

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Estimación de la huella de carbono generada por las fuentes móviles
empleadas por la comunidad universitaria para desplazarse hacia la
Universidad Católica Sedes Sapientiae Filial Tarma

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL

AUTOR

Juan Carlos Yurivilca León

ASESOR

Natividad Lourdes Ártica Cosme

Tarma, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 025 - 2023/UCSS/FIA/DI

Siendo las 03:00 p.m. del sábado 20 de mayo de 2023, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------|
| 1. Weidi Flores Villanueva | presidente |
| 2. Diego Alexander Zavala Vicuña | primer miembro |
| 3. Yulissa Verónica Melgar Fernández | segundo miembro |
| 4. Natividad Lourdes Ártica Cosme | asesora |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Estimación de la huella de carbono generada por las fuentes móviles empleadas por la comunidad universitaria para desplazarse hacia la Universidad Católica Sedes Sapientiae Filial Tarma** que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, **Juan Carlos Yurivilca Leon**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 20 de mayo de 2023.

Weidi Flores Villanueva
PRESIDENTE

Diego Alexander Zavala Vicuña
1° MIEMBRO

Yulissa Verónica Melgar Fernández
2° MIEMBRO

Natividad Lourdes Ártica Cosme
ASESOR

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Ciudad, Tarma 02 de Octubre del 2023

Señor(a),

Wilfredo Mendoza Caballero

Jefe del Departamento de Investigación/ Coordinador Académico de Unidad de Posgrado
Facultad / Escuela de Ingeniería Agraria UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** bajo mi asesoría, con título: Estimación de la huella de carbono generada por las fuentes móviles empleadas por la comunidad universitaria para desplazarse hacia la Universidad Católica Sedes Sapientiae Filial Tarma, presentado por Juan Carlos Yurivilca León con código de estudiante 2014101118 y DNI 71091370 para optar el **título profesional/**grado académico de ingeniero ambiental ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Natividad Lourdes Artica Cosme

DNI N°: 19863257

ORCID: 0000-0003-1745-2647

Facultad de Ingeniería Agraria
UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A Dios, por no dejarme desfallecer en mi formación profesional y personal, su gran amor nunca me falló y al Señor de los Milagros, representación de amor.

A don Hugo Yurivilca Rodríguez y doña Rosa Elvira Leon Yurivilca, mis padres, por ser el impulso, soporte, ejemplo de superación y el único motivo para seguir adelante; mi gratitud, respeto y amor eterno.

A Kevin Ángel, por su apoyo incondicional que a pesar de su partida hoy, mañana y siempre vivirá en mi recuerdo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae y plana de docentes por aportar en conocimientos en el desarrollo profesional con nuevas experiencias en los cinco años, mi gratitud eterna.

A la Mg. Natividad Lourdes Artica Cosme, por su participación en el desarrollo de inicio y fin de la presente investigación, asimismo a los demás profesionales que formaron parte de la culminación de la presente, mi gratitud eterna.

A Cinthya Sotacuro Martínez, por su confianza e impulso que me motivo a ser mejor y seguir adelante.

A colegas, familiares y amigos, por su apoyo que día a día motivaron a terminar cada faceta profesional, mi gratitud eterna.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas especializadas.....	11
1.2.1. Cambio climático.....	11
1.2.2. Contaminación del aire.....	13
1.2.3. Gases de efecto invernadero (GEI).....	13
1.2.4. Protocolo de gases de efecto invernadero.....	16
1.2.5. Ecoeficiencia.....	18
1.2.6. Criterio de sostenibilidad.....	19
1.2.7. Huella de carbono.....	19
1.2.8. Métodos para el cálculo de la huella de carbono.....	21
1.2.9. Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI.....	22
1.2.10. Alcance de las emisiones de GEI.....	24
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
2.1. Diseño de la investigación.....	26
2.2. Lugar y fecha.....	26
2.3. Población y muestra.....	27
2.4. Técnicas e instrumentos.....	28
2.5. Descripción de la investigación.....	29
2.5.1. Identificación de las fuentes de emisiones de GEI.....	29
2.5.2. Estimación de las emisiones indirectas de GEI (alcance 3) por la distancia recorrida desde casa hacia el campus de la universidad.....	31
2.5.3. Estimación de las emisiones totales de gases de efecto invernadero.....	33

2.6.	Identificación de las variables y su mensuración.....	34
2.7.	Análisis estadístico de datos	36
2.8.	Materiales.....	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....		37
3.1.	Identificar las fuentes móviles que generan mayor emisión de GEI	37
3.2.	Estimación de la huella de carbono.	39
3.2.1.	Estimación de las emisiones totales de huella de carbono.....	44
3.2.2.	Estimación de huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria ..	45
3.2.3.	Estimación de huella de carbono per cápita anual según los estamentos de la comunidad universitaria de la UCSS - Filial Tarma.....	46
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES.....		48
4.1.	Recopilación de información	48
4.2.	Identificar las fuentes móviles que generan mayor emisión de CO ₂	48
4.3.	Estimación de las emisiones de CO ₂	49
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....		52
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....		54
REFERENCIAS.....		56
TERMINOLOGÍA.....		65
APÉNDICES.....		69

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1.</i> Tamaño de la población universitaria	28
<i>Tabla 2.</i> Tamaño de muestras por estamentos de la comunidad universitaria	28
<i>Tabla 3.</i> Fuentes de emisión por alcance.....	31
<i>Tabla 4.</i> Factores de emisión CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O por tipo de vehículo.....	32
<i>Tabla 5.</i> Identificación de las variables y su mensuración	35
<i>Tabla 6.</i> Distancia recorrida acumulada promedio por semana	39
<i>Tabla 7.</i> Emisiones relacionadas con el número de estudiantes de pregrado.....	42
<i>Tabla 8.</i> Emisiones relacionadas con el número de docentes.....	43
<i>Tabla 9.</i> Emisiones relacionadas con el número de personal administrativo	44
<i>Tabla 10.</i> Emisiones totales GEI	45
<i>Tabla 11.</i> Estimación de la huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria de la UCSS.....	45
<i>Tabla 12.</i> Estimación de la huella de carbono per cápita anual según estamentos de la comunidad universitaria UCSS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Emisiones globales de CO ₂	12
<i>Figura 2.</i> Alcance de las emisiones de GEI	30
<i>Figura 3.</i> Tipo de transportes utilizados.....	43
<i>Figura 4.</i> Tiempo invertido en desplazarse hacia la institución.....	44
<i>Figura 5.</i> Emisiones GEI según estamentos.....	40
<i>Figura 6.</i> Emisiones por tipo de transporte y estamentos	46
<i>Figura 7.</i> Emisiones de GEI por transportes	47
<i>Figura 8.</i> Emisiones de GEI de estudiantes de pregrado	42
<i>Figura 9.</i> Emisiones de GEI de docentes	43
<i>Figura 10.</i> Emisiones de GEI del personal administrativo	44
<i>Figura 11.</i> Huella de carbono per cápita anual según estamento de la comunidad universitaria.....	46

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Cuestionario	69
Apéndice 2. Cantidad de ocupación de pasajeros según el tipo de vehículos	71
Apéndice 3. Determinación de los límites organizacionales y operacionales de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Filial Tarma.....	72
Apéndice 4. Distribución de las preferencias en el uso del transporte por la comunidad universitaria para el desplazamiento al campus por estrato.....	73
Apéndice 5. Distribución según el tiempo que tarda la comunidad universitaria en desplazarse al campus.....	74
Apéndice 6. Distribución según el distrito de procedencia y el tipo de estamento de la comunidad universitaria.....	75
Apéndice 7. Cálculos de la huella de carbono – alcance 3 (emisiones indirectas).....	76

RESUMEN

La huella de carbono en la actualidad se ha empleado para evaluar la sostenibilidad sobre las emisiones de gases de efecto invernadero generadas directa o indirectamente por una persona, grupo, organización o empresa ya que representa el volumen total de los gases de efecto invernadero (GEI), que son componentes gaseosos naturales y artificiales de la atmósfera que absorben y difunden la luz causando el incremento de la temperatura, lo que se conoce como el efecto invernadero (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016). El presente trabajo tuvo como objetivo estimar la huella de carbono generada por las fuentes móviles empleadas por la comunidad universitaria para desplazarse hacia el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) - Filial Tarma durante los semestres académicos 2019-II y 2020-I. Para la determinación se empleó basada en el “Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero” así como los factores de emisión del “Panel Intergubernamental del Cambio Climático” (IPCC) y del “Departamento Gubernamental del Reino Unido para el Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales” (DEFRA), para la identificación de las fuentes móviles se obtuvo en base a “Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible” (WBCSD) analizando emisiones de alcance 3 que incluye todas las demás emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de una empresa tales como son fuentes móviles utilizadas. Para ello, se encuestó a una muestra de 303 integrantes de la UCSS Filial Tarma de un total de 767 integrantes de la universidad, considerando su desplazamiento hacia el campus universitario, para calcular la distancia media recorrida por cada tipo de transporte. Se encontró una emisión total 44,845 tCO₂e (número de toneladas de CO₂ equivalente). Siendo la fuente móvil del taxi de mayor emisión de gases de efecto invernadero.

Palabras claves: huella de carbono, tCO₂e, transporte, gases de efecto invernadero.

ABSTRACT

The carbon footprint has currently been used to assess the sustainability of greenhouse gas emissions generated directly or indirectly by a person, group, organization or company, since it represents the total volume of greenhouse gases (GHG), which are natural and artificial gaseous components of the atmosphere that absorb and diffuse light, causing the increase in temperature, which is known as the greenhouse effect (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016). The objective of this work was to estimate the carbon footprint generated by the mobile sources used by the university community to travel to the campus of the Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) - Filial Tarma during the academic semesters 2019-II and 2020-I. For the determination, it was used based on the "Corporate Accounting and Reporting Standard of the Greenhouse Gas Protocol" as well as the emission factors of the "International Panel on Climate Change" (IPCC) and the "United Kingdom Government Department for Climate Change". Environment, Food and Rural Affairs" (DEFRA), for the identification of mobile sources was obtained based on "World Business Council for Sustainable Development" (WBCSD) analyzing scope 3 emissions that include all other indirect emissions that occur in the value chain of a company such as mobile sources used. For this, a sample of 303 members of the UCSS Filial Tarma was surveyed out of a total of 767 members of the university, considering their displacement to the university campus, to calculate the average distance traveled by each type of transport. A total emission of 44,845 tCO₂e (number of tons of CO₂ equivalent) was found. Being the mobile source of the taxi with the highest emission of greenhouse gases.

Key words: carbon footprint, tCO₂e, transportation, greenhouse gases.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático se ha posicionado como una de las amenazas ambientales más graves que enfrentamos en la actualidad (Wang *et al.*, 2021) pues las altas concentraciones de GEI en la atmósfera serían los causantes del incremento de la temperatura global de la tierra tal como lo manifiesta el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2007); además, en la actualidad es considerado como el mayor problema global (Dávila y Varela, 2014) que tienen muchos impactos en la sociedad, la economía y los ecosistemas (Valderrama *et al.*, 2011). El Perú no puede escapar a esta realidad, pues el sector transporte aparte de ser muy antiguo es uno de los mayores emisores de GEI (MINAM, 2016).

Para abordar el cambio climático, es fundamental mejorar la percepción del riesgo del cambio climático y reducir la inacción ante el cambio climático (Wang *et al.*, 2021), para ello, una opción para superar la inactividad es el cálculo de la huella de carbono (HC), un indicador reconocido mundialmente que permite a las empresas, organizaciones e instituciones medir la cantidad total exclusiva de emisiones de dióxido de carbono que es causada directa e indirectamente por una actividad (Shi y Yin, 2021). Asimismo, el valor de conocer la huella de carbono proviene de la perspectiva de saber con más certeza cómo contribuyen los GEI al calentamiento global y al cambio climático (Greenpeace, 2020) razón por la cual a partir de esta estimación es posible formular políticas y estrategias que permitan migrar hacia la carbono neutralidad (Crispín, 2018).

En la actualidad son muchas las empresas, organizaciones e instituciones gubernamentales que han decidido realizar la cuantificación de sus emisiones empleando para ello la estimación de la huella de carbono, como un medio para enfocar los esfuerzos de gestión ambiental y rastrear el desarrollo a lo largo del tiempo (Huang *et al.*, 2009; Larsen *et al.*, 2013), en este sentido un tipo de institución en la que se ha prestado especial atención a los logros sostenibles son las universidades (Larsen *et al.*, 2013) razón por la cual se ha prestado especial énfasis en la determinación de la huella de carbono de la Universidad Católica Sedes Sapientiae con el fin de impulsar la planificación de políticas para la disminución de la huella

de carbono y la ejecución de nuevos estudios que coadyuven a la mejora de la gestión ambiental de la universidad en busca del carbono neutralidad, puesto que el papel de las universidades en la creación de conocimiento, la integración de la sostenibilidad en los programas educativos y de investigación, y la promoción de los temas ambientales a la sociedad es bastante amplio (Lozano, 2010; Stephens y Graham, 2010; Waas *et al.*, 2010).

De otra parte también es necesario tener en consideración que aunque las universidades representan importantes facilitadores del desarrollo sostenible, también pueden contribuir notablemente a la insostenibilidad global (Lozano *et al.*, 2013), esta contribución se ejemplifica principalmente porque las instituciones de educación superior producen grandes cantidades de emisiones de GEI debido a la movilidad de los estudiantes, docentes y personal administrativo (Filimonau *et al.*, 2021).

Son muchas las técnicas y los métodos que se emplean para determinar las emisiones de GEI, pero en este caso en particular se ha empleado la técnica basada en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, así como en los factores de emisión del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA). Estos protocolos existentes varían en alcance, pero generalmente requieren reportar las emisiones de fuentes bajo el control directo de la compañía (Alcance 1), las emisiones de energía comprada directamente (Alcance 2) y con menos enfoque en las emisiones indirectas de la empresa (Alcance 3) (Huang *et al.*, 2009).

Bajo todas estas premisas el trabajo tuvo como objetivo estimar la huella de carbono generada por las fuentes móviles empleadas por la comunidad universitaria para desplazarse hacia el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) - Filial Tarma durante los semestres académicos 2019-II y 2020-I, para ello se ha considerado las emisiones de alcance 3 relacionados al transporte de los miembros de la comunidad universitaria desde y hacia el campus de la universidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Estimar la huella de carbono generada por las fuentes móviles empleadas por la comunidad universitaria para desplazarse hacia el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae Filial Tarma.

Objetivos específicos

- Identificar las fuentes móviles que generan mayor emisión de gases de efecto invernadero en el desplazamiento de alumnos, docentes y personal administrativo al campus universitario de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma.
- Cuantificar las emisiones de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) en fuentes móviles generados por el traslado de la comunidad universitaria hacia el campus de la universidad.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Internacionales

Rodas (2014) en la tesis “Estimación y Gestión de la huella de carbono generada en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar”, tuvo como objetivo principal estimar la huella de carbono generada en el Campus Central y brindar elementos técnicos y administrativos para gestionar su impacto ambiental. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, y del tipo descriptivo identificando las fuentes de gases de efecto invernadero (GEI) generados por las actividades diarias de instrucción, investigación y gestión, incluyendo el desplazamiento hacia el campus de la universidad, para luego cuantificar la Huella de Carbono entre los años 2007 y 2012. Para estimar y gestionar las emisiones empleó la hoja de cálculo de Excel, Clean Air – Cool Planet Campus Carbon Calculator, en su versión canadiense, por ello cuantificó el consumo de recursos de cada actividad para luego asignarle los respectivos coeficientes de emisión y capacidad de calentamiento para cada GEI como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Los resultados indicaron que el principal origen de las emisiones de GEI fue la adquisición de energía eléctrica (99 %) y el 1 % restante fue atribuido al traslado de estudiantes, plana de catedráticos y personal administrativo hacia el campus universitario. Concluyó que la adquisición de energía debe ser compensado con aproximadamente 955 431 árboles o 95,54 km² (9 554 ha) de cobertura boscosa, admitiendo que un árbol absorbe en promedio 1,5 toneladas (t) de CO₂ cuando crece durante 50 años (0,03 t CO₂/año) y que el bosque está compuesto por un árbol cada 10 metros (10 000 árboles/km²).

Hermosilla (2015) en la tesis “Cálculo de la huella de carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: en busca de ecoeficiencia”, tuvo como objetivo calcular la huella de carbono en la universidad con la finalidad de generar ecoeficiencia. El enfoque fue cuantitativo ya que realizó la medición de la huella de carbono, con el fin de tener una base de datos de referencia para ejecutar trabajos de investigación y campañas futuras de concientización ambiental dirigidas a la comunidad universitaria. Para la medición empleó una metodología adaptada en base a ISO 14064-1 y el protocolo GHG. Las mediciones estuvieron basadas en los desplazamientos de los automóviles, adquisición de gas natural, la generación de residuos peligrosos, papel, agua, energía eléctrica, la circulación vehicular de la comunidad universitaria y las emisiones tráfuga de HFC. Los resultados mostraron una Huella de Carbono total de 9 088,395 toneladas de CO₂ equivalente, teniendo como mayor fuente de emisión de GEI (gases de efecto invernadero) a la movilidad del PDI (personal docente e investigación), del PAS (personal de administración y servicios) y del alumnado con 7 158,14 toneladas de CO₂ equivalente, seguida del consumo de energía eléctrica con 1540,29 toneladas de CO₂ equivalente. La investigación concluyó, que para compensar las emisiones de CO₂ a la atmósfera deben realizar acciones de ahorro y eficiencia energética, además de proyectos de captación de CO₂ mediante la siembra de limoneros.

Torres (2015) en la tesis “Herramienta web para el cálculo de la huella de carbono en el programa Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena a través de tecnología JSP (La tecnología JavaServer Pages)”, tuvo como objetivo principal implementar una herramienta web para el cálculo de la huella de carbono a través de tecnología JSP (La tecnología JavaServer Pages). La investigación fue de tipo cuantitativa - experimental. La metodología utilizada para desarrollar el *software* tuvo base en RUP (proceso unificado racional); asimismo, agrega como modelo la medición de la huella de carbono de Carbon Footprint Ltda. (Huella de Carbono Ilimitada), las fundaciones Reduce tu Huella, Colombia Verde y Carbon Zero, para lo cual tuvo como variables las emisiones generadas por combustibles, calor y energía, electricidad y consumo de productos orgánicos. Implementó y alojó el *software* en la página web de la universidad, este programa fue desarrollado bajo el entorno tecnológico de las Páginas del Servidor Java (JSP), y los resultados de la determinación de la Huella de carbono fue de 67 4213,4 kg CO₂ para el primer semestre y de 73 3605 kg CO₂ para el segundo semestre, con un incremento de 59 391,6 kg CO₂ del segundo semestre con respecto al primero. El estudio concluyó en que es

necesario cambiar hábitos como la optimización del uso del papel, de la energía eléctrica con el fin de reducir la huella de carbono; además planteó la siembra de árboles, limpieza de cuerpos de agua entre otras actividades.

Nacionales

Arvildo (2021), en la Tesis “Estimación de la huella de carbono de la Unidad de Gestión Educativa Local – Leoncio Prado, Periodo 2015-2019”, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, tuvo como objetivo principal estimar la huella de carbono de la Unidad de Gestión Educativa Local – Leoncio Prado proveniente de las actividades fuentes de emisión de gases de efecto invernadero. El estudio se basó en la metodología del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte, utilizando los factores de emisión del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). En el estudio se identificó el consumo de combustible (alcance 1), consumo de energía eléctrica (alcance 2), viajes terrestres, consumo de agua y consumo de papel (alcance 3). Encontrándose que en el año 2018 el alcance 1 y 2 se dieron los valores más altos, siendo 34,65 toneladas de CO₂ equivalente de emisiones y 361,95 toneladas de CO₂ equivalente de emisiones, respectivamente y para el alcance 3, registró un valor mayor el año 2015, con 80,72 toneladas de CO₂ equivalente de emisiones. Se obtuvo un resultado total de huella de carbono, donde el año 2018, se registró un mayor valor de 505,24 toneladas de CO₂ equivalente de emisiones y se determinó, para el año 2019 una huella de carbono per cápita de 4,77 toneladas de CO₂ equivalente/persona.

Hinostroza (2019) en la tesis “Huella de Carbono del Traslado de Estudiantes, Profesores y Trabajadores de la Universidad Ricardo Palma (URP)”, tuvo como objetivo principal la determinación de la huella de carbono del desplazamiento hacia el campus universitario de estudiantes, docentes y trabajadores de la Universidad Ricardo Palma (URP), ubicada en el distrito de Santiago de Surco, Lima. La metodología fue bajo los lineamientos, herramientas y guías del estándar corporativo de contabilidad y reporte (ECCR) establecidas por el Protocolo de GEI (GHG protocol), los factores de emisión del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y del Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). Para estimar las emisiones GEI, se consideró una muestra aleatoria con el 95 por ciento de confianza a las que se le aplicó a 1167 miembros de la comunidad universitaria

con el objetivo de determinar los hábitos de transporte en el desplazamiento hacia y desde el campus URP de la comunidad universitaria. Como resultado se obtuvo como resultado 332,42 toneladas de CO₂ equivalente, de los cuales el 38 por ciento corresponde a medios de transporte particulares. Se plantearon propuestas de reducción y se propone cultivar 0,53 hectáreas de la especie Paulownia Tomentosa para compensar la totalidad de emisiones.

Común y Saavedra (2017) en la tesis “Estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizadas para desplazarse hacia la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM)”, tuvieron como objetivo principal estimar la huella de carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizados para desplazarse hacia la Universidad, durante el año 2016, con la finalidad de plantear iniciativas para reducir y gestionar las emisiones de GEI. La metodología fue basada en el documento: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (p. 28), además del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de la Cadena de Valor (p.28) y Factores de emisión del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) y del DEFRA (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales). Para ello aplicaron las encuestas a 1 066 personas, integrantes de la universidad, con el fin de recabar datos sobre las formas de traslado y las distancias a la universidad, los que fueron convertidos en emisiones de CO₂. Los resultados indicaron que la mayor cantidad de las emisiones contabilizadas fueron la de los buses universitarios, del transporte público y privado, obteniéndose en total 1 490,12 toneladas de CO₂, con un 93 % pertenecen al transporte masivo mayoritariamente a los buses tipo coaster, en la evaluación per cápita a estudiantes de pregrado 0,21 toneladas CO₂, posgrado 0,01 toneladas de CO₂, docentes 0,34 toneladas de CO₂ y personal administrativo 0,26 toneladas CO₂.

Cardenas (2017) en la tesis “Cálculo de la Huella de Carbono del archivo central Hochschild Mining Sede Lima 2016”, tuvo como objetivo principal determinar la huella de carbono del archivo central de Hochschild Mining de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El trabajo fue de tipo analítico descriptivo con enfoque cuantitativo. La metodología estuvo basada en los lineamientos del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y los factores de emisión del Panel

Intergubernamental de Cambio Climático. El estudio tuvo como resultado la emisión de 54,52 toneladas de CO₂ equivalentes para el año 2016 y una media de 4,54 toneladas de CO₂ equivalentes por cada persona que trabaja en el archivo central, donde la principal fuente de emisiones fue el empleo de energía eléctrica con 25,92 toneladas de CO₂ lo que representa el 47,54 % del total de emisiones; luego ubica el transporte del personal al trabajo, estimándose 13 toneladas de CO₂ que representa el 23,84 %, seguido del uso de combustibles para los vehículos terceros con 5,87 toneladas de CO₂ que representa el 10,77 %. El autor concluyó que es de suma importancia promover políticas a fin de conseguir la disminución de las emisiones de GEI.

Jerí y Velásquez (2016) en la tesis “Cálculo de la huella de carbono en una empresa de fabricación e instalación de pisos de madera”, tuvo como objetivo principal calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de una empresa que fabrica e instala pisos machihembrados de madera; el trabajo fue llevado a cabo en una maderera ubicada en el parque industrial de Villa el Salvador, provincia y departamento de Lima. Emplearon la metodología del protocolo de gases de efecto invernadero estándar corporativo de contabilidad y reporte, obteniéndose un resultado de 88,40 toneladas de CO₂ equivalente, lo que representa 0,05 kg de CO₂/m³ de machihembrado producido, en lo que corresponde a las emisiones indirectas, determinando que el consumo eléctrico constituye la mayor fuente de emisiones de GEI con 69,54 %. Bajo estos resultados propusieron acciones para reducir y compensar las emisiones de GEI, con propuestas de acciones que permitan lograr una empresa carbono neutral, tales como, corregir la potencia y la instalación de condensadores en el sistema eléctrico para reducir las emisiones hasta 18,37 toneladas de CO₂, con el fin de neutralizar la huella de carbono, además propusieron sembrar 3,65 ha de plantas de capirona. En conclusión, la intención del estudio fue colaborar con la estrategia nacional frente al cambio climático por medio del uso de actividades de cuantificación y luego disminuir las emisiones de GEI de cada una de las actividades, tomando como ejemplo el caso de la empresa maderera y la cadena de suministros.

Carcelén (2014) en la tesis “Estudio de las emisiones atmosféricas de buses urbanos con motores diésel en Lima y Callao en base a la metodología Copert”, tuvo como objetivo principal cuantificar los niveles de emisión de GEI para buses diésel de Lima y Callao, para

que después, sirva como herramienta en la toma de decisiones en la renovación de vehículos. La metodología fue basada en conseguir la base de datos de los vehículos que prestaron servicio de transporte público en Lima y Callao. Los resultados de emisiones totales para el CO₂ fueron de 220 358 t/año, para PM10 fueron 2034 t/año, para el HCT en 643 t/año y para NO_x 7250 t/año. Después de analizar los resultados el autor realizó una descripción de la legislación sobre la venta de combustibles diésel en Lima y Callao, posteriormente caracterizó los vehículos de transporte por muestreo, el que representó el 11,1 % del total de vehículos, resultando que el 72,2 % representó a los buses sin norma de emisión para su fabricación, anteriores a 1992, representando más del 70 % de las emisiones de GEI en Lima y Callao procurando luego identificar los volúmenes de emisiones por clase de vehículo y norma de emisión para su fabricación, lo que permite obtener factores de corrección que permita obtener resultados más confiables y de conformidad con la metodología COPERT. El estudio concluyó que, existen hasta tres escenarios para reducir la excesiva cantidad de vehículos existentes actualmente y reemplazar los vehículos fabricados sin norma de emisiones por otros fabricados con norma euro III hacia adelante, logrando con ello una reducción de hasta el 90 % de emisiones.

Cuba y Sotil (2015), en la tesis “Determinación de la huella de carbono de las actividades administrativas del Instituto Metropolitano Protransporte de Lima”, tuvieron como objetivo principal determinar la huella de carbono de las actividades administrativas de PROTRANSPORTE del año 2009 (p. 4), El trabajo fue de enfoque cuantitativo, cuya metodología de identificación de los GEI estuvo basada en los cinco pasos del GHG Protocol, además, emplearon la metodología del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) con las técnicas de inventario de arriba hacia abajo Top-Down y de abajo hacia arriba Bottom-Up. Los autores obtuvieron como resultado las fuentes generadoras de GEI en el consumo de combustibles, el gasto de energía eléctrica, consumo de papel, agua y transporte del personal, que en el año base generaron 498,36 tCO₂ equivalente. Cada Trabajador de Protransporte emitió 3,19 tCO₂e, además de su inventario de los gases de efecto invernadero (CH₄, N₂O y CO₂) obtuvieron como resultado que la emisión que más impacta es de los trabajadores en su traslado por medio de fuentes móviles que usan para desplazarse de sus hogares hacia Protransporte. Los autores concluyeron que las actividades de la entidad deben tener un modelo ecoeficiente.

Regionales

Arias (2020) en la tesis “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”, el autor determinó la huella de carbono en las actividades administrativas correspondiente a la Municipalidad Distrital de Carhuamayo en el año 2018. El estudio fue de enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y diseño no experimental. Para determinar la huella de carbono analizó el consumo de combustibles de los vehículos y el consumo de energía. Como resultado obtuvo que durante el año 2018 estos generaron un total de 93,68 tCO₂e de emisión de GEI, correspondiendo 35,43 tCO₂e al consumo de combustible diésel y 58,25 tCO₂e al consumo de gasolina; mientras que el consumo de energía eléctrica reportó un equivalente de 21,085 tCO₂e. El estudio concluyó en realizar la reforestación de diversas áreas del distrito y la promoción de la educación ambiental entre los empleados y obreros de la municipalidad.

Meza (2020) en la tesis “Huella Ecológica en la población del Distrito de Yauyos, Jauja”, tuvo como objetivo determinar la huella ecológica en la población del distrito de Yauyos, Jauja. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y tipo aplicado. La metodología empleada para obtener los datos de huella ecológica consistió en realizar una encuesta con 26 reactivos, que fue aplicada a la muestra conformada por 380 personas. Los resultados indicaron una huella ecológica para la población es de 1,1364 hag./persona y por categorías: HE de cultivo con 0,3237 hag./persona, HE de pastoreo con 0,3992 hag./persona; HE de transporte con 0,0745 hag./persona; HE energética con 0,1300 hag./persona; HE energética para agua con 0,0023 hag./persona y HE adicional con 0,1917 hag./persona. El estudio concluyó que los valores de la Huella ecológica al igual que las de sus categorías son similares al valor de HE departamental calculada por el Ministerio del Ambiente.

Artica (2013), en el artículo de investigación “Huella Ecológica del departamento de Junín” tuvo como objetivo principal determinar la huella ecológica de las nueve provincias que comprende el departamento de Junín. El trabajo fue de enfoque cuantitativo. La metodología aplicada fue de William Rees y Mathis Wackemagel, para lo cual organizó una base de datos

que fue obtenida del INEI, población, Ministerio de Agricultura y Electrocentro. Posteriormente aplicó encuestas de tipo cuestionario; donde la información permitió realizar los cálculos de las subhuellas de energía, pastos, bosques, cultivo, mar y superficie construida. Los resultados obtenidos fueron comparados entre todas las provincias a fin de determinar la biocapacidad de cada una de ellas; posterior a la diferencia entre la biocapacidad (recursos disponibles) y la huella ecológica (demanda de los recursos), obtuvo como resultado el déficit ecológico, con ello se pudo indicar si los habitantes del departamento de Junín, disponen de excedentes ecológicos o si el consumo de los recursos, expansión de los territorios, capital natural están siendo degradadas comprometiendo su calidad y disponibilidad de las generaciones futuras. El autor concluyó que el departamento de Junín tiene una huella ecológica de 1,19 hag./hab y una biocapacidad de 2,9 hag./hab. Presentando un excedente ecológico de 1,74 hag./hab.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Cambio climático

El cambio climático se refiere a los cambios en los climas de la Tierra, a escala local, regional o global, y se usa más comúnmente para describir el cambio climático antropogénico o causado por el hombre (Ramkumar, 2020). Desde el periodo preindustrial (a partir de 1850), el término cambio climático se ha utilizado más comúnmente para describir los cambios en el clima de la Tierra causados principalmente por la actividad humana, en particular la quema de combustibles fósiles y la eliminación de bosques, lo que ha provocado un aumento relativamente rápido de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2014; Ramkumar, 2020).

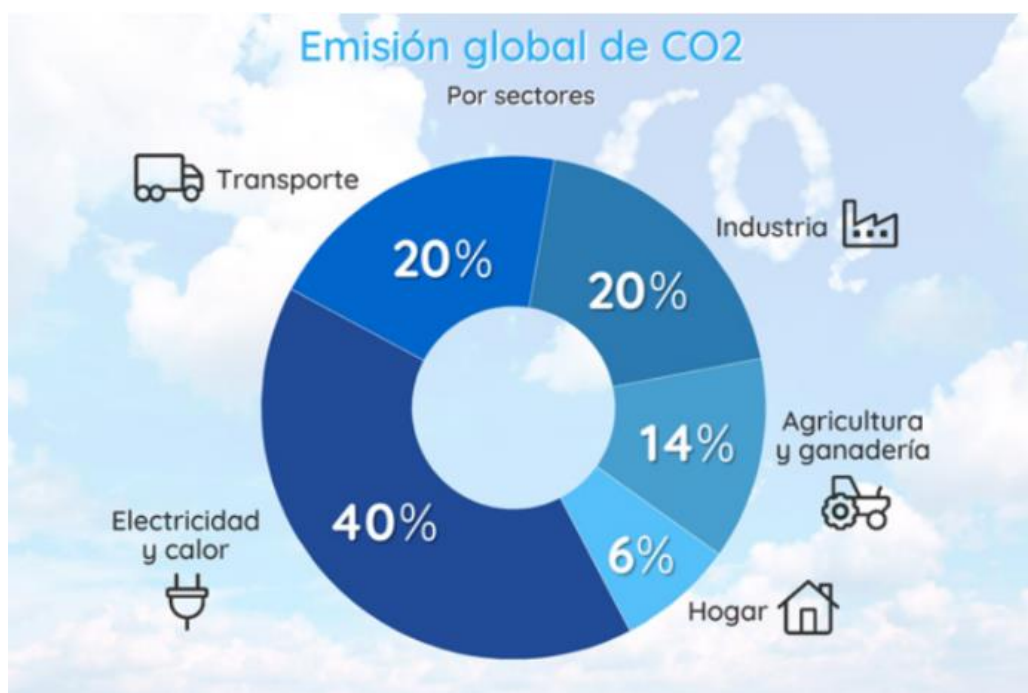
Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2007) el concepto de calentamiento global explica un cambio global en el clima determinable a causa primordial de una alteración en el costo medio y/o en la variabilidad de sus características, que permanece a lo largo de prolongadas fases de tiempo, generalmente monumentales períodos. El calentamiento global se proyecta a métodos internos naturales, a forzamientos externos o alteración antropógenos de la composición de la atmósfera y deterioro constante

de la tierra. De acuerdo con la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, publicada por las Naciones Unidas (1992) el cambio climático es una variación de clima acusado de manera directa o de forma indirecta a la actividad humana que modifica la estructura de la atmósfera mundial y que se adiciona a la alteración natural del clima.

La mayor fuente antropogénica (causada por el hombre) de emisiones de dióxido de carbono es el sistema energético mundial, lo que significa que transformar el sistema energético mundial es una de las formas más importantes de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático (Figura 1).

Figura 1

Emisiones globales de CO₂



Nota. Figura tomada de Addingplus (2021).

El calentamiento global es un fenómeno que el Perú está afrontando en las últimas décadas; temas marcados como: la pérdida de los glaciares, los fenómenos del Niño y la Niña, entre otros, fueron estudiados y analizados para establecer el efecto que éstos fenómenos tienen sobre la infraestructura, economía, agricultura y salud pública (Manzur y Alva, 2013).

1.2.2. Contaminación del aire

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2021), se indica que el aire está contaminado cuando su composición se ve alterada por elementos ajenos, en distintas cantidades y por lapsos de tiempo distintos a lo normal, resultando ser nocivos para los seres vivos. Es por ello que se entiende que el aire puro realmente no existe, pues existe un intercambio continuo de materiales entre los seres vivos, la atmósfera, la hidrósfera y la litósfera.

Asimismo, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA] (2019) indica que la contaminación del aire es causada por partículas sólidas y líquidas, así como ciertos gases que están suspendidos en el aire. Estas partículas y gases pueden provenir de escapes de automóviles y camiones, fábricas, polvo, polen, esporas de moho, volcanes e incendios forestales. Las partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire se llaman aerosoles.

1.2.3. Gases de efecto invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero (GEI) son compuestos gaseosos que pueden emitir radiación ultravioleta dentro de un cierto rango de infrarrojos térmicos (Johansson *et al.*, 2020). Los gases de efecto invernadero retienen altas temperaturas en la atmósfera inferior, lo que permite que se escape menos calor al espacio. Esto posteriormente da como resultado el efecto invernadero y el calentamiento global. El efecto invernadero es un proceso natural que calienta la superficie de la Tierra a una temperatura por encima de la cual estaría sin la atmósfera. La intensidad del efecto invernadero depende en gran medida de la temperatura de la atmósfera y de la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Yoro y Daramola, 2020).

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [US EPA] (2015), los gases que atrapan el calor en la atmósfera se denominan gases de efecto invernadero (GEI). Esta sección proporciona información sobre las emisiones y absorciones de los principales gases de efecto invernadero hacia y desde la atmósfera.

Los gases de efecto invernadero son vitales para mantener una temperatura habitable para la Tierra porque si no hubiera ningún gas de efecto invernadero presente en la atmósfera, la temperatura media de la superficie de la Tierra sería de unos 18 °C (Olaniyi *et al.*, 2014). Los gases de efecto invernadero comunes presentes en la atmósfera incluyen vapor de agua, clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y ozono (O₃). Sin embargo, los investigadores han señalado que los cuatro principales gases de efecto invernadero que atraen una gran atención mundial en la actualidad son el dióxido de carbono (CO₂), el dióxido de azufre (SO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) (Yoro y Daramola, 2020). A continuación, se describen algunos de los GEI:

Dióxido de carbono (CO₂). El dióxido de carbono es de los gases más comunes y relevantes en el sistema atmósfera-océano-tierra, es el más común GEI, ligado a las ocupaciones humanas y de procedencia natural, además, en segundo plano es el gas más fundamental en el calentamiento de la tierra, detrás del vapor de agua. El CO₂ se genera primordialmente, por adquisición y uso de combustibles fósiles como el gas natural, carbón, el petróleo y sus derivados (Benavides y León, 2007).

Metano (CH₄). El metano es un gas dinámico y pertenece a los gases de efecto invernadero y tiene relevancia en la obtención de la capacidad de oxidación de la tropósfera. A finales de la década de los noventa la carga atmosférica de metano era de 4 800 x 10¹² gramos, esto representa el doble de la cantidad presente durante la era preindustrial. Este aumento en la carga atmosférica del metano ha cooperado cerca de un 20 % del forzamiento radiactivo directo a causa de las emisiones de gases antropogénicas. Este gas es retirado de la atmósfera por reacción con radicales hidroxilos (OH) transformándose al final en CO₂ (Benavides y León, 2007).

Óxido nitroso (N₂O). Proviene de dos fuentes ya sea natural y/o antropogénica, colabora en un 6 % a la presión del efecto invernadero. Sus principales generadores son los océanos, la incineración de combustibles fósiles, biomasa y la agricultura. En la tropósfera el óxido nitroso se encuentra inerte por medio de las reacciones fotoquímicas en la estratósfera que perjudican la cantidad de concentración de ozono estratosférico (Benavides y León, 2007).

Compuestos halogenados. Los halocarbonos tienen como consecuencia sobre el forzamiento radiativo ya sea indirectos como directos. Los clorofluorocarbonos (CFCs) como el CFC₁₁ (CFC₃) y el CFC₁₂ (CF₂C₁₂) son un conjunto de compuestos que no se encuentran de manera natural en la atmósfera. A partir del inicio de la elaboración de los CFC a comienzos de 1930, estos se han empleados como gases solventes refrigerantes en prácticas industriales como el aseo en seco y como propelente de aerosoles. Otros productos que dentro de su composición contienen cloro incluyen los hidroclorofluorocarburos (HCFC), el tetracloruro de carbono y el metil cloroformo, los halones son aquellos que contienen bromo en su composición, el bromometano o bromuro de metilo y los hidrobromofluorocarburos (HBFC) (Benavides y León, 2007). Estos compuestos son de baja reactividad en la tropósfera, sin embargo, en la estratósfera pierden los átomos de cloro y bromo (a través de procesos fotoquímicos) y posteriormente destruyen catalíticamente el ozono. Estos compuestos también contribuyen al forzamiento del efecto invernadero (Benavides y León, 2007).

Ozono troposférico. Benavides y León (2007) indican que el ozono se presenta en la estratósfera superior, donde protege de niveles perjudiciales a la tierra de radiación ultravioleta y en concentraciones más bajas en la tropósfera, donde es el componente principal del smog fotoquímico antropogénico. La pérdida de ozono en la estratósfera fue causada por las emisiones de halocarburos con una composición de cloro y bromo, tal como CFCs, con consecuencia de forzamiento radiactivo negativo (Benavides y León, 2007).

Vapor de agua. Es el gas de efecto invernadero con grandes concentraciones en la atmósfera y las nubes compuestas por vapor de agua, son parte principal del invernadero planetario. En comparación con el dióxido de carbono y el metano, el vapor de agua concentrado en nubes provoca el mismo efecto de calentar el planeta, secuestrando al calor que se encuentra en la parte inferior de ellas (Benavides y León, 2007).

Óxidos de nitrógeno (NO_x). Son un grupo de gases traza que se localizan en la tropósfera de la Tierra. Su procedencia es de procesos antropogénicos como los motores de automóviles y las centrales generadoras de energía, así como también proceden de forma natural ya sea por la quema de biomasa y actividad microbiana del suelo. Los componentes de índole primordial son: el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno NO₂ de color marrón-rojizo, venenoso y fuerte olor, el HNO₃, los aerosoles nitrados y el Peroxi- Acetil- Nitrato (PAN).

La suma de compuestos del NO y el NO₂ es en su mayoría representada con la simbología de NO_x. El NO y el NO₂ son compuestos primarios que son emitidos por actividad antropogénicas, mientras que los sobrantes son compuestos secundarios resultantes de conversiones en la atmósfera. El óxido nitroso (N₂O) es inerte en la tropósfera, siendo su química diferente a la de los óxidos de nitrógeno (Benavides y León, 2007).

Monóxido de carbono (CO). Es un gas inodoro e incoloro, siendo el principal sumidero en la tropósfera del radical hidróxido (OH), formando parte de la extensa variedad de reacciones que oxidan el azufre. El monóxido de carbono tiene valor climatológico debido a que su cantidad de concentración afecta indirectamente a la generación de otros gases de efecto invernadero como el caso del ozono troposférico y el metano (Benavides y León, 2007).

Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM). Las emisiones a la atmósfera de compuestos volátiles diferentes al metano son el resultado de la combustión incompleta. Los compuestos orgánicos volátiles son directamente contribuyentes por patrones de uso, tamaño y tipo del equipo en manipulación, el mantenimiento constante y la tecnología de la operación. Pueden variar las velocidades de emisión según las órdenes de dimensión para equipos que son incorrectamente o sin conocimientos previos operados, como puede ser el caso de equipos automotores con una vida de uso largo (Benavides y León, 2007).

Óxidos de azufre y partículas. No forman parte del grupo de gases de efecto invernadero, pero en la atmósfera su existencia y concentración puede influenciar en los patrones el clima. El SO₂ es un precedente de los aerosoles debido a que tiene la propiedad de reaccionar con diversas variedades de oxidante generada foto químicamente para obtener aerosoles sulfatados y tiene un resultado de descenso de temperatura sobre el clima, por consiguiente, en la modelación del clima debe ser incorporada (Benavides y León, 2007).

1.2.4. Protocolo de gases de efecto invernadero

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero en sus siglas en inglés (GHG Protocol) es una organización sin ánimo de lucro fundada en 1998 como resultado de la colaboración entre el Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo

Sostenible. Ayuda a las empresas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero estableciendo normas para ayudarlas a gestionar sus emisiones. Ofrecen normas, directrices, herramientas y formación para que la industria y los gobiernos puedan cuantificar y controlar las emisiones que calientan el clima, por decirlo de otra manera. El Protocolo de GEI es muy reconocido por clasificar las emisiones en tres categorías: alcance 1, 2 y 3 (Worldfavor, 2020).

El Estándar de informes y contabilidad corporativa del Protocolo de GEI ayuda a las empresas y otras organizaciones a identificar, calcular e informar las emisiones de GEI. Está diseñado para establecer el estándar para la contabilidad y posterior elaboración de los informes, completos, consistentes, relevantes y transparentes de las emisiones de GEI por parte de empresas y organizaciones, incluida la información sobre el establecimiento de límites organizacionales y operativos, el seguimiento de las emisiones a lo largo del tiempo y concluir con el informe de las emisiones. También proporciona orientación sobre los principios de contabilidad y presentación de informes de GEI, objetivos comerciales y diseño de inventarios, gestión de la calidad del inventario, contabilidad de las reducciones de GEI, verificación de las emisiones de GEI y establecimiento de un objetivo de GEI (Bhatia *et al.*, 2004).

Los criterios del Protocolo de GEI se aplican a los sectores empresarial y gubernamental, así como a las cadenas de valor, los bienes, las ciudades y las políticas. El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero en sus siglas en inglés (GHG Protocol) ha sido aceptado por numerosas empresas y organizaciones como las normas de contabilidad de gases de efecto invernadero más utilizadas en el mundo. Según una investigación de 2016, el Protocolo de GEI fue empleado por el 92 % de las empresas de la lista Fortune 500 directa o indirectamente a través de un programa basado en el Protocolo de GEI (Worldfavor, 2020). Los países firmaron el Acuerdo de París comprometiéndose a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el calentamiento global por debajo de 1,5 °C. Como resultado, numerosas ciudades de todo el mundo se han comprometido a utilizar el Protocolo de GEI, y un número creciente de naciones lo están haciendo a nivel nacional. El protocolo ayuda a las ciudades y a los países a diseñar objetivos de mitigación del cambio climático, evaluar e informar sobre los progresos realizados en la consecución de los objetivos y

estimar las consecuencias de las políticas y actividades en materia de gases de efecto invernadero (Worldfavor, 2020).

1.2.5. Ecoeficiencia

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], (2008) presenta una definición simple y amplia para la ecoeficiencia, mencionando que es la eficiencia con la que se utilizan los recursos ecológicos para satisfacer las necesidades humanas, un término introducido por Schaltegger y Sturm (1989) como la relación entre el valor económico agregado y el impacto ecológico agregado; en otras palabras, crear el mayor valor económico con el menor impacto ecológico posible; por lo tanto, la ecoeficiencia tiene una dimensión ecológica y económica (Desli *et al.*, 2021).

Para la página *web* nibusinessinfo (2017) la ecoeficiencia significa producir bienes y servicios que satisfagan las necesidades de sus clientes mientras utilizando los niveles mínimos de recursos tienen un impacto mínimo en el medio ambiente y la sociedad. La ecoeficiencia implica diseñar o rediseñar productos, servicios, procesos o sistemas para evitar o reparar daños al medio ambiente, la sociedad y la economía. El ecodiseño está presente a nuestro alrededor: en suelos sostenibles, sistemas de calefacción de energía verde, embalajes ecológicos e incluso productos reciclables.

Hay diez consideraciones ambientales o principios fundamentales en el corazón de la ecoeficiencia, que a consideración de nibusinessinfo (2017) son:

- Utilizar materiales con menor impacto ambiental.
- Utilizar menos materiales en general en la fabricación de productos.
- Utilizar menos recursos durante el proceso de fabricación.
- Producir menos contaminación y residuos.
- Reducir los impactos ambientales de la distribución de productos.
- Garantizar que los productos utilicen menos recursos cuando los utilizan los clientes finales.

- Asegurar que los productos causen menos desperdicio y contaminación cuando están en uso.
- Optimizar la función de los productos y garantizar la vida útil más adecuada.
- Facilitar la reutilización y el reciclaje.
- Reducir el impacto ambiental de la eliminación.

1.2.6. Criterio de sostenibilidad

Los criterios de sostenibilidad y su contenido deben estar vinculados a la comprensión del desarrollo sostenible y la sostenibilidad, definiéndose como requisitos para la calidad de un producto y su producción sostenible, que deben cumplirse para adquirir un estado o certificación de sostenibilidad (Pavlovskaja, 2014). Este concepto debe estar ligado a conocer un proceso sostenible, pues es aquel que limita el consumo de recursos y la generación de desechos a un nivel aceptable, hace una contribución positiva a la satisfacción de las necesidades humanas y proporciona un valor económico duradero a la empresa comercial (Bakshi y Fiksel, 2003).

1.2.7. Huella de carbono

Hoy en día, el término huella de carbono se usa a menudo como abreviatura de la cantidad de carbono (generalmente en toneladas) que emite una actividad u organización. La huella de carbono también es un componente importante de la Huella Ecológica, ya que es una demanda en competencia por un espacio biológicamente productivo. Las emisiones de carbono de la quema de combustibles fósiles se acumulan en la atmósfera si no hay suficiente biocapacidad dedicada a absorber estas emisiones. Por lo tanto, cuando la huella de carbono se informa dentro del contexto de la Huella Ecológica total, las toneladas de emisiones de dióxido de carbono se expresan como la cantidad de área de tierra productiva requerida para secuestrar esas emisiones de dióxido de carbono. Lo anterior indica cuánta biocapacidad es necesaria para neutralizar las emisiones de la quema de combustibles fósiles (Global Footprint Network [GFN], 2017).

La captura y utilización de CO₂ como materia prima de carbono para productos químicos, combustibles o polímeros se discute con frecuencia para reemplazar el carbono fósil y, por

lo tanto, ayudar a mitigar el cambio climático. Las reducciones de emisiones por Captura y Utilización de Carbono (CCU) dependen en gran medida de la elección de la fuente de CO₂ porque las fuentes de CO₂ difieren en la concentración de CO₂ y la demanda de energía resultante para la captura. Desde la perspectiva del cambio climático, el CO₂ debe capturarse en la fuente de CO₂ con las emisiones de CO₂ más bajas de la captura. Sin embargo, las huellas de carbono reportadas difieren ampliamente para el CO₂ capturado, de fuertemente negativo a fuertemente positivo para la misma fuente (Jan *et al.*, 2020).

La huella de carbono del suministro de CO₂ se puede contabilizar adecuadamente mediante la evaluación del ciclo de vida (LCA). LCA es un método holístico bien establecido que tiene en cuenta todo el ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta la eliminación final de desechos para múltiples impactos ambientales. El ACV (Análisis del Ciclo de Vida) está estandarizado de acuerdo con las normas ISO 14040, 14044 y 14067. Las normas ISO genéricas se han adaptado recientemente para la utilización de CO₂ en las directrices de ACV desarrolladas por la Iniciativa Global de CO₂ y el Laboratorio Nacional de Tecnología Energética del Departamento de Energía de EE. UU. Estas directrices LCA se han vinculado a la evaluación tecnoeconómica (TEA) permitiendo una evaluación armonizada de LCA y TEA para la utilización de CO₂ (Jan *et al.*, 2020).

Sin embargo, a pesar de estos estándares y lineamientos de LCA, en la práctica actual, se aplican varios enfoques contables que conducen a una amplia gama de emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono). En algunos estudios, por ejemplo, se supone que simplemente se dispone de un flujo concentrado de CO₂ y que consumir este flujo genera emisiones negativas de -1 kg CO₂e emisiones por kg de CO₂ capturado. En otros estudios, se dispone de una corriente de gas de combustión con una composición definida, pero la fuente de esta corriente no está incluida en el estudio. Suponiendo un CO₂ más o menos concentrado, el flujo está simplemente disponible, descuida el principio fundamental de LCA para considerar todas las partes relevantes del ciclo de vida. La huella de carbono resultante es negativa y, dependiendo de la compensación necesaria para el flujo de CO₂ supuesto, entre -1 y 0 kg CO₂e. emisiones por kg de CO₂ capturado. Otros documentos incluyen la fuente de la corriente de CO₂ y dividen todas las emisiones entre la materia prima

de carbono CO₂ y otros productos de la fuente de CO₂. Como consecuencia, la huella de carbono de la materia prima CO₂ es positiva (Jan *et al.*, 2020).

Por lo tanto, se necesita una determinación consistente de la materia prima de carbono CO₂. Debido a estas importantes discrepancias en la literatura sobre la huella de carbono en el ámbito ambiental de la materia prima de carbono CO₂ y su importancia para la evaluación sólida de las ventajas y desventajas de la estimación de la huella de carbono, los autores sienten la necesidad de ofrecer una perspectiva aclaratoria (Jan *et al.*, 2020).

1.2.8. Métodos para el cálculo de la huella de carbono

La medición de los procesos que emiten GEI, sus fuentes y su composición y cantidad se conoce como análisis de la huella de carbono. Para establecer las tasas de emisión netas, un estudio de la huella de carbono debe incorporar los sumideros de GEI y las tasas de eliminación. En general, el término huella de carbono se utiliza para describir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por las acciones de una persona o una organización. También es posible estimar las huellas de carbono de países, eventos, bienes o servicios. Los términos análisis de la huella de carbono e inventario de gases de efecto invernadero son intercambiables. Se elige el término carbono porque el CO₂ es el GEI más comúnmente liberado por la actividad humana. Otras emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), también contribuyen significativamente al calentamiento global. Las emisiones de estos otros gases se normalizan con respecto a la masa de CO₂, y los resultados de la huella de carbono se proporcionan como masa de CO₂ equivalente (CO₂e) con el fin de tener una única unidad para informar de los resultados (por ejemplo, kg de CO₂e o toneladas métricas de CO₂e) (Franchetti y Apul, 2013).

Calcular la huella de carbono es fundamental para comprender cómo las actividades de una organización impactan en la sostenibilidad global, pero el principal desafío es cómo calcularlo cuando los aspectos ambientales son activos intangibles (Loyarte-López *et al.*, 2020). El uso de algún método para el cálculo de la huella de carbono está relacionado íntimamente con el enfoque del trabajo de investigación (Brito, 2011), pero actualmente se

vienen empleando fundamentalmente dos métodos orientados hacia las empresas o a los productos (Dávila y Varela, 2014).

Es este sentido, los métodos para la estimación de la huella de carbono más empleadas en el planeta y que se encuentran orientados hacia la empresa son: El Protocolo de GEI – Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (ECCR) que proporciona requisitos y orientación para las empresas y otras organizaciones a fin de realizar un inventario de emisiones de GEI, diseñado para conseguir los siguientes objetivos: (1) ayudar a las empresas a preparar un inventario de GEI que represente un recuento verdadero y justo de sus emisiones mediante el uso de enfoques y principios estandarizados; (2) simplificar y reducir los costos de compilar un inventario de GEI; (3) proporcionar a las empresas información que pueda utilizarse para crear una estrategia eficaz para gestionar y reducir las emisiones de GEI, y (4) aumentar la coherencia y la transparencia en la contabilidad y la presentación de informes de GEI entre varias empresas y programas de GEI; para complementar el estándar y la guía se encuentran disponibles una serie de herramientas de cálculo intersectoriales y específicas para cada sector, estas generalmente se encuentran como hojas de trabajo electrónica (Excel) y tienen una guía paso a paso para ayudar a los usuarios a calcular las emisiones de GEI de fuentes o industrias específicas (Greenhouse, 2016; Ihobe, 2013).

Otro método de cuantificación de la huella de carbono es la norma ISO 14064, norma para la cuantificación de gases de efecto invernadero (Ihobe, 2013). Además de acuerdo con BSG Institute (2020) la norma ISO 14064:2015 es una regla universal que da un grupo de herramientas para desarrollar programas con el propósito de minimizar las emisiones de Gases de Impacto Invernadero (GEI), se compone de tres partes: (1) especifica los requisitos para el diseño y desarrollo de inventarios de emisiones de GEI en el grado de organización o entidad, (2) detalla los requisitos para la cuantificación, seguimiento y presentación de informes sobre mejoras en la reducción y supresión de emisiones en proyectos de GEI y (3) instituye los principios, requisitos y directrices para la ejecución de la validación y verificación de datos acerca de los GEI.

1.2.9. Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI

El Instituto de Recursos Mundiales en sus siglas en inglés (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible en sus siglas en inglés (WBCSD) organizaron el proyecto del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, que es una coalición de múltiples partes interesadas de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONG), gobiernos y otros grupos (Viteri, 2013).

De acuerdo con el Greenhouse Gas Protocol [GHG] (2018) para las empresas y otras organizaciones que elaboran un inventario de emisiones de GEI, la Norma Corporativa de Contabilidad y Presentación de Informes del Protocolo de GEI ofrece normas y directrices. Cuando se creó, se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos:

- Utilizar metodologías y conceptos estandarizados, ayudar a las empresas a preparar un inventario de GEI que ofrezca una representación veraz y justa de sus emisiones.
- Facilitar y abaratar el proceso de elaboración de un inventario de GEI.
- Dar información a las empresas que pueda ser utilizada para desarrollar un plan eficaz de gestión y reducción de las emisiones de GEI.
- Mejorar la uniformidad y la transparencia de la contabilidad y la presentación de informes sobre los GEI en múltiples empresas e iniciativas de GEI.

Más de 350 profesionales de renombre de empresas, ONG, gobiernos y organizaciones contables han contribuido al desarrollo del módulo. Más de 30 empresas de nueve países lo han puesto a prueba (GHG, 2018).

Esta directriz se desarrolla principalmente desde el punto de vista de una empresa que crea un inventario de GEI. También se aplica a otros tipos de organizaciones, como ONGs, agencias gubernamentales y universidades, que tienen actividades que resultan en emisiones de GEI. No debe ser utilizado para calcular las reducciones de proyectos de mitigación de GEI para su uso como compensaciones o créditos; el Protocolo de GEI para la Contabilidad de Proyectos tiene reglas y recomendaciones para esto. Partes de esta norma pueden ser usadas como base para los requerimientos de contabilidad y reporte por parte de los responsables políticos y los arquitectos de las iniciativas de GEI (GHG, 2018).

Existe una serie de herramientas de cálculo intersectoriales y sectoriales que complementan la norma y las recomendaciones que se ofrecen. Los usuarios pueden calcular las emisiones de GEI de fuentes o sectores individuales utilizando estos recursos, que ofrecen instrucciones paso a paso y hojas de cálculo electrónicas (GHG, 2018). Para calcular las emisiones resultantes de los desplazamientos de la comunidad universitaria, utilice una de las siguientes metodologías (Greenhouse Gas Protocol [GHG], 2011):

- **Técnica basada en el combustible:** implica calcular la cantidad de combustible utilizado en los desplazamientos y aplicar el factor de emisión correspondiente a cada combustible.
- **Técnica basada en la distancia:** este método implica la recopilación de datos de los trabajadores sobre sus desplazamientos (por ejemplo, la distancia recorrida y el modo de transporte utilizado) y la aplicación de los factores de emisión necesarios para los modos utilizados.
- **Enfoque de datos medios:** este método incluye el cálculo de las emisiones de los desplazamientos de los trabajadores utilizando datos medios de movilidad (por ejemplo, nacionales).

A continuación se detallan las etapas para aplicar el enfoque del GHG Protocol (Ranganathan, 2004):

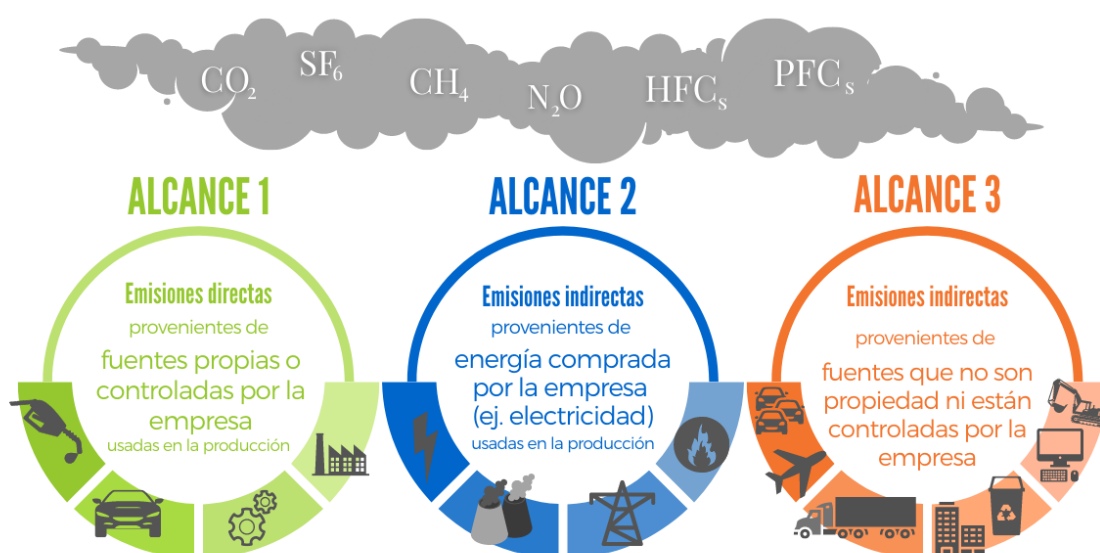
- Establecer los límites de la organización.
- Establecer imitaciones operativas.
- Realizar el seguimiento de las emisiones a lo largo del tiempo.
- Calcular e identificar las emisiones de GEI.
- Controlar la calidad del inventario.
- Tener en cuenta la disminución de las emisiones de GEI.

1.2.10. Alcance de las emisiones de GEI

Las emisiones de gases de efecto invernadero se clasifican en tres grupos o alcances, tal como se aprecia en la Figura 2, según la herramienta de contabilidad internacional más utilizada, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI). El Alcance 1 cubre las emisiones directas de fuentes propias o controladas. El alcance 2 cubre las emisiones indirectas de la generación de electricidad, vapor, calefacción y refrigeración comprados y consumidos por la empresa informante. El alcance 3 incluye todas las demás emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de una empresa (Carbon trust, 2019).

Figura 2

Alcance de las emisiones de GEI



Nota. Figura tomada de Carbon Trust (2019)

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

El trabajo de investigación fue desarrollado bajo un diseño descriptivo no experimental, además es transversal cuantitativa porque se recoge la información en un solo momento y estos datos son cuantificables, pues según Hernández *et al.* (2014) el trabajo se limitó a observar fenómenos de forma como se presentan en su contexto natural, para posterior análisis, pues en una investigación no experimental no se genera ninguna situación o modificación en la información; sino que, se observan situaciones ya presentes que no son provocadas intencionalmente en la investigación por quien la ejecuta, además, las variables independientes simplemente ocurren y no son manipulables, controlables ni influenciables pues estas ya ocurrieron, al igual que sus efectos en el entorno.

2.2. Lugar y fecha

La presente investigación se realizó en la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Filial Tarma con dirección fiscal en la Av. Bermúdez 617 de la provincia de Tarma y departamento de Junín, con una altitud de 3060 m.s.n.m. y sus coordenadas: Latitud: 11,417385° S; Longitud: 75,681282° O.

El trabajo de investigación se desarrolló durante 11 meses y fue desarrollado desde el 10 de octubre del 2019 al 20 de septiembre del año 2020, la cual se extendió, debido a la normativa nacional del Decreto Supremo N° 044-2020 (PCM) del estado de emergencia nacional por las graves circunstancias a consecuencia del brote del Covid-19 y la orden de aislamiento social obligatorio. Por lo cual la aplicación de encuestas digitales fue de relevancia para la recopilación de información.

2.3. Población y muestra

De acuerdo con Hernández *et al.* (2018) la población es el conjunto de todos los casos que conforman con definidas especificaciones. La población en estudio estuvo conformada por los docentes a tiempo completo y parcial, estudiantes de pregrado y personal administrativo de los programas de estudio de Psicología y Tecnología Médica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Informática e Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Sedes Sapientiae Filial – Tarma, correspondiente al periodo 2019-II y 2020-II; que contaba con un total de 767 personas con los cuales se realizó la estimación de la huella de carbono generada por las fuentes móviles empleadas por la comunidad universitaria para desplazarse hacia el campus de la universidad.

Para Hernández *et al.* (2018) la muestra “es un subgrupo de la población o universo que te interesa, sobre la cual se recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población” (p. 196). Para la determinación del tamaño de muestra del estudio (número de encuestas), se empleó el método no probabilístico por conveniencia, pues la población no fue aleatorizada, asimismo, se empleó este método por la facilidad de acceso para realizar las encuestas a este grupo de personas.

La determinación del tamaño de muestra para el trabajo de investigación se realizó en base a la población universitaria del año 2019-II, información oficial alcanzada por la Dirección Académica de Estudios de la Filial Tarma (Tabla 1). La muestra fue calculada empleando la ecuación (1) recomendada por Aguilar-Barojas (2005):

$$n = \frac{Z^2 \times N \times p \times q}{(N-1)E^2 + Z^2 \times p \times q} \dots \text{ecuación (1)}$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra

N : Tamaño de la población

Z : Nivel de confianza del cual se desea hacer la investigación (1,96 para un nivel de confianza del 95 %)

p : Proporción esperada de ocurrencia de un evento (0,5 cuando no se conoce)

q : Proporción esperada de no ocurrencia de un evento ($1 - p$)

E : Error muestral o precisión

El tamaño de la muestra se obtuvo con un nivel de significancia de 0,05 para lo cual se reemplazaron los valores correspondientes en la ecuación respectiva, obteniéndose el tamaño de muestra para cada estamento de la comunidad universitaria (Tabla 2).

Tabla 1

Tamaño de la población universitaria

Estamentos de la Comunidad Universitaria	Tamaño de la población
Estudiantes de Pregrado	712
Docentes	46
Personal Administrativo	9
Total	767

Nota. Dirección Académica de Estudios de la Filial Tarma 2019.

Tabla 2

Tamaño de muestras por estamentos de la comunidad universitaria

Estamentos de la Comunidad Universitaria	Tamaño de la muestra
Estudiantes de Pregrado	250
Docentes	44
Personal Administrativo	9
Total	303

Nota. Elaboración a partir de Hernández *et al.* (2018). Determinación de muestras por estamentos.

2.4. Técnicas e instrumentos

De acuerdo con Chipia (2012) las técnicas de recolección de datos son un conjunto de reglas y procedimientos que facilita al investigador establecer la relación con el objeto o sujeto del estudio, es decir, el cómo. Para llevar a cabo el trabajo de investigación se ha empleado fundamentalmente la técnica de encuestas escritas en físico y virtuales con sus respectivos registros.

Según Ávila (2006), las encuestas permiten a los investigadores evaluar las variables de un estudio, así como su frecuencia, mediante el examen de muestras representativas de una comunidad. Su instrumentación consiste en la elaboración de un cuestionario para medir la percepción de los encuestados sobre determinados acontecimientos.

2.5. Descripción de la investigación

2.5.1. Identificación de las fuentes de emisiones de GEI

La determinación de la huella de carbono se realizó en base a la metodología establecida en el Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Ranganathan, 2004). Adicionalmente, para la estimación se utilizaron documentos complementarios como el propuesto por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible en sus siglas en inglés [WBCSD] (2011): Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de la Cadena de Valor, la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC): Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Eggleston *et al.*, 2006) y el método propuesto por el Departamento de Estrategia Comercial, Energética e Industrial (DBEIS): Factores de conversión de GEI del gobierno de 2016 para la presentación de informes de empresas: documento de metodología para factores de emisión.

Determinación de los límites organizacionales. Para llevar a cabo el trabajo de investigación, los límites organizacionales fueron definidos a través de la orientación del control operacional, el cual engloba el control de las políticas operativas realizadas por la organización.

Los límites organizacionales lo conforman la comunidad universitaria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae y el campus académico localizado en el distrito de Tarma, provincia de Tarma y departamento de Junín.

La población que formó parte del presente estudio fueron integrantes de la comunidad universidad compuesta por:

- Los estudiantes que registraron matrícula en los semestres 2019-II y 2020-I (pregrado).
- Los docentes universitarios que laboran a tiempo completo y parcial en distintas facultades.
- El personal administrativo de la institución.

Determinación de los límites operacionales. Para desarrollar el trabajo de investigación se consideraron como límites de operación las emisiones procedentes de fuentes móviles del alcance 3 (ver Apéndice 3), entre las que se consideran las emisiones indirectas de GEI originada por la distancia media recorrida para el transporte del domicilio de residencia al campus. A continuación, se describe:

- a) **Alcance 3.** Incluye emisiones indirectas de GEI, generados por fuentes móviles que no pertenecen a la universidad y tampoco están en su custodia, pero que son originados como consecuencia del traslado de los estudiantes, docentes y personal administrativo hacia la universidad.
- b) **Exclusiones.** Visitantes y subcontratistas fueron eliminadas de este análisis, ya que su efecto sobre el total de las emisiones es insignificante debido a sus intermitentes visitas al campus de la universidad.

Identificación de fuentes móviles de emisión de GEI. Se identificaron las fuentes móviles de emisión de GEI de acuerdo con los parámetros organizacionales y operacionales propuestos en el protocolo de la World Business Council for Sustainable Development [WBCSD] (2011). Para identificar las emisiones indirectas se hizo una encuesta a los miembros de la comunidad universitaria (ver Apéndice 1), para luego ser clasificados de acuerdo con el protocolo de GEI de la WBCSD (2011), obteniéndose la siguiente información:

Tabla 3*Fuentes de emisión por alcance*

Alcance 3	
Fuente Móvil	La Movilidad de los integrantes de la comunidad universitaria, transporte público y no motorizado
Método de cálculo	Distancia media recorrida

Nota. Elaboración a partir de WBCSD (2011). Identificación de fuentes móviles de emisión de GEI.

2.5.2. Estimación de las emisiones indirectas de GEI (alcance 3) por la distancia recorrida desde casa hacia el campus de la universidad

Para valorar las emisiones indirectas de GEI originadas por los vehículos de transporte usados por los miembros de la comunidad universitaria (alcance 3) se realizaron encuestas, las mismas que incluyeron reactivos para medir la distancia recorrida y el tiempo promedio que emplean los miembros de la sociedad universitaria para su movimiento hacia el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Filial Tarma, el medio de transporte usado, el lugar de procedencia del personal y estudiantes, recorrido, itinerario, características de los vehículos, entre otras (ver Apéndice 1).

Al realizar el análisis de la información obtenida de las encuestas, se determinaron las longitudes de las trayectorias recorridas por estudiantes, docentes y administrativos de la universidad empleando el servidor de aplicaciones de mapas Google Maps, luego se procedió a multiplicarlo por el factor de emisión de cada GEI (CO_2 , CH_4 , y N_2O) teniendo en consideración el medio de transporte empleado (Tabla 4), obteniéndose al final el valor total de emisiones de GEI originadas por el desplazamiento de los miembros de la comunidad universitaria C, para ello se empleó la ecuación (2), que se detalla a continuación:

$$OEI_t = \sum \left(\frac{DR_i * FE_c}{n} \right) + \left(\frac{DR_i * FE_m}{n} \right) * PCG_m + \left(\frac{DR_i * FE_o}{n} \right) * PCG_o \dots \text{ecuación (2)}$$

Donde:

OEI_t : Otras emisiones indirectas de GEI por transporte casa universidad en tCO₂e

DR_i : Distancia recorrida por persona, en km

FE_c : Factores de emisión de CO₂ del vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria, en kgCO₂ / km

FE_m : Factores de emisión de CH₄ del vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria, en kgCH₄ / km

FE_o : Factores de emisión de N₂O del vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria, en kgN₂O / km

PCG_m : Potencial de calentamiento Global de CH₄

PCG_o : Potencial de calentamiento Global de N₂ O

n : Número de pasajes que ocupa el vehículo empleado por el miembro de la comunidad universitaria para el transporte de su casa a la universidad

Tabla 4

Factores de emisión CO₂, CH₄, N₂O por tipo de vehículo

Medio de Transporte	Unidad	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	kg CO ₂ e
Mototaxi ^a	km	0,08499	0,00207	0,000300	0,08736
Taxi ^a	km	0,18560	0,00019	0,001160	0,18695
Colectivo Van ^a	km	0,18560	0,00019	0,001160	0,18695
Combi ^a	km	0,25529	0,00057	0,001470	0,25733
Bus a diésel ^b	km	0,90374	0,11650	0,000007	1,02025
Bicicleta ^a	km	0,0	0,0	0,0	0,0
Camina ^a	km	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota. Elaboración Propia en base a datos de (a) Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA, 2016) del Reino Unido y (b) Escobar (2014)

Para la estimación de las emisiones indirectas de GEI es de suma importancia cuantificar la cantidad de usuarios que ocupan cada tipo de transporte, con este fin es ineludible integrar la variable “n” a la ecuación 2, debido a que se entiende que cada usuario interviene con una fracción en las emisiones de GEI del transporte del que hace uso. Por esto, únicamente se le puede atribuir a los integrantes de la universidad una parte de las

emisiones de GEI del tipo de transporte que emplea para desplazarse desde su vivienda a la universidad, la misma que para objetivos prácticos ha sido equivalente a dividir la emisión total determinada en un tramo definido entre la cantidad de pasajeros del transporte (WBCSD, 2011).

Por otro lado, se consideraron algunas características de los vehículos de transporte motorizados con el fin de determinar los factores de emisión. En cuanto al tipo de combustibles empleados por los vehículos Dawidowski *et al.* (2014) indica que el Gas Natural Vehicular (GNV) viene desplazando al resto de combustibles como el diésel, la gasolina y el Gas Licuado de Petróleo (GLP). Para el presente estudio se consideraron estas características, ya que, las combis, Van y buses emplean diésel, mientras que los autos utilizan gasolina, GLP o GNV. Asimismo, al desconocer la capacidad de los motores de los vehículos se ha empleado factores de emisión promedio (DEFRA, 2016).

2.5.3. Estimación de las emisiones totales de gases de efecto invernadero

Después de realizar el análisis correspondiente a la estimación de GEI se determinó los valores totales de emisiones de GEI de la comunidad que conforma la universidad utilizando la ecuación (3) de estimación de emisiones totales de GEI (tCO₂e) brindada por Eggleston *et al.* (2006):

$$ET = ED + OIE \dots \text{ecuación (3)}$$

Donde:

ET : Emisiones totales de GEI, en tCO₂e

ED : Emisiones directas de GEI, en tCO₂e (alcance 1)

OIE : Otras emisiones indirectas de GEI, en tCO₂e (alcance 3)

Estimación de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Se calculó el total de emisiones de GEI provenientes de fuentes móviles de la comunidad universitaria utilizando la ecuación (4) de estimación de huella de carbono per cápita (Eggleston *et al.*, 2006):

$$HC = \frac{ET}{N} \dots \text{ecuación (4)}$$

Donde:

HC : Huella de carbono per cápita de la comunidad universitaria, en tCO₂e

ET : Emisiones totales de GEI, en tCO₂e

N : Número total de personas que conforman la comunidad universitaria para el período evaluado

Las emisiones de CO₂e se calcularon a partir de los datos obtenidos en una encuesta aplicada a 303 integrantes de la comunidad universitaria que son el total de nuestra muestra, y luego se extrapolaron a un total de 767 personas que es el número total de miembros de la comunidad universitaria. Para cuantificar el desplazamiento acumulado por cada integrante de la comunidad universitaria se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- El cálculo de la distancia media recorrida por cada miembro de la comunidad universitaria desde su domicilio hasta el campus, indicada en la encuesta, mediante la herramienta Google Maps según el distrito de origen, las rutas y el medio de transporte. Se pidió a los miembros de la comunidad universitaria que consideraran distancias de hasta tres rutas distintas.
- El número de días de asistencia a la universidad varía en función del tipo de miembro de la comunidad universitaria. Para los estudiantes de pregrado, los profesores y el personal administrativo se consideraron 5 días a la semana.
- Cada semestre académico consta de 16 semanas de instrucción según la información recogida en Dirección Académica, la cual hace alusión que el primer semestre empieza en marzo y termina a fines de julio; mientras que, el segundo semestre empieza en agosto hasta fines de diciembre.

2.6. Identificación de las variables y su mensuración

La variable fundamental del trabajo de investigación es la cuantificación de la huella de carbono, la misma que se describe en la Tabla 5.

Tabla 5*Identificación de las variables y su mensuración*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Ítems	Escala de medición
Huella de carbono	La huella de carbono cuantifica la cantidad de gases de efecto invernadero liberados por las actividades humanas y los procesos organizativos, lo que permite identificar las fuentes de emisión y crear estrategias de mitigación eficaces (Schneider y Samaniego, 2010).	Fuentes de emisiones GEI	Determinar las fuentes de emisiones de los gases de efecto invernadero de aplicando una adaptación de los instrumentos propuestos para el recojo de información de la emisión de los gases de efecto invernadero dadas por DS N° 013-2014-MINAM.	Listado de fuentes de emisiones indirectas (alcance 3) de gases de efecto invernadero.	Ordinal
		Cantidad de emisiones GEI	Determinación de la cantidad de emisiones de los gases de efecto invernadero aplicando una adaptación de los instrumentos propuestos para el recojo de información de la emisión de los gases de efecto invernadero dadas por DS N° 013-2014-MINAM.	Cantidad de emisiones de GEI de fuentes indirectas (alcance 3) en tCO ₂ e	De razón
				Cantidad de la huella de carbono per cápita	De razón

Nota. Elaboración Propia en base a datos de (CEPAL, 2010).

2.7. Análisis estadístico de datos

Los datos adquiridos durante las encuestas se estructuraron y se introdujeron en una base de datos inicial mediante hojas de cálculo de Microsoft Excel 2019, lo que permitió procesar y recuperar los datos mediante las ecuaciones de la metodología. Las variables se evaluaron mediante técnicas de análisis de datos como las tablas de porcentajes y de frecuencias.

2.8. Materiales

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales, equipos y servicios:

Material de campo

- Papel bond A4
- Lapiceros
- Tabla sujeta papel

Servicios de campo

- Transporte
- Alimentación

Equipos

- Cámara digital
- GPS
- Laptop

Materiales de gabinete

- Material de escritorio y bibliográfico.
- Equipo de cómputo e impresión.

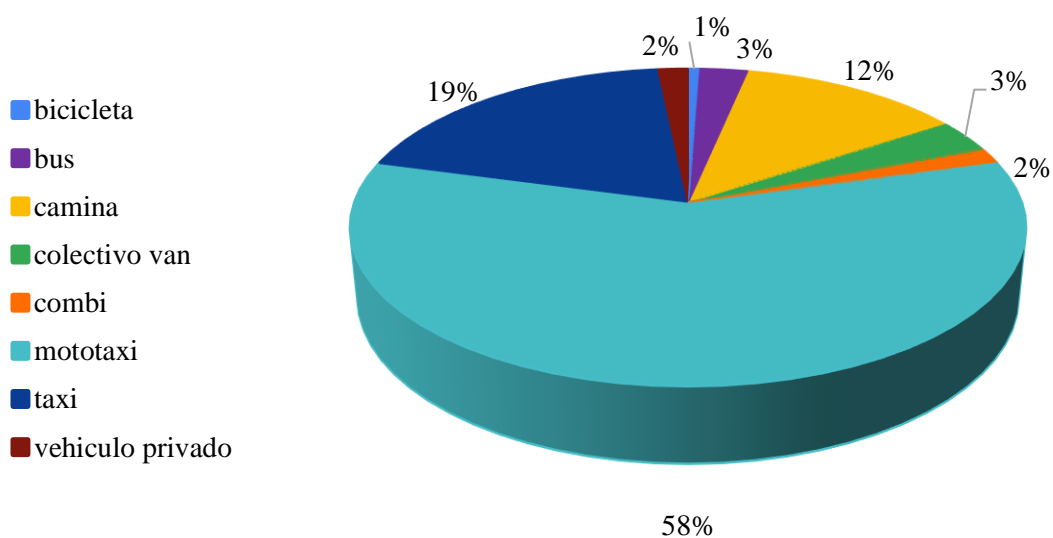
CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Identificar las fuentes móviles que generan mayor emisión de GEI

Para determinar las emisiones de alcance 3, se realizó una encuesta dónde se logró conocer los medios de transporte utilizados por los estudiantes, docentes y personal administrativo para desplazarse hacia el campus de la institución, para ello la Dirección Académica de la filial proporcionó el número total de estudiantes, profesores y personal administrativo para los semestres 2019-II y 2020-I. La encuesta se llevó a cabo en forma personal entre el 10 de octubre y el 27 de noviembre de 2019 después de someterse a una etapa previa de validación; además, los datos fueron recopilados virtualmente del 14 de agosto al 20 de septiembre del 2020 a través de un cuestionario. Un total de 250 estudiantes de pregrado, 44 profesores y 09 funcionarios administrativos fueron elegidos para la investigación, esta muestra representa el 40 % de la población total de la universidad.

Figura 3

Tipo de transportes utilizados



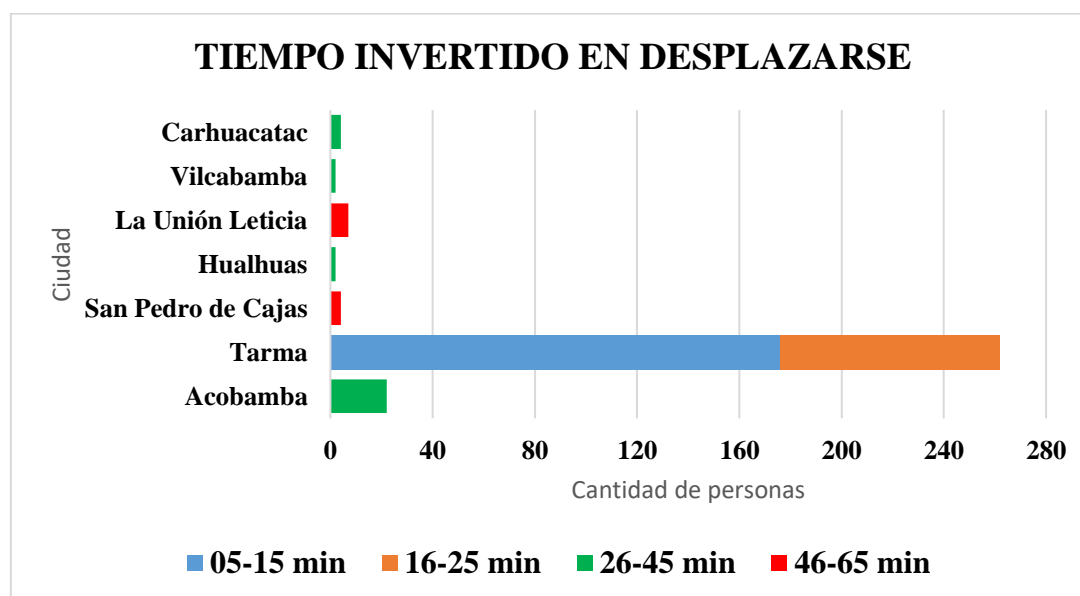
Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

La Figura 3 ilustra que los mototaxis son el medio de transporte más común (58 %) que representa a 177 miembros de la comunidad universitaria, seguidos de los taxis (19 %) que representa a 58 miembros, también utilizan vehículos no motorizados como bicicletas (1 %) y existe un grupo de personas que caminan (12 %) para llegar y salir de la institución. Asimismo, el 41 % de la comunidad universitaria viaja al campus utilizando dos o más medios de transporte (ver Apéndice 4). Esto se debe en gran parte que la Avenida Bermúdez es de alta transitabilidad de vehículos y peatones, por motivo que se encuentra en la avenida el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma y la Institución Educativa San Vicente de Paul, asimismo, los miembros de la comunidad universitaria (principalmente estudiantes de pregrado con residencia en los distritos de la provincia de Tarma) usan medios de transporte adicionales para desplazarse desde los terminales vehiculares hacia el campus.

En cuanto a la cantidad de tiempo invertido en desplazarse hacia el campus de la institución (Figura 4), más de la mitad de la población universitaria (50 %) invierte más de 15 minutos diarios en hacerlo (ver Apéndice 6). Del mismo modo, la ciudad de Tarma fue reconocida como el distrito de origen con mayor presencia en el estudio (ver Apéndice 5).

Figura 4

Tiempo invertido en desplazarse hacia la institución



Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

3.2. Estimación de la huella de carbono

De acuerdo con la Tabla 6, el colectivo *van* a diésel tiene la mayor distancia total acumulada recorrida (3488 km). Asimismo, los estudiantes de pregrado reunieron la mayor distancia total de viaje (7553,06 km), mientras que los trabajadores administrativos reunieron la menor distancia total de viaje (824 km). Dentro del personal administrativo, las mayores distancias totales medias recorridas corresponden al transporte en taxi (696 km), mientras que para los docentes a la combi representa un total de (1099,2 km) acumulada recorrida, y por otro lado podemos observar que los colectivos *van* para los estudiantes de pregrado representan un total de (2915,2 km).

Tabla 6

Distancia recorrida acumulada promedio por semana

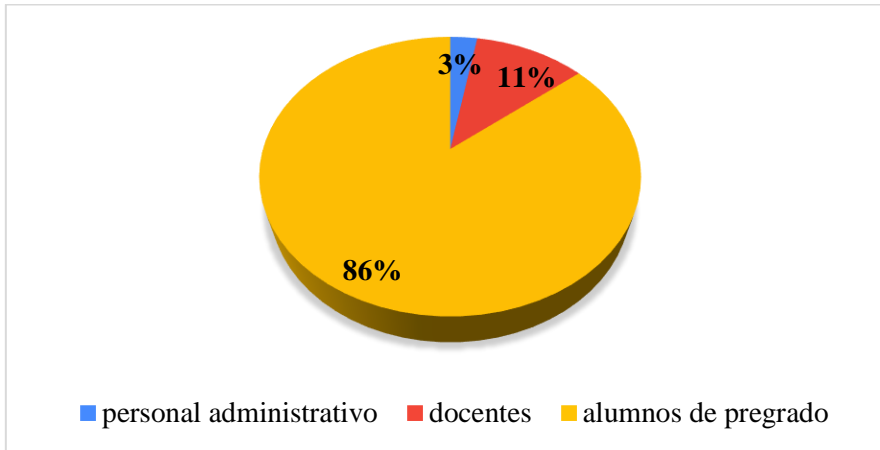
Tipo de medio de transporte	Distancia recorrida acumulada promedio (km)			Distancia recorrida acumulada total (km)
	Administrativo	Docente	Pregrado	
Auto privado a diésel	0,0	0,0	376,0	376,0
Bus a diésel	0,0	369,6	2 117,6	2 487,2
Mototaxi	128,0	171,2	204,8	504,0
Combi**	0,0	1 099,2	1 076,8	2 176,0
Colectivo <i>van</i> a diésel	0,0	572,8	2 915,2	3 488,0
Taxi	696,0	946,4	863,2	2 505,6
Total	824,0	3 159,2	7 553,6	23 073,6

Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

La Figura 5 muestra que los estudiantes de pregrado contribuyen con el mayor porcentaje de emisiones (86 %) siendo 38,53 tCO_{2e}; esta contribución se puede atribuir a que más de la mitad de ellos viajan en mototaxi, pero con una mayor distancia recorrida por los colectivos *van*, lo que se traduce en mayores distancias recorridas y también en un mayor factor de emisión que otros medios de transporte.

Figura 5

Emisiones tCO₂e según estamentos

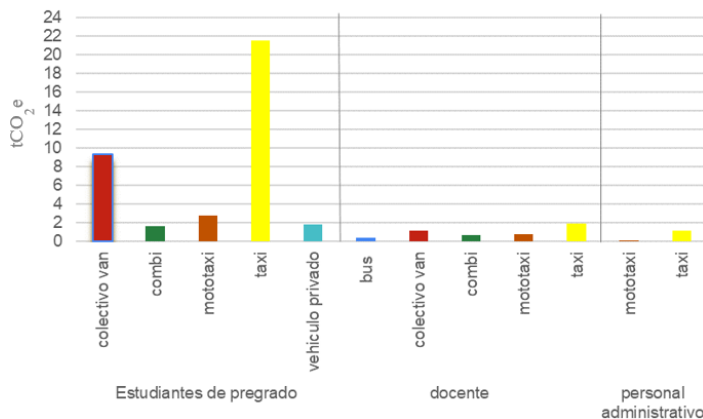


Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

En la Figura 6, después de aplicar la ecuación (2) detallada líneas arriba se puede observar que la emisión más significativa, en cuanto al tipo de estrato que corresponde a la comunidad universitaria y su modo de transporte, se atribuye a los estudiantes de pregrado, específicamente a los que utilizan el transporte en taxi (21,53 tCO₂e), como resultado de las mayores distancias recorridas, al mayor valor del coeficiente de emisión y el número de estudiantes de pregrado que emplean este medio de transporte. El taxi (1,93 tCO₂e) produce la mayor cantidad de emisiones de CO₂ en el sector administrativo, mientras que el transporte en taxi (2,685 tCO₂e) produce la mayor cantidad de emisiones de CO₂ en el sector de docentes.

Figura 6

Emisiones de tCO₂e por tipo de transporte y estamentos.

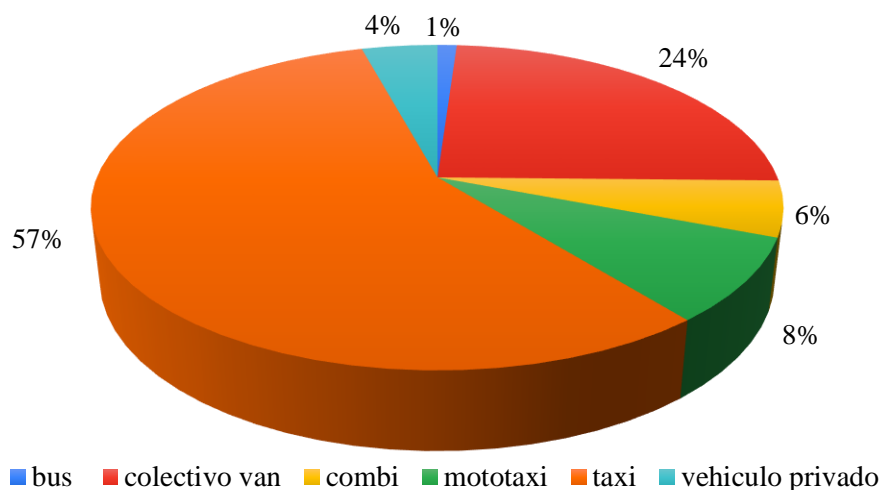


Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

La Figura 7 demuestra que las emisiones creadas por la comunidad universitaria que viaja al campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma., en taxi representan el 57 % de las emisiones totales. La contribución de los taxis es de 24,615 tCO₂e. Las emisiones de CO₂ de los colectivos tipo *van* a diésel ocupa el segundo lugar, generando 10,538 tCO₂e, lo que representa el 24 %. Debido a que se consideró el nivel de ocupación de cada vehículo promedio para cada tipo de transporte (ver Apéndice 2), solo se consideró la emisión correspondiente a una persona que viaja en transporte masivo, por lo que los aportes son menores.

Figura 7

Emisiones de tCO₂e por transportes

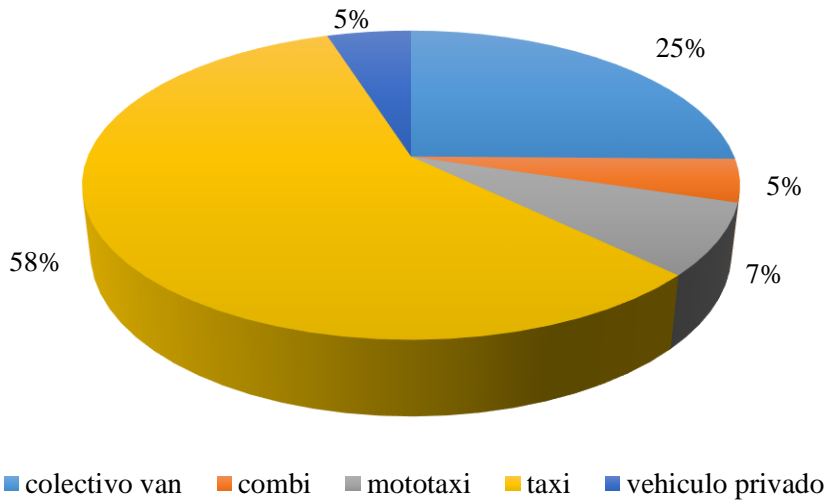


Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

Los estudiantes de pregrado a diferencia de los otros estamentos representan el mayor aportante de huella de carbono. En la Figura 8, se muestra que la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero corresponde al transporte taxi con un 57 % (21,53 tCO₂e).

Figura 8

Emisiones de tCO_{2e} de estudiantes de pregrado



Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

La Tabla 7 muestra que 199 estudiantes de pregrado usan transporte individual, lo que resulta en emisiones de 27,469 tCO_{2e}, sin embargo, solo 40 estudiantes de pregrado caminan o van en bicicleta a la universidad en esta situación.

Tabla 7

Emisiones relacionadas con el número de estudiantes de pregrado

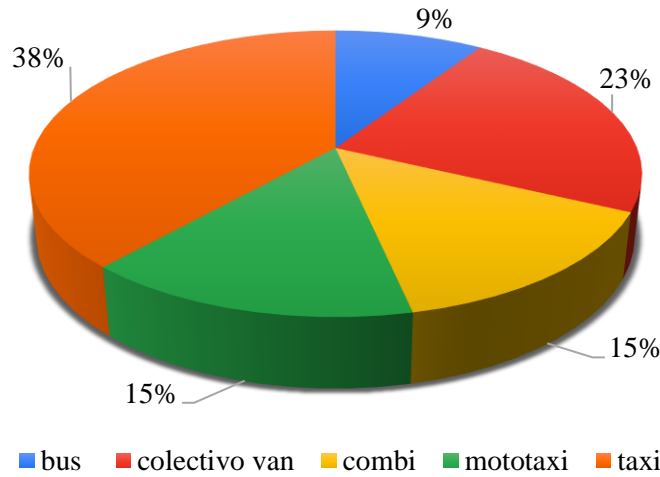
	Transporte individual ^a	Transporte masivo ^b	Transporte no motorizado ^c
Número de estudiantes de pregrado	199	11	40
Emisiones tCO _{2e}	27,469	11,064	0,00

Nota. a. Transporte individual: taxi, mototaxi, b. Transporte masivo: combi, bus a diésel, minivan, colectivo van, c. Transporte no motorizado: caminata y bicicleta.

Como se puede ver en la Figura 9, el 38 % de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por los docentes se deben al uso de taxi, lo que se traduce 1,93 tCO_{2e}, seguido de las emisiones del uso del colectivo van a diésel con 1,145 tCO_{2e} (23 %).

Figura 9

Emisiones de tCO₂e de docentes



Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

En la Tabla 8, se aprecia que las preferencias de los docentes son por el transporte individual, con una emisión de 2,685 tCO₂e.

Tabla 8

Emisiones relacionadas con el número de docentes

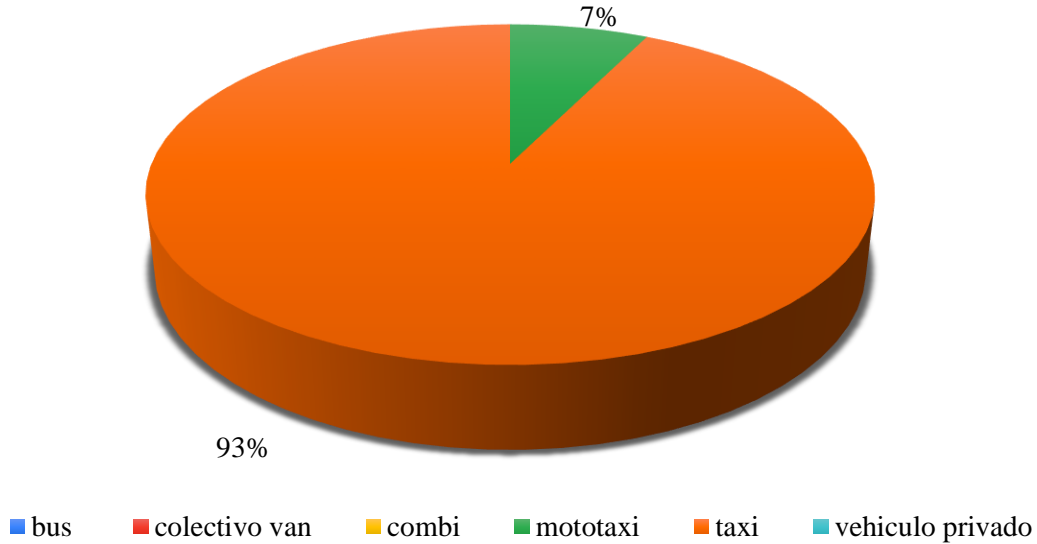
	Transporte individual ^a	Transporte masivo ^b	Transporte no motorizado ^c
Número de docentes	40	01	03
Emisiones tCO ₂ e	2,685	0,467	0,00

Nota. a. Transporte individual: taxi, mototaxi, b. Transporte masivo: combi, bus a diésel, minivan, colectivo van, c. Transporte no motorizado: caminata y bicicleta.

Según la Figura 10, se aprecia que los medios de transportes que utilizan el personal administrativo son solo entre dos medios de transporte, taxi y mototaxi. Las emisiones de gases de efecto invernadero más significativas son el transporte taxi (93 %) con una emisión de 1,152 tCO₂e y los mototaxis (7 %) cuyas emisiones son de 0,091 tCO₂e.

Figura 10

Emisiones de tCO₂e del personal administrativo



Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

En la Tabla 9, se muestra la única preferencia que es la del transporte individual, con una emisión de 1,243 tCO₂e.

Tabla 9

Emisiones relacionadas con el número de personal administrativo

	Transporte individual ^a	Transporte masivo ^b	Transporte no motorizado ^c
Número de personal administrativos	09	0	0
Emisiones tCO ₂ e	1,243	0,00	0,00

Nota. a. Transporte individual: taxi, mototaxi, b. Transporte masivo: combi, bus a diésel, minivan, colectivo van, c. Transporte no motorizado: caminata y bicicleta.

3.2.1. Estimación de las emisiones totales de huella de carbono

En la Tabla 11 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2019-II. Las emisiones totales de GEI originadas por la comunidad universitaria que viajaron al campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma, durante los semestres 2019-II y el semestre 2020-I fueron de 44,845 tCO₂e.

De acuerdo con la Tabla 10, el alcance 3 de emisiones indirectas, la universidad emite GEI por el desplazamiento de miembros de la comunidad universitaria que utilizan otros medios de transporte para su traslado al campus, lo que representa el 100 % de las emisiones totales de GEI, siendo los estudiantes de pregrado los mayores contribuyentes.

Tabla 10

Emisiones totales GEI

Fuente	Emisiones GEI <i>tCO₂e</i>	Porcentaje de participación (%)
Alcance 3 Total, emisiones, residencia – universidad	44,845	100

Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

3.2.2. Estimación de huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria

La huella de carbono per cápita de la comunidad universitaria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma se calculó utilizando las emisiones totales de alcance 3 y el número total de miembros de la comunidad universitaria, como se muestra en la Tabla 11.

La huella anual de tCO₂e/persona de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma resultó ser de 0,06 tCO₂e/persona integrante de la comunidad universitaria.

Tabla 11

Estimación de la huella de carbono per cápita anual de la comunidad universitaria de la UCSS

Emisiones totales tCO ₂ e anual (Alcance 3)	Total, de miembros de la comunidad universitaria	Huella per cápita anual de la comunidad universitaria (tCO ₂ e anual/persona)
44,845	767	0,06

Nota. Elaboración Propia a partir de WBCSD (2011).

3.2.3. Estimación de huella de carbono per cápita anual según los estamentos de la comunidad universitaria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma

La Tabla 12 muestra los resultados de la estimación de la huella de carbono anual per cápita para los estratos de la comunidad universitaria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma, en función del total de emisiones anuales dividido por el número total de individuos de cada estrato.

Tabla 12

Estimación de la huella de carbono per cápita anual según estamentos de la comunidad universitaria UCSS

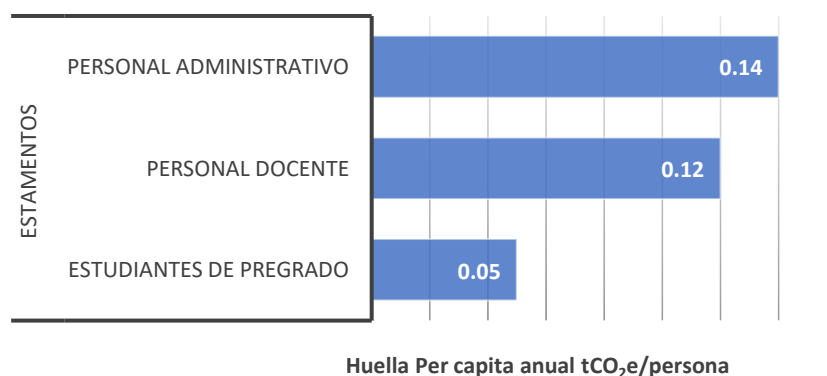
	Estamentos de la comunidad universitaria UCSS		
	Estudiantes pregrado	Personal Docente	Personal Administrativo
Emisiones totales anuales tCO ₂ e	38,533	5,069	1,243
Total, de miembros de la comunidad universitaria	712	44	9
Huella de carbono per cápita anual (tCO ₂ e/persona)	0,05	0,12	0,14

Nota. Elaboración Propia a partir de WBCSD (2011).

Los estudiantes universitarios, el personal docente y el personal administrativo tuvieron huellas anuales per cápita de 0,05 tCO₂e, 0,12 tCO₂e, 0,14 tCO₂e, respectivamente, estos resultados se aprecian en la Figura 11.

Figura 11

Huella de carbono per cápita anual según estamento de la comunidad universitaria



Nota. Elaboración Propia a partir WBCSD (2011).

Debido a la preferencia por la movilidad individual, las distancias recorridas y la frecuencia de asistencia al campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma, el personal docente es el que más contribuye a la huella per cápita anual, como se muestra en la Figura 11.

El estamento de pregrado es el que menos contribuye a la huella per cápita anual, debido a la menor distancia recorrida hasta el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma, durante los semestres académicos, así como a la justificación de la utilización de vehículos de transporte masivo.

CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

4.1. Recopilación de Información

Respecto al tipo de aplicación de cuestionarios, Meza (2020) en la tesis “Huella Ecológica en la población del Distrito de Yauyos, Jauja” plantearon un cuestionario de cuatro secciones, concerniente a la huella de alimentos, huella de transporte huella de energética de cada hogar de su población, por otra parte, Artica (2013), en el artículo de investigación “Huella Ecológica del departamento de Junín”, recopiló información sobre el consumo de combustible, alimentos, consumo de energía; en ambas investigaciones, se consideró al alcance 1, alcance 2 y alcance 3, por consignar emisiones directas e indirectas, tales como el factor en consumo de combustible en el desplazamiento de cada habitante perteneciente a su población, consumo de energía, para posterior obtener el resultado final la biocapacidad del territorio; en este punto la diferencia a las encuestas aplicadas a la comunidad universitaria para la recopilación de la información desde el lugar de residencia hasta el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma, fue acorde y específica al contexto de la ciudad de Tarma y flota vehicular que emite gases de efecto invernadero en la que se recabaron datos sobre el consumo y tipo de combustible utilizada, las cuales pertenecen a las emisiones indirectas (alcance 3).

4.2. Identificar las fuentes móviles que generan mayor emisión de CO₂

Los resultados de la estimación de la huella de carbono fueron hallados a través de la aplicación de una encuesta a la comunidad universitaria sobre el uso de preferencia de las fuentes móviles, que abarca el desplazamiento desde el lugar de residencia hasta el campus de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma. La información fue en base al contexto y flota vehicular que se encuentra en la ciudad de Tarma, en la que se recabaron datos sobre el consumo y tipo de combustible utilizada, las rutas establecidas, el rendimiento de los autobuses y el modelo, entre otros (ver Apéndice 1 y 2). La misma que estuvo de

acuerdo con el Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de Gases de Efecto Invernadero (WBCSD-WRI, 2011), siendo en la presente investigación el uso del vehículo del mototaxi el más usado por la comunidad universitaria (Figura 3).

Respecto a este tipo de estudios, Común y Saavedra (2017) en la investigación “Estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizadas para desplazarse hacia la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM)”, concluyeron que el vehículo que generó mayor cantidad de gases de efecto invernadero, por parte de la comunidad universitaria de la UNALM, fue la fuente móvil Coaster; en este punto la diferencia con el resultado del presente estudio puede explicarse debido a la cantidad de personas que acuden a la universidad y el estrato económico de las mismas y por otro lado los lugares desde donde se desplazan hacia la universidad muchas veces son un poco alejados y las personas no cuentan con la facilidad de utilizar otro tipo de servicios de transporte ya que muchas veces esto define en el tipo de vehículo en el que se trasladan hacia la universidad, es decir, la UNALM se ubica en la ciudad de Lima (mayor cantidad poblacional, diferente estrato económico y distinta ubicación geográfica de sus hogares), mientras que la Filial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae se encuentra en la provincia Tarma (menor cantidad poblacional, diferente estrato económico y distinta ubicación geográfica de los hogares). Por ende la emisión de GEI de fuentes móviles por parte de la comunidad universitaria guarda relación con la cantidad población que la asiste, ya que a mayor comunidad universitaria, mayor uso de flota de vehículos para el desplazamiento (Cuba y Sotil, 2015).

4.3. Estimación de las emisiones de CO₂

A partir de los resultados encontrados en la investigación para estimar los gases de efecto invernadero emitidos, la cual fue de 44,845 tCO_{2e}, cuyo valor fue estimado con el instrumento del protocolo de contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero, con su respectivo alcance 3 de emisiones indirectas de la universidad (WBCSD-WRI, 2011), correspondiente al alcance 3 de las emisiones indirectas de la universidad, con una contribución per cápita de gases de efecto invernadero por parte de los estudiantes de pregrado, personal docente y personal administrativo de 0,05 tCO_{2e}, 0,12 tCO_{2e} y 0,14 tCO_{2e}, respectivamente.

Estos resultados son cercanos con lo que reportaron Cárdenas (2017) en la investigación de cálculo de la Huella de Carbono del archivo central Hochschild Mining sede Lima 2016, donde obtuvieron 54,52 toneladas de CO₂ equivalentes para el año 2016 y una media de 4,54 toneladas de CO₂ equivalentes por cada persona que trabaja en el archivo central, a la cual podría atribuirse la similitud entre la cantidad de estudiantes, personal administrativo y docente del archivo central de Hochschild Mining, en ambos estudios respectivamente. Asimismo, dichos resultados corresponden a las emisiones de carácter indirectas de la universidad, enmarcado dentro del alcance 3 (WBCSD-WRI, 2011).

Por otro lado, estos resultados de la presente investigación son lejanos con lo que reportaron Común y Saavedra (2017), puesto que realizaron la estimación de la huella de carbono para la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), obteniendo en el alcance 3 un total de 1 389,41 tCO₂e, en este punto la diferencia exponencial con el presente estudio se debe a la mayor población estudiantil de la UNALM; la estimación per cápita de los alumnos de pregrado y posgrado, personal docente y personal administrativo reportada fue de 0,21 tCO₂e; 0,34 tCO₂e; y 0,26 tCO₂e existiendo diferencias en los aportes per cápita, la misma que puede explicarse por las mayores distancias que tienen que recorrer los miembros de la UNALM desde el lugar de residencia por el motivo de lejanía de los distritos de Lima.

Mientras Hermosilla, (2015) en su trabajo de investigación determinó la huella de carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena considerando para realizar esta medición, los desplazamientos de los automóviles y la circulación vehicular al interior de la comunidad universitaria, obteniendo que el personal administrativo y los alumnos, generaron un valor de 7 158,14 toneladas de CO₂ equivalente, considerando que el resultado mantiene diferencia superior a las emisiones registradas en el presente estudio para la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma, asimismo, los reportes de las emisiones per cápita, de los miembros de la comunidad universitaria de la Universidad Politécnica de Cartagena es de 1,07086 t CO₂e, lo que indica un mayor desplazamiento de los vehículos dentro y fuera del campus por parte del personal administrativo, docentes y alumnos.

Por lo tanto, que dentro de los principales factores de emisiones se encuentran los vehículos de transporte, pero al igual que Común y Saavedra (2017), manifiestan que se debe estimar y contemplar dentro de las emisiones de gases de efecto invernadero el alcance 1, que son las emisiones directas, que comprenden las emisiones de vehículos motorizados de propiedad de la universidad (WBCSD-WRI, 2011), en el contexto de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Filial Tarma no aplica por el motivo que en la Filial Tarma no cuenta con vehículos propios, pero se debe tomar en cuenta que las emisiones de alcance 2, que son emisiones indirectas generadas por la electricidad, uso de papel entre otros fungibles consumidos por la institución, debería ser considerado en un apartado (WBCSD-WRI, 2011).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se calculó la huella de carbono de las fuentes móviles utilizadas por la comunidad universitaria para desplazarse al campus de la sede de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma. El aspecto más importante del cálculo de la huella de carbono fue determinar el tCO₂e (número de toneladas de CO₂ equivalente) producidas por los desplazamientos de los docentes, alumnos de pregrado y personal administrativo que generan al desplazarse hacia el campus universitario, ya que esto permite nos permitió identificar formas de controlar, reducir o mitigar las emisiones y su impacto. El cuestionario y la identificación de las fuentes de emisión de GEI se utilizaron como herramientas para cuantificar la huella de carbono porque permitieron calcular la huella de carbono de un vehículo.
2. Se concluye en la identificación de las fuentes móviles, que el taxi, genera la mayor emisión de gases de efecto invernadero en el desplazamiento de estudiantes, docentes y personal administrativo al campus universitario de la Universidad Católica Sedes Sapientiae- Filial Tarma, con un total de emisiones de GEI de 24,615 tCO₂e. Debido a que los participantes especificaron el modo de transporte que utilizan para movilizarse hacia la universidad, los cuestionarios fueron los más útiles para identificar las fuentes móviles que emiten mayores emisiones de GEI. Las encuestas fueron el elemento más difícil para determinar las fuentes de movilidad que producen las mayores emisiones de GEI, por motivo, que no se logró localizar a los miembros de la comunidad académica debido a la normativa nacional del Decreto Supremo N° 044-2020 (PCM) del estado de emergencia nacional por las graves circunstancias a consecuencia del brote del Covid-19 y la orden de aislamiento social obligatorio. Por lo cual la aplicación de encuestas digitales fue de relevancia para la recopilación de información.

3. El aspecto más importante para determinar la huella de carbono, procedente de fuentes móviles, está referido al desplazamiento de la comunidad universitaria hacia el campus universitario con 44,845 tCO₂e durante los semestres académicos 2019-II y 2020-I, esto permitiría realizar acciones neutras en carbono. Lo que más ayudó en la cuantificación de la huella de carbono fue la identificación de las emisiones de alcance 3, o emisiones indirectas generadas por los vehículos que no son propiedad de la universidad, que supusieron el 100 % del total, porque esto permitió cuantificar cada tipo de unidad móvil y seleccionar las acciones para reducir las emisiones de dichos vehículos. El componente más difícil del cálculo de la huella de carbono fue determinar el equivalente de los distintos tipos de vehículos, ya que sus nombres y usos se limitan a Perú.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. La presente investigación permite conocer la estimación de la huella de carbono específicamente en la comunidad universitaria; sin embargo, se debe de abarcar temas como: la generación de residuos, consumo de agua y energía entre otras, para ello se debería contar con una línea base que permita realizar monitoreos de la calidad ambiental en el futuro.
2. Al no contar la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Filial Tarma, con información o línea base, sobre las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan por parte de la comunidad universitaria, el presente trabajo servirá como referente para impulsar la planificación de políticas que contribuyan a la reducción de la huella de carbono y la ejecución de nuevos estudios que coadyuven a la mejora de la gestión ambiental de la universidad en busca del carbono neutralidad.
3. Durante la aplicación de las encuestas se tuvo muchas dificultades, razón por la que se sugiere que para la ejecución de trabajos futuros la universidad debe designar a algún responsable que cuente con la información actualizada de toda la comunidad educativa de manera que se brinden las facilidades para la toma de información y permita el desarrollo de diferentes trabajos de investigación.
4. La presente investigación debe ser una herramienta de sensibilización para la comunidad universitaria en general y asimismo publicarlo en los portales web para que el exterior sea conocedor, de la gestión ambiental en la estimación de la huella de carbono.
5. El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016), actualmente está buscando la compensación de emisiones de carbono mediante bonos. Los países que quieren reducir sus emisiones de carbono, transmiten beneficios económicos a aquellos que conservan superficies de selva y realizan prácticas sustentables en bosques con la

6. participación de usuarios de bosques y poblaciones indígenas. El mecanismo es simple: la entidad calcula su impacto en emisiones de carbono y lo compensa en territorios boscosos como la Amazonía. De esta manera, aunque no existan bosques a miles de kilómetros a la redonda de la entidad, esta puede reducir las emisiones de carbono comprando bonos. Cada bono equivale a una tonelada de carbono. Esta iniciativa está financiada por organizaciones internacionales como la fundación Moore y el Banco Alemán KfW. Por lo cual sería ideal que la universidad y otras entidades conozcan de esta iniciativa y su participación efectiva.

7. Finalmente, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2018) lanzó la herramienta innovadora Huella de Carbono Perú, la cual reconoce a las instituciones educativas públicas y privadas, a través, de la medición de sus emisiones en base a la norma internacional NTP ISO 14064-1, además de considerar su reporte de sus acciones para reducir y neutralizar las emisiones de gases de efecto invernadero, obteniendo así el reconocimiento como imagen del compromiso ambiental de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Filial Tarma y mejora de la gestión ambiental.

REFERENCIAS

- Addingplus. (2021, abril 6). Transporte sostenible: Reducir huella de carbono. *Controlaplus*. <https://www.controla-plus.com/blog/transporte-sostenible/>
- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). (2019, mayo 24). *What Causes Air Pollution?* NASA Climate Kids. <https://climatekids.nasa.gov/air-pollution/>
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA). (2015, diciembre 23). *Overview of Greenhouse Gases* [Overviews and Factsheets]. Greenhouse Gas Emissions. <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Arias, D. M. (2020). *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 de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1806>
- Artica, N. L. (2013). *Huella ecológica de las provincias del departamento de Junín*. Universidad Continental.
- Ávila, H. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. Servicios Académicos Intercontinentales.
- Bakshi, B., y Fiksel, J. (2003). The Quest for Sustainability: Challenges for Process Systems Engineering. *AIChE Journal*, 49, 1350-1358. <https://doi.org/10.1002/aic.690490602>
- Benavides, H. O., y León, G. E. (2007). *Gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd#:~:text=Los%20gases%20de%20efecto%20invernadero%20o%20gases%20de%20invernadero%20son,la%20atm%C3%B3sfera%20y%20las%20nubes>
- Bhatia, P., Ranganathan, J., y Development (WBCSD), W. B. C. for S. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol*. <https://www.wri.org/research/greenhouse-gas-protocol-0>

- Brito, O. A. (2011). *Diagnóstico de implementación de metodología de cálculo de la huella de agua y huella de carbono en empresa DSM* [Tesis de titulación, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bpmfcib862d/doc/bpmfcib862d.pdf>
- BSG Institute. (2020). *ISO 14064*. Blogs, Artículos, Cursos, Programas, Certificaciones y Webinars relacionados con ISO 14064. <https://bsginstitute.com/SubArea/ISO-14064>
- Carbon trust. (2019, febrero 25). *Briefing: What are Scope 3 emissions?* Carbon Trust. <https://www.carbontrust.com/resources/briefing-what-are-scope-3-emissions>
- Carcelén, E. (2014). *Estudio de las emisiones atmosféricas de buses urbanos con motores diesel en Lima y Callao en base a la metodología Copert* [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5734>
- Cardenas, D. B. (2017). *Cálculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining sede Lima 2016 a través del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7080>
- Chipia, J. (2012, agosto 9). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos* [Presentación en power point]. Catedra de bioestadística, Bogotá, Colombia. <https://es.slideshare.net/JoanFernandoChipia/tcnicas-e-instrumentos-13930114>
- Común, K. E., y Saavedra, A. M. (2017). *Estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria proveniente de fuentes móviles utilizados para desplazarse hacia la UNALM* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3048>
- Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). (2011). *Greenhouse gas protocol: Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard : supplement to the GHG protocol corporate accounting and reporting standard*. World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf
- Crispín, A. (2018). *Determinación de la huella de carbono de la EMPRESA JRC ingeniería y Construcción SAC en la Unidad Minera El Brocal* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6211>
- Cuba, R. M., y Sotil, M. I. (2015). *Determinación de la huella de carbono de las actividades administrativas del Instituto Metropolitano Protransporte de Lima* [Tesis de

titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2194>

Dávila, F. J., y Varela, D. S. (2014). *Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur*. [Tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6320>

Dawidowski, L., Sánchez Ccoyllo, O., y Alarcón, N. (2014). Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana. *Repositorio Institucional - SENAMHI*.
<http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/454>

DBEIS. (2016). *2016 Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors*. Department of Business Energy and Industrial Strategy.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/553488/2016_methodology_paper_Final_V01-00.pdf

Decreto Supremo N° 044-2020-PCM (15 de marzo del 2020). Decreto Supremo que declara Estado de Emergencia Nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote del COVID -19. *Diario oficial el peruano*.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-declara-estado-de-emergencia-nacional-po-decreto-supremo-n-044-2020-pcm-1864948-2/>

Defra. (2016). *Greenhouse gas reporting—Conversion factors 2016*. GOV.UK.
<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2016>

Desli, E., Gkoulgkoutsika, A., Sdrolia, E., y Zarotiadis, G. (2021). Eco-efficiency: A methodological framework and assessment. *Cleaner Environmental Systems*, 3, 100049. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100049>

Eckley, N. (2015, septiembre). *Huella de carbono*. Britannica.
<https://www.britannica.com/science/carbon-footprint>

Educación energética. (2015, noviembre 16). *Combustible*. Educación energética.
<https://energyeducation.ca/encyclopedia/Fuel>

Eggleston, H. S., Intergovernmental Panel on Climate Change, National Greenhouse Gas Inventories Programme, y Chikyu Kankyo Senryaku Kenkyu Kikan. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

- Escobar, E. (2014, agosto 12). *Terpel Gazel: Experiencias en el uso de combustibles limpios para sistemas de transporte masivo de buses en Latinoamérica* [Presentación en power point]. IV Congreso de Mejores Prácticas SIBRT (Sistemas Integrados de Transporte) y BRT (Bus Rapid Transit) en América Latina, Lima, Perú. <https://es.slideshare.net/sibr/edgardo-escobar-terpel-gazel-experiencias-en-el-uso-de-combustibles-limpios-para-sistemas-de-transporte-masivo-de-buses-en-latinoamrica>
- Estévez, R. (2013, mayo 20). ¿Conoces en qué consiste el GHG Protocol? *ecointeligencia - cambia a un estilo de vida sostenible!* <https://www.ecointeligencia.com/2013/05/ghg-protocol/>
- Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N., y Wintrip, R. (2021). The carbon footprint of a UK University during the COVID-19 lockdown. *Science of The Total Environment*, 756, 143964. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143964>
- Franchetti, M. J., y Apul, D. (2013). *Carbon footprint analysis: Concepts, methods, implementation, and case studies*. Taylor y Francis.
- García, R. (2001). *Combustión y combustibles*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cesar-vallejo/quimica/combustion-y-combustibles/16162953>
- Global Footprint Network (GFN). (2017, enero 27). *Climate Change y the Carbon Footprint*. Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/>
- Greenhouse. (2016). *Estándar corporativo: Protocolo de gases de efecto invernadero*. Greenhouse, Gas protocol. <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>
- Greenhouse Gas Protocol (GHG). (2011, junio 18). *Corporate Value Chain (Scope 3) Standard*. Greenhouse Gas Protocol. <https://ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>
- Greenhouse Gas Protocol (GHG). (2018, febrero 5). *Corporate Standard: The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*. The Greenhouse Gas Protocol (GGP). <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>
- Greenpeace. (2020). *Huella de carbono: Aprende a calcular tu impacto ambiental*. Greenpeace México. <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono>

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). *Cambio climático 2007, informe de síntesis*. IPCC.
- Hermosilla, A. (2015). *Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En busca de la ecoeficiencia*. [Tesis de Posgrado, Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/5043>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw - Hill Interamericana Editores S.A. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- Hinostroza Aburto, M. G. (2019). *Huella de Carbono del Traslado de Estudiantes, Profesores y Trabajadores de la Universidad Ricaldo Palma (URP)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Ricaldo Palma].
- Huang, Y. A., Weber, C. L., y Matthews, H. S. (2009). Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting [Categorización de las emisiones de alcance 3 para la huella de carbono empresarial optimizada]. *Environmental Science y Technology*, 43(22), 8509-8515. <https://doi.org/10.1021/es901643a>
- Ihobe. (2013). *7 metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: The Physical Science Basis*. The Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Jan, L., Kätelhön, A., Bringezu, S., McCoy, S., Suh, S., Edwards, R., Sick, V., Kaiser, S., Cuéllar-Franca, R., Khamlichi, A. E., H. Lee, J., Assen, N. von der, y Bardow, A. (2020). The carbon footprint of the carbon feedstock CO₂ [La huella de carbono de la materia prima de carbono CO₂]. *Energy y Environmental Science*, 13(9), 2979-2992. <https://doi.org/10.1039/D0EE01530J>
- Jerí, M. A., y Velásquez, J. (2016). *Cálculo de la huella de carbono en una empresa de fabricación e instalación de pisos de madera* [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2859>
- Johansson, R., Meyer, S., Whistance, J., Thompson, W., y Debnath, D. (2020). Greenhouse gas emission reduction and cost from the United States biofuels mandate [Reducción

de emisiones de gases de efecto invernadero y costo del mandato de biocombustibles de los Estados Unidos]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109513>

Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C., y Hertwich, E. G. (2013). Investigating the Carbon Footprint of a University—The case of NTNU. *Journal of Cleaner Production, Complete*(48), 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.007>

Law Insider. (2018). *University Community Definition: 185 Samples*. Law Insider. <https://www.lawinsider.com/dictionary/university-community>

Loyarte-López, E., Barral, M., y Morla, J. C. (2020). Methodology for Carbon Footprint Calculation Towards Sustainable Innovation in Intangible Assets. *Sustainability*, 12(4), 1629. <https://doi.org/10.3390/su12041629>

Lozano, R. (2010). Diffusion of sustainable development in universities' curricula: An empirical example from Cardiff University. *Journal of Cleaner Production*, 18(7), 637-644. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.07.005>

Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F. J., Huisingh, D., y Lambrechts, W. (2013). Declarations for sustainability in higher education: Becoming better leaders, through addressing the university system. *Journal of Cleaner Production*, 48, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.006>

Manzur, Y., y Alva, M. C. (2013). *Bonos de carbono: Una oportunidad de desarrollo para el Perú* [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4662>

Meza, L. V. (2020). *Huella ecológica en la población del Distrito de Yauyos, Jauja* [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6399>

DS N° 013-2014-MINAM: disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO), n.º DS N° 013-2014-MINAM (2014). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-disposiciones-elaboracion-inventario-nacional-gases-efecto>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *El Perú y el cambio climático: Tercera comunicación nacional del Perú a la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*. Gráfica Biblos S.A. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *Huella de Carbono Perú v0.1*. <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Naciones Unidas. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Natividad Arvildo, P. (2021). Estimación de la huella de carbono de la Unidad de Gestión Educativa Local – Leoncio Prado, Periodo 2015-2019. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Nibusinessinfo. (2017, abril 1). *Ecodesign in product and service development: What is ecodesign?* nibusinessinfo.es. <https://www.nibusinessinfo.co.uk/content/what-ecodesign>
- Olaniyi, O., Funmilayo, O., y Olutimehin, I. (2014). Review of Climate Change and Its Effect on Nigeria Ecosystem [Revisión del cambio climático y su efecto en el ecosistema de Nigeria]. *International Journal of Environment and Pollution Research*, 2(3), 70-81.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021, septiembre 22). *Calidad del aire ambiente (exterior) y salud*. Organización Mundial de la Salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2008). *Eco-Efficiency*. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/eco-efficiency_9789264040304-en
- Pavlovskaja, E. (2014). Sustainability criteria: Their indicators, control, and monitoring (with examples from the biofuel sector) [Criterios de sostenibilidad: sus indicadores, control y seguimiento (con ejemplos del sector de los biocombustibles)]. *Environmental Sciences Europe*, 26(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0017-2>
- RAE. (2020). *Definición de comunidad universitaria—Diccionario panhispánico del español jurídico—RAE*. Diccionario panhispánico del español jurídico - Real Academia Española. <https://dpej.rae.es/lema/comunidad-universitaria>
- Ramkumar, S. (2020, septiembre 19). Climate Change. *Student energy*. https://studentenergy.org/influencer/climate-change/?gclid=Cj0KCQjw17qSBhD-ARIsACvV1X06fdEfHbEghv5YDWOejvy9VGjPYzPgiXZ32CNCOg60MjcgtJxXauAaAg7UEALw_wcB

- Ranganathan, J. (2004). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero: Estandar Corporative de Contabilidad y Reporte*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4015.7523>
- Rodas, S. G. (2014). *Estimación y gestión de la huella de carbono del campus central de la Universidad Rafael Landívar* [Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/15/Rodas-Sofia.pdf>
- Schaltegger, S., y Sturm, A. (1989). *Ökologieinduzierte Entscheidungsprobleme des Managements: Ansatzpunkte zur Ausgestaltung von Instrumenten. Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum (WWZ) der Universität Basel, 8914*.
- Schneider, H., y Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Shi, S., y Yin, J. (2021). Global research on carbon footprint: A scientometric review. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106571. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106571>
- Stephens, J., y Graham, A. (2010). Toward an empirical research agenda for sustainability in higher education: Exploring the transition management framework [Hacia una agenda de investigación empírica para la sostenibilidad en la educación superior: Explorando el marco de gestión de la transición]. *Journal of Cleaner Production*, 18, 611-618. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.07.009>
- Torres, B. (2015). *Herramienta web para la medición de la huella de carbono en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena* [Tesis de posgrado, Universidad de Cartagena] <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/2931>
- Valderrama, J. O., Espíndola, C., y Quezada, R. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación universitaria*, 4(3), 3-12. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062011000300002>
- Viteri, F. R. (2013). *Cálculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial Quito-Ecuador* [Tesis de maestría, Escuela Politécnica del Ejército]. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/7253>
- Waas, T., Verbruggen, A., y Wright, T. (2010). University research for sustainable development: Definition and characteristics explored [Investigación universitaria para el desarrollo sostenible: definición y características exploradas]. *Journal of Cleaner Production*, 18(7), 629-636. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.017>

- Wang, C., Geng, L., y Rodríguez-Casallas, J. D. (2021). How and when higher climate change risk perception promotes less climate change inaction [Cómo y cuándo una mayor percepción del riesgo del cambio climático promueve una menor inacción ante el cambio climático]. *Journal of Cleaner Production*, 321, 128952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128952>
- Worldfavor. (2020, julio). *What is the GHG Protocol?* Worldfavor.Com. <https://blog.worldfavor.com/what-is-the-ghg-protocol>
- Yoro, K. O., y Daramola, M. O. (2020). Chapter 1- CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. En M. R. Rahimpour, M. Farsi, y M. A. Makarem (Eds.) [Capítulo 1-Fuentes de emisión de CO2, gases de efecto invernadero y el efecto del calentamiento global. En M. R. Rahimpour, M. Farsi, y M. A. Makarem (Eds.)]. *Advances in Carbon Capture* (pp. 3-28). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>

TERMINOLOGÍA

Alcance 1

Emisiones directas de la empresa, cubre las emisiones directas de fuentes propias o controladas, tales como son: las emisiones que generen los materiales que son de patrimonio de la empresa tales como vehículos propios y/o maquinarias en procesos (Huang *et al.*, 2009).

Alcance 2

Cubre las emisiones indirectas de la generación de electricidad, vapor, calefacción y refrigeración comprados y consumidos por la empresa (Huang *et al.*, 2009).

Alcance 3

Incluye todas las demás emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de una empresa tales como son fuentes móviles utilizadas, las cuales no son de propiedad de la empresa (Huang *et al.*, 2009).

Cambio Climático

El cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Manzur y Alva, 2013).

Combustible

Los combustibles son densos depósitos de energía que se consumen para proporcionar servicios energéticos como calefacción, transporte y generación eléctrica (Educación energética, 2015). Se distinguen por estar formados por unos pocos componentes. El carbono, el hidrógeno y, en muchas circunstancias, el azufre, son los elementos con mayor

porcentaje en los procesos de combustión que producen calor. El resto está formado por oxígeno, nitrógeno, agua y cenizas (sílice, vanadio organometálico y otros compuestos, arcillas, sales de sodio y otros compuestos, óxidos de hierro) (García, 2001).

Comunidad Universitaria

Comunidad Universitaria significa todos los estudiantes y empleados de la Universidad, personas oficialmente asociadas con la Universidad, exalumnos y exalumnas de la Universidad, así como invitados, visitantes e invitadas (Law Insider, 2018). De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española [RAE] (2020) la comunidad universitaria es la Comunidad formada profesores, estudiantes y personal de administración y servicios de las universidades.

Efecto Invernadero

los gases en la atmósfera que absorben la radiación infrarroja procedente de la Tierra o radiación saliente, son conocidos como Gases de Efecto Invernadero (GEI), entre ellos se encuentran el dióxido de carbono, el vapor de agua, el óxido nitroso, el metano y el ozono. Estos gases tienen moléculas cuya frecuencia vibracional se localiza en la parte infrarroja del espectro (Benavides y León, 2007).

Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI (ECCR)

Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, es uno de los dos estándares de medición de emisiones de la iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero que provee una guía minuciosa para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI (Estévez, 2013). El dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4), los perfluorocarbonos (PFC), los hidrofluorocarbonos (HFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6) son los seis gases de efecto invernadero incluidos en la norma de contabilidad y notificación del Protocolo de Kioto. También incluye modelos y procedimientos para empresas de todos los tamaños, así como para otros grupos, que quieran crear un inventario de emisiones de GEI (Ranganathan, 2004).

Huella de carbono

Es la cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) asociadas con todas las actividades de una persona u otra entidad (por ejemplo, edificio, corporación, país, etc.). Incluye las emisiones directas, como las que resultan de la combustión de combustibles fósiles en la fabricación, la calefacción y el transporte, así como las emisiones necesarias para producir la electricidad asociada con los bienes y servicios consumidos. Además, el concepto de huella de carbono también suele incluir las emisiones de otros gases de efecto invernadero, como el metano, el óxido nitroso o los clorofluorocarbonos (CFC) (Eckley, 2015).

Limites Organizacionales

Uno de los mayores problemas a la hora de calcular la HC de una organización se da al delimitar sus límites organizacionales, que no es otra cosa que decidir qué instalaciones físicas, o unidades de negocio en el caso de las empresas, serán tenidas en cuenta para su cálculo. En este caso se han seleccionado teniendo en cuenta dos factores: la disponibilidad de datos, información completa y accesible, y la relevancia de los mismos (Hermosilla, 2015).

Protocolo de efecto invernadero

El Estándar de informes y contabilidad corporativa del Protocolo de GEI ayuda a las empresas y otras organizaciones a identificar, calcular e informar las emisiones de GEI. Está diseñado para establecer el estándar para la contabilidad y el informe precisos, completos, consistentes, relevantes y transparentes de las emisiones de GEI por parte de empresas y organizaciones, incluida la información sobre el establecimiento de límites organizacionales y operativos, el seguimiento de las emisiones a lo largo del tiempo y el informe de las emisiones. También proporciona orientación sobre los principios de contabilidad y presentación de informes de GEI, objetivos comerciales y diseño de inventarios, gestión de la calidad del inventario, contabilidad de las reducciones de GEI, verificación de las emisiones de GEI y establecimiento de un objetivo de GEI (Bhatia *et al.*, 2004).

Protocolo de Kyoto

Documento que determina los seis principales gases que producen el efecto invernadero en nuestro planeta y establece en relación a éstos últimos, políticas de mitigación. Los GEI recogidos por el Protocolo de Kyoto son los siguientes: el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, los hidrofluorocarbonados, los perfluorocarbonados y el hexafluoruro de azufre (Manzur y Alva, 2013).

APÉNDICES

Apéndice 1

Cuestionario

Cuestionario Inicial

CUESTIONARIO A LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA																			
1. Marque																			
<input type="checkbox"/>	Estudiante de pregrado																		
<input type="checkbox"/>	Docente																		
<input type="checkbox"/>	Personal administrativo																		
<input type="checkbox"/>	Otro (especificar).....																		
2. Edad.....																			
3. Sexo																			
<input type="checkbox"/>	Femenino	<input type="checkbox"/>	Masculino																
4. ¿Cuál es su especialidad de la facultad pertenece?																			
5. En caso de ser estudiante ¿Qué semestre está cursando?																			
<input type="checkbox"/>	1°	<input type="checkbox"/>	2°	<input type="checkbox"/>	3°	<input type="checkbox"/>	4°	<input type="checkbox"/>	5°	<input type="checkbox"/>	6°	<input type="checkbox"/>	7°	<input type="checkbox"/>	8°	<input type="checkbox"/>	9°	<input type="checkbox"/>	10°
6. ¿Cuántos días a la semana usualmente asiste a la universidad?																			
7. ¿Cuál es el distrito desde donde inicia usted su traslado hacia la universidad? Especifique la zona del Distrito																			
8. Se presenta una tabla con los medios de transporte																			
Vehículo Privado	Camina	Bicicleta	Otro:																
Taxi	Mototaxi	Motocicleta																	
Colectivo Van	Combi	Bus																	
Ejemplo: María se traslada desde Acobamba hasta la UCSS y emplea los siguientes medios de transportes con sus respectivos tramos de recorrido.																			
Medio de transporte	Recorrido por tramos o paraderos																		
Taxi	Acobamba (Parque central) – Av. Bermúdez																		
Mototaxi	Bermúdez - UCSS																		
De acuerdo al ejemplo planteado, mencione ¿Cuáles son los medios de transporte y rutas que utiliza frecuentemente para trasladarte hacia la UCSS?																			
Medio de transporte	Recorrido por tramos o paraderos																		
9. Si conoce usted el tipo de combustible que utiliza el medio transporte que usualmente usa para su traslado hacia y/o desde la universidad, mencionarlo.																			
10. ¿Si conoce las características del medio de transporte mencionar el tipo de marca, modelo del medio de transporte habitualmente usa para su traslado hacia la universidad?																			
11. ¿A qué hora promedio del día inicia su viaje hacia la universidad?																			
12. ¿Qué tiempo en promedio demora su viaje hacia la universidad?																			

Cuestionario Final

CUESTIONARIO A LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

Estimado (a), el presente cuestionario tiene por objetivo reunir información para un proyecto de investigación acerca de su desplazamiento que realiza hacia la universidad y así poder obtener su huella de carbono que genera todos los días.

1. Marque

- Estudiante de pregrado
 Docente
 Personal administrativo
 Otro (especificar).....

2. Edad.....

3. Sexo

- Femenino Masculino

4. ¿Cuál es su especialidad de la facultad pertenece?

- Ing. Ambiental Ing. Civil Ing. Sistemas Ing. Industrial
 Psicología Terapia

5. En caso de ser estudiante ¿Qué semestre está cursando?

- 1° 2° 3° 4° 5° 6° 7° 8° 9° 10°

6. ¿Cuántos días a la semana usualmente asiste a la universidad?

- 1° 2° 3° 4° 5° 6° 7°

7. ¿Cuál es el distrito desde donde inicia usted su traslado hacia la universidad? Especifique la zona del Distrito

8. Se presenta un tabla con los medios de transporte|

Vehículo Privado	Camina	Bicicleta	Otro:
Taxi	Mototaxi	Motocicleta	
Colectivo Van	Combi	Bus	

Ejemplo:

María se traslada desde Acobamba hasta la UCSS y emplea los siguientes medios de transportes con sus respectivos tramos de recorrido.

Medio de transporte	Recorrido por tramos o paraderos
Taxi	<u>Acobamba</u> (Parque central) – Av. Bermúdez
Mototaxi	<u>Bermúdez</u> - UCSS

De acuerdo al ejemplo planteado, mencione ¿Cuáles son los medios de transporte y rutas que utiliza frecuentemente para trasladarte hacia la UCSS?

Medio de transporte	Recorrido por tramos o paraderos

9. Si conoce usted el tipo de combustible que utiliza el medio transporte que usualmente usa para su traslado hacia y/o desde la universidad, mencionarlo.

10. ¿A qué hora promedio del día inicia su viaje hacia la universidad?

Apéndice 2

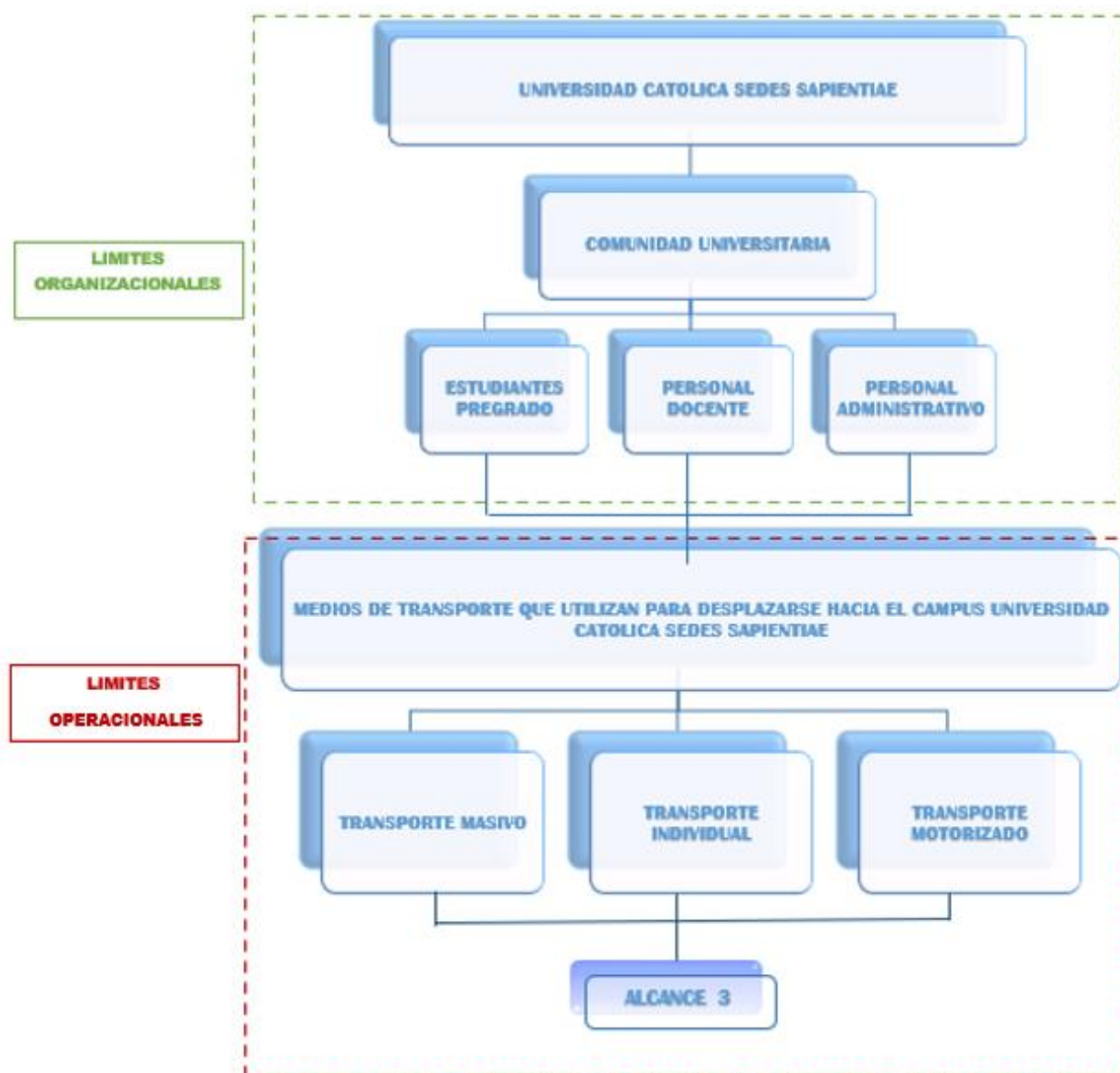
Cantidad de ocupación de pasajeros según el tipo de vehículos

Tipo de Transporte	n
Mototaxi	1
Taxi	1
Bus	60
Combi	12
Colectivo <i>Van</i>	10
Vehículo Privado	1

Nota. Elaboración Propia

Apéndice 3

Determinación de los límites organizacionales y operacionales de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Filial Tarma



Nota. Elaboración Propia en base a los datos de Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (WBCSD-WRI, 2011)

Apéndice 4

Distribución de las preferencias en el uso del transporte por la comunidad universitaria para el desplazamiento al campus por estrato

Tipo de transporte	Administrativo	Docente	Pregrado	Total, general	Porcentaje del total	Total, usados o más transportes	Porcentaje total
Bicicleta	0	0	2	2	1%	0	0%
Bus a diésel	0	1	0	1	0%	1	0%
Camina	0	3	38	41	13%	0	0%
Combi	0	1	4	5	2%	0	0%
Colectivo <i>van</i>	0	3	7	10	3%	4	1%
Mototaxi	5	30	152	187	62%	94	31%
Vehículo Privado	0	0	5	5	2%	0	0%
Taxi	4	6	42	52	17%	29	9%
Total, general	9	44	250	303	100%	128	41%

Nota. Elaboración Propia

Apéndice 5

Distribución según el tiempo que tarda la comunidad universitaria en desplazarse al campus

Lugar de Procedencia	Tiempo (minutos)			
	5-15	16-25	26-45	46-65
Acobamba	0	0	22	0
Tarma	176	86	0	0
San Pedro de Cajas	0	0	0	4
Hualhuas	0	0	2	0
La Unión Leticia	0	0	0	7
Vilcabamba	0	0	2	0
Carhuacatac	0	0	4	0
Total	176	86	30	11
Porcentaje (%)	58	28	10	4

Nota. Elaboración Propia

Apéndice 6

Distribución según el distrito de procedencia y el tipo de estamento de la comunidad universitaria

	Administrativos	Docente	Pregrado	Total, General
Acobamba	0,0 %	0,0 %	7,3 %	7,3 %
Tarma	3,0 %	14,5 %	69,0 %	86,5 %
San Pedro de Cajas	0,0 %	0,0 %	1,3 %	1,3 %
Hualhuas	0,0 %	0,0 %	0,7 %	0,7 %
La Unión Leticia	0,0 %	0,0 %	2,3 %	2,3 %
Vilcabamba	0,0 %	0,0 %	0,7 %	0,7 %
Carhuacatac	0,0 %	0,0 %	1,3 %	1,3 %
Total	3,0 %	14,5 %	82,5 %	100,0 %

Nota. Elaboración Propia

Apéndice 7

Cálculos de la huella de carbono – alcance 3 (emisiones indirectas)

Fuente móvil	Datos obtenidos				CO ₂		CH ₄			N ₂ O		CO ₂ e		
	A	B	C	D	E	F	(G)	H	I	(J)	K	L	(M)	(N)
	Distancia promedio recorrida	Días por semana	Semanas lectivas	Nivel de ocupación	Factor de Emisión de CO ₂	PCG	Emisiones de CO ₂	Factor de Emisión de CH ₄	PCG	Emisiones de CH ₄	Factor de Emisión de N ₂ O	PCG	Emisiones de N ₂ O	Emisiones Totales
	(km)				(kg CO ₂ /km)		(tCO ₂)	(kg CO ₂ /km)		(tCH ₄)	(kg CO ₂ /km)		(tN ₂ O)	(tCO ₂ e)
G = A*B*C*D*E*F J = A*B*C*D*H*I M = A*B*C*D*K*L														
(N) Emisiones Totales de GEI (t CO ₂ e) = (G + J + M) / 1000														
Mototaxi	0,8	5	16	1	0,08499	1	0,0109	0,00207	25	0,007	0,0003	298	0,011	0,029
Taxi	7,9	3	16	1	0,1856	1	0,1408	0,00019	25	0,004	0,00116	298	0,262	0,407
Colectivo Van	6,5	3	16	10	0,1856	1	0,0276	0,00019	25	0,001	0,00116	298	0,051	0,080
Combi	9,8	5	16	12	0,25529	1	0,0572	0,00057	25	0,003	0,00147	298	0,098	0,159
Auto a Diesel Vehículo privado	1,1	5	16	1	0,18115	1	0,0319	0,00001	25	0,000	0,0005	298	0,100	0,132
Bus a Diesel	12,5	5	16	60	0,90374	1	0,0201	0,1165	25	0,065	0,00001	298	0,000	0,085
Bicicleta	2,5	5	16	1	0	1	0,0000	0	25	0,000	0	298	0,000	0,000
Camina	1	5	16	1	0	1	0,0000	0	25	0,000	0	298	0,000	0,000

Nota. Elaboración Propia en base a datos de (a) Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (b) Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (c) Panel Intergubernamental del Cambio Climático (WBCSD-WRI, 2011)