lo cual también fue sugerido por Crispín (2018) y la revisión periódica de las condiciones del vehículo, recomendada también Rodríguez (2021).

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

1. La fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. es el consumo de combustible líquido.
2. El consumo de combustible fósil de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. fue de 14,796,937.35 litros para el año 2019, mientras, que para el año 2020, fue de 5,927,213.21 litros y para el año 2021, se ubicó en 6,010,415.83 litros, el cual genera mayor CO₂. Esto generó una cantidad de combustible quemado de 526.26 TJ (año 2019), 210.80 TJ (año 2020) y de 213.76 TJ (año 2021).
3. El nivel de emisión de gases de efecto invernadero liberado a la atmósfera de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. fue de 174,489.60 tCO₂eq para el año 2019, de 69,895.35 tCO₂eq para el año 2020 y de 70,876.49 tCO₂eq para el año 2021.
4. Las medidas de reducción de las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) en la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. se centran en la gestión responsable en el transporte de pasajeros y de cargas, la promoción de prácticas de conducción eficiente y el aprovechamiento de las tecnologías existentes.
5. La huella de carbono asociada al consumo de combustible líquido de la empresa seleccionada se redujo entre 2019 y 2020 en 59.94%, mientras que luego de la flexibilización de estas medidas, se ha observado un ligero incremento de 1.94% entre 2020 y 2021.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Desarrollar investigaciones ampliando la muestra a las principales empresas destinadas al transporte terrestre, lo cual permitiría determinar el efecto real del sector en el país y comparar las cifras entre diversas empresas, en función del tamaño de su flota.
2. Proponer investigaciones que evalúen el uso de herramientas de auditoría basadas en la ISO 14064-1:2011 y su efecto en la reducción de GEI en empresas del sector transporte.
3. Desarrollar estudios que permitan evaluar la contribución de actividades de responsabilidad empresarial, como la adquisición o compra de bonos de carbono en Áreas Naturales Protegidas, en la gestión ambiental de las empresas.

REFERENCIAS

- Ahmeda, K, Rehman, M U y Ozturk, I. What drives carbon dioxide emissions in the long-run? Evidence from selected South Asian Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. [En línea] . 2017, nº 70. [Fecha de consulta: 23 de Octubre de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.018>. ISSN: 1364-0321.
- Al-Moffleh, A, Taib, S y Salah, W. Malaysian energy demand and emissions from the transportation sector. *Transport* . [En línea] . 2010, vol.25, nº 4. [Fecha de consulta: 23 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3846/transport.2010.55>. ISSN: 1648-3480.
- Ancic, I, Percic, M y Vladimir, N. Alternative power options to reduce carbon footprint of ro-ro passenger fleet: A case study of Croatia. *Journal of Cleaner Production*. .2020, nº 271. [Fecha de consulta: 20 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3846/transport.2010.55>. ISSN: 0959-6526.
- Arias, D. Determinación de la huella de carbono en las actividades administrativas correspondiente a la Municipalidad Distrital de Carhuamayo – Provincia de Junín, para controlar la emisión de gases de efecto invernadero - 2018. Tesis (Grado en Ingeniería Ambiental).Cerro Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2020. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1806/1/T026_72768897_T.pdf.
- Aristizábal, C, González, J y Gutierrez, J. Análisis del ciclo de vida y cálculo de la huella de Carbono para un proceso de reciclaje de botellas PET en Medellín (ANT). *Revista Producción + Limpia*. [En línea] .2020, Vol. 15, nº 1. [Fecha de consulta: 22 de Octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v15n1/1909-0455-pml-15-01-7.pdf>.
- Banco Mundial. (2018). Banco Mundial. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Totales (Kt de Equivalente de CO₂). Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.GHGT.KT.CE>
- Bharadwaj, S., Ballare, S., Rohit, T., & Chandel, M. (2017). Impact of congestion on greenhouse gas emissions for road transport in Mumbai metropolitan region. *Transportation Research Procedia*, 25, 3535–3551.
- Carrasco, S. (2017). Metodología de la investigación científica (E. S. Marcos (ed.)).
- Chiarimonti, D y Maniatis, K. Security of supply, strategic storage and Covid19: Which lessons learnt for renewable and recycled carbon fuels, and their future role in decarbonizing transport?. *Applied Energy*. [En línea] . 2020, vol. 271. [Fecha de consulta: 24 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115216>. ISSN: 0306-2619.
- Crispín, J. Determinación de la huella de carbono en la empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC en la Unidad Minera El Brocal. Tesis (Maestría en Seguridad y Medio Ambiente en Minería). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018. Disponible en:

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6211/T010_45727071_M%20-%20Abel%20Crispin%20Jurado.pdf?sequen.

Córdova-Suárez, M., Barreno-Ávila, E., Villacrés-Cevallos, P., & Ruíz-Robalino, O. (2020). Transport externalities of bus stations produced by Greenhouse Gas (GHG). *E3S Web of Conferences*, 167(04001), 1–6.

Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial (2013). 7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases efecto invernadero. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.

Diario Gestión. (2020). Perú pasa del 30% al 40% su meta de reducción de gases de efecto invernadero al 2030. Perú. <https://gestion.pe/peru/peru-pasa-del-30-al-40-su-meta-de-reduccion-de-gases-de-efecto-invernadero-al-2030-noticia/>

Dias, A y Arrijoja, L. Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint e case study of office paper. *Journal of Cleaner Production*. [En línea] . 2012, nº 24. [Fecha de consulta: 23 de Octubre de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.005>. ISSN: 0959-6526.

Fernández-Da Costa, C, y otros. Potential and challenges of low-carbon energy options: Comparative assessment of alternative fuels for the transport sector. *Applied Energy*. [En línea] . 2019, vol 236. [Fecha de consulta: 28 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.055>. ISSN: 0306-2619.

Freijo, J (2012). Criterio de selección de un estándar para la medida de la huella de carbono. Escuela de Organización Industrial.

Guilera, J, y otros. Carbon footprint of synthetic natural gas through biogas catalytic methanation. *Journal of Cleaner Production*. [En línea] . 2021, nº 287. [Fecha de consulta: 22 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125020>. ISSN: 0959-6526.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill.

Huang, L, y otros. Carbon footprint of oil products pipeline transportation. *Science of The Total Environment*. [En línea] . 2021, nº 783. [Fecha de consulta: 27 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146906>. ISSN 0048-9697.

Lahcen, B., Brusselaers, J., Vrancken, K., Dams, Y., Da Silva, C., Eyckmans, J., & Rousseau, S. (2020). Green recovery policies for the COVID-19 crisis: Modelling the impact on the economy and greenhouse gas emissions. *Environmental and Resource Economics*, 76, 731–750. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00454-9>

La Notte, A, Tonin, S y Lucaroni, G. Assessing direct and indirect emissions of greenhouse gases in road transportation, taking into account the role of uncertainty in the emissions inventory. *Environmental Impact Assessment Review*. [En línea] . 2018, Vol. 69. [Fecha de consulta: 26 de Octubre de

- 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.11.008>. ISSN: 0195-9255.
- Li, Y., Du, W., & Huisingh, D. (2017). Challenges in developing an inventory of greenhouse gas emissions of Chinese cities: A case study of Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1051–1063.
- Ližbetin, L., Hlatká, M., & Bartuška, L. (2018). Issues concerning declared energy consumption and greenhouse gas emissions of FAME biofuels. *Sustainability*, 10(3025), 1–11. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su10093025>
- Ma, F, y otros. Ecological Pressure of Carbon Footprint in Passenger Transport: Spatio-Temporal Changes and Regional Disparities. *Sustainability*. [En línea] .2018, Vol. 10, nº 2. [Fecha de consulta: 21 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su10020317>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Cambio climático, calidad del aire y transporte.
- Mikhaylov , A, y otros. Global Climate Change and Greenhouse Effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. [En línea] .2020, vol. 7, nº 4. [Fecha de consulta: 25 de Octubre de 2021]. Disponible en: [http://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(21\)](http://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(21)). ISSN: 2345-0282.
- Palomino, J., Peña, J., Zevallos, G., & Orizano, L. (2015). Metodología de la investigación. Editorial San Marcos.
- Pérez, J, y otros. A methodology for estimating the carbon footprint of waste collection vehicles under different scenarios: Application to Madrid. *Transportation Research Part D*. [En línea] . 2019, nº 52. [Fecha de consulta: 21 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.007>. ISSN: 1361-9209.
- Rassol, Y, Zaidi, S y Zafar , M. Determinants of carbon emissions in Pakistan,s transport sector. *Environmental Science and Pollution Research*. [En línea] . 2019, nº 26. [Fecha de consulta: 18 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05504-4>. ISSN: 22907–22921.
- Rodríguez, Juan. Incidencia del consumo de combustible en la huella de carbono en la ciudad de Moyobamba . Tesis (Grado en Ingeniería Ambiental). Moyabamba: Universidad Nacional de San Martín, 2021. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4075/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Juan%20Manuel%20>.
- Roukounakis, N, Valkouma, E y Gerasopoulos, E. The development of a carbon footprint model for the calculation of GHG emissions from highways: the case of Egnatia Odos in Greece. *International Journal of Sustainable Transportation*. [En línea] . 2019. [Fecha de consulta: 20 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1523509>. ISSN: 1556-8318.
- Saavedra-Navarro, K. Cálculo de la huella de carbono de Edegel S.A.A. Tesis (Grado en Ingeniería Industrial y Sistemas). Piura: Universidad de Piura,

2017. Disponible en:
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3161/ING_591.pdf?sequence=1.
- Wang, Z, Yang, Y y Wang, B. Carbon footprints and embodied CO₂ transfers among provinces in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. [En línea] . 2018, nº 82. [Fecha de consulta: 22 de Octubre de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.057>. ISSN: 1364-0321.
- Zandalinas, S, Fritschi, F y Mittler, R. Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster. *Trends in Plant Science*. . 2021, Vol. 26, nº 6. [Fecha de consulta: 25 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.02.011>. .
- Zerón, M y Arias, J. Huella de Carbono según la ISO 14064-1:2011 de las actividades académicas de la Universidad Peruana Unión, sede Lima. Tesis (Grado en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2898/Migumi_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Huella de carbono	De acuerdo a Roukounakis et al. (2019), la huella de carbono es una estimación de la cantidad total de emisiones de dióxido de carbono originadas de manera directa o indirecta por una actividad o en su defecto, puede acumularse en el transcurso de las diversas fases de la vida de un determinado producto (p.3).	Las dimensiones de la variable son fuentes de emisión directa de gases de efecto invernadero y medidas de reducción de emisiones	Fuentes de emisión directas de GEI	Consumo de combustibles líquidos	Intervalo
			Las emisiones directas de GEI, constituye las fuentes que dependa de las fuentes que son propiedad de la empresa (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2013, p. 23).	Tipo de GEI	
			Medidas de reducción Iniciativas, estrategias y políticas eficaces a efectos de mejorar la eficiencia energética (Ma et al., 2018, p.2).	Cantidad de medidas propuestas	

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

Ficha de recolección de datos

Mes	Combustible consumido (En galones) (A)	Combustible consumido (En litros) (B) = (A) * 3.78533	Combustible consumido (En kg) (C) = (B)*0.87	Combustible quemado (TJ) (D) = (C)* 0.00004088	Emisión GEI (kg de GEI)			Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/año) (G) = [(E) + (F) + (G)] / 1.000
					CO ₂ (E) = (D)*70,395	CH ₄ (E) = (D)*3.70	N ₂ O (F) = (D)*3.71	
Enero								
Febrero								
Marzo								
Abril								
Mayo								
Junio								
Julio								
Agosto								
Septiembre								
Octubre								
Noviembre								
Diciembre								
Total								
					Emisiones de GEI (tCO ₂ eq/semana)			

Anexo 3: Consentimiento informado



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado Sres:

Transportes Cruz Del Sur S.A.C.

Por medio de la presente solicito formalmente la autorización correspondiente para el uso y publicación de datos del consumo de combustible líquido de los años 2019 al 2021, debido a que forman parte del trabajo de investigación titulado **Determinación de la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los Años 2019 - 2021**, presentado ante la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Ambiental.

El objetivo de esta investigación es determinar la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los Años 2019 – 2021.

Los datos estarán a cargo del investigador, para el posterior desarrollo de la investigación y publicación. Todo el informe y resultados obtenidos durante el curso de la investigación serán entregados al establecimiento educacional.

De brindar los datos para el estudio los beneficios directos que recibirá usted son los resultados, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Las informaciones recolectadas no serán usadas para ningún otro propósito, además de los señalados anteriormente, sin su autorización previa y por escrito.

Autor: Barrientos Vargas, Elvis Junior

DNI N°: 44912240

Teléfono de contacto: 945744954

En caso de aprobación, favor indicar sus datos:

Nombres y Apellidos del funcionario:

Cargo:

TRANSPORTES CRUZ DEL SUR SAC

Ing. Arturo Noe Rodríguez Rodríguez
GERENTE DE SSOMA - CIP N° 110582