

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**HUELLA DE CARBONO DE LAS ACTIVIDADES ACADÉMICAS
DE UN ESTUDIANTE DE LA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA CIVIL
DE LA PUCP EN MODALIDAD VIRTUAL**

Tesis para obtener el Título profesional de INGENIERO CIVIL

AUTOR:

JORGE ARTURO TAPIA VÁSQUEZ

ASESOR:

IAN VÁSQUEZ ROWE Ph.D

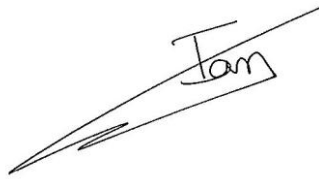
Lima, octubre, 2023

Informe de Similitud

Yo, **Ian Vázquez Rowe**, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis de investigación titulada **Huella de carbono de las actividades académicas de un estudiante de la especialidad de Ingeniería Civil de la PUCP en modalidad virtual**, del autor **Jorge Arturo Tapia, Vásquez**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 15%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 09/01/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 9 de enero de 2024

Apellidos y nombres del asesor: <u>Vázquez Rowe, Ian</u>	
CE: 001084152	Firma 
ORCID: 0000-0002-7469-2033	

RESUMEN

A finales del 2019, el mundo se vio afectado por la aparición del virus SARS-CoV-2. Esto conllevó a un aislamiento social obligatorio en muchos países. Únicamente los trabajos de primera necesidad debían seguir asistiendo de forma presencial. La pandemia ocasionó que los alumnos de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), ubicada en Lima (Perú), lleven sus cursos de manera virtual.

Ante esta nueva realidad, surge la necesidad de contrastar los diferentes valores de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados en la modalidad presencial como en la modalidad virtual. De esta forma analizar el efecto de las variaciones de las actividades que realizaban los alumnos de la facultad de ingeniería civil.

Por tanto, este estudio analizará la huella de carbono de los estudiantes de la especialidad de ingeniería civil de la PUCP en la modalidad virtual (se tomará como data la información del año 2020) y se comparará con la modalidad presencial antes de la pandemia (se tomará como data la información del año 2019).

En síntesis, la huella de carbono generada en las casas de estudios debe de ser siempre estudiada y monitoreada. A diferencia de los demás estudios realizados en la modalidad presencial; con el fin de, analizar, comparar y sacar conclusiones acerca de los GEI que estamos mitigando. Por eso, con los resultados obtenidos, se observa que de la muestra tomada durante la pandemia se ha emitido 63.05 t CO₂ eq menos a comparación a un año normal de estudio. Sin embargo, la energía eléctrica consumida durante un año de estudio virtual en pandemia es 2.5 veces mayor a un ciclo presencial. Es importante dar a conocer la huella de carbono generada por la modalidad virtual. Para finalmente, poder brindar posibles soluciones para la reducción de estas emisiones.

ABSTRACT

Towards the end of the year 2019 the world was affected by the emergence of the SARS-COV-2 virus. This phenomenon led to mandatory lockdowns throughout several countries. Frontline workers were the only people that had to keep attending in person. The pandemic forced the students from the Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) located in Lima, Perú, to continue their courses online.

From this new reality arose the necessity to contrast the different values for Greenhouse Gases (GHG) issued from the virtual as well as in-person modality. Thus, to analyze the outcome of the change in activities done by the students of the Civil Engineering faculty.

Therefore, this study will analyze the carbon footprint generated by the students of Civil Engineering from PUCP within the virtual modality (for this purpose data from the year 2020 will be taken) and will be compared with the in-person before the pandemic (for this purpose data from the year 2019 will be taken).

In short, the carbon footprint generated in universities must be studied and supervised, unlike other studies carried for the in-person modality, in order to analyse, compare and to draw conclusions of the greenhouse gases we are emitting. Therefore, with the results obtained from the sample data taken during the pandemic, it shows that 63.05 tons less of CO₂ eq has been emitted during the pandemic in comparison to a full in-person modality year. Nevertheless, the electric energy consumed during a year of online study amid the pandemic was 2.5 times than a year of in-person modality. It is important to emphasize the carbon footprint generated by the online modality. Thus, we can bring possible solutions to reduce these emissions.

ÍNDICE DE CONTENIDO

GLOSARIO	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	3
1.1 Introducción.....	3
1.2. Justificación	4
1.3. Hipótesis	6
1.4. Preguntas de investigación.....	6
1.4.1. Pregunta general.....	6
1.4.2. Preguntas específicas	6
1.5. Objetivos de la investigación.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos	7
CAPITULO 2: ESTADO DE ARTE	7
2.1. Antecedentes bibliográficos.....	7
2.2. Sistema de Gestión Ambiental.....	11
2.2.1. Impacto Ambiental.....	11
2.2.2. Medidas ambientales PUCP.....	12
2.3. Huella de Carbono	13
2.3.1. Gestión de la Huella de Carbono	13
2.3.2. Cuantificación de la Huella de Carbono	15
2.3.3. Análisis del ciclo de vida (ACV).....	22

2.3.4. Huella de Carbono en Perú	23
2.4. Impacto de la educación en la Huella de Carbono.....	28
2.4.1. Diferencia de modalidad de educación presencial y a distancia.....	28
2.4.2. Impacto de la educación en la Huella de Carbono.....	30
CAPITULO 3: METODOLOGÍA	32
3.1. Aspectos Metodológicos.....	32
3.1.1. Tipo de estudio.....	32
3.1.2. Fuentes y técnicas para recolección.....	32
3.1.3. Muestreo 33	
3.1.4. Lanzamiento de la encuesta a los alumnos de ingeniería civil de la PUCP.....	36
3.1.5. Metodología de cálculo.....	39
CAPITULO 4: RESULTADOS.....	47
4.1. Presentación de resultados generales	47
4.1.1. Año regular de la PUCP antes de pandemia (2019)	47
4.1.2. Primer año por modalidad virtual PUCP durante la pandemia (2020)	50
4.2. Análisis de Resultados	55
4.2.1. Análisis de Resultados antes de la pandemia.....	56
4.2.2. Análisis de Resultados durante la pandemia.....	64
4.3. Cálculos de los gases de efecto invernadero generados.....	67
4.3.1. Cálculo de GEI antes de la pandemia	68
4.3.2. Cálculo de GEI durante la pandemia	71

4.4. Análisis y gráficos de la Huella de Carbono generada por la modalidad virtual de los estudiantes de ingeniería Civil de la PUCP	75
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1. Conclusiones.....	83
5.2. Recomendaciones	85
6. REFERENCIAS.....	87
ANEXO.....	98



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i>	Indicadores de Huella de Carbono en PUCP. Tomado de “ <i>Clima de Cambios PUCP (2016)</i> ”.	5
<i>Figura 2.</i>	Mapa de rutas de ciclovía para llegar a la PUCP.	12
<i>Figura 3.</i>	Relación entre la familia de normas ISO 14040 y la familia de normas ISO14060, utilizando el ejemplo de una cadena de transporte de carga.	15
<i>Figura 4.</i>	Clasificación de emisiones de gases de efecto invernadero. Tomado de “ <i>Estévez 2013</i> ”.	18
<i>Figura 5.</i>	Estrategias y acciones de mejora ambiental para el ecodiseño de un producto. Tomado de “ <i>Ecodiseño y Análisis de Ciclo de Vida</i> ”.	23
<i>Figura 6.</i>	Emisiones directas e indirectas por energía en el 2022. Tomado de “ <i>Huella de Carbono Perú</i> ”.	26
<i>Figura 7.</i>	Evolución de las emisiones directas e indirectas por energía del 2019-2021. Tomado de “ <i>Huella de Carbono Perú</i> ”.	31
<i>Figura 8.</i>	Dashboard de alumnos FACI de los semestres del 2020-1 al 2021-1. Tomado de “ <i>SAG-PUCP Sistema de Apoyo a la Gestión PUCP</i> ”.	34
<i>Figura 9.</i>	Dashboard de alumnos EEGCC de los semestres del 2020-1 al 2021-1. Tomado de “ <i>SAG-PUCP Sistema de Apoyo a la Gestión PUCP</i> ”.	35
<i>Figura 10.</i>	Número de días de la semana en que se dirigía a la PUCP.	47
<i>Figura 11.</i>	Medio de transporte para llegar a la PUCP.	48
<i>Figura 12.</i>	Tiempo aproximado en llegar a la PUCP.	48
<i>Figura 13.</i>	Tiempo de uso de espacios y servicios de la PUCP hacia los alumnos.	49
<i>Figura 14.</i>	Tiempo conectado al internet.	49

<i>Figura 15.</i>	Días de la semana conectados al internet para realizar actividades estudiantiles.....	50
<i>Figura 16.</i>	Tiempo estimado en uso del internet y equipos electrónicos.....	50
<i>Figura 17.</i>	Dispositivos electrónicos para realizar las actividades estudiantiles.	51
<i>Figura 18.</i>	Equipos y servicios adicionales que se adquirió en la pandemia.....	52
<i>Figura 19.</i>	Comparación entre ciclo presencial y virtual con respecto al uso de dispositivos electrónicos.....	53
<i>Figura 20.</i>	Comparación entre ciclo presencial y virtual de la mitigación de gases de efecto invernadero.....	53
<i>Figura 21.</i>	Cantidad de estudiantes que dejan conectado sus dispositivos toda la noche.....	54
<i>Figura 22.</i>	Cantidad de estudiantes que usan más de un dispositivo electrónico a la vez.....	54
<i>Figura 23.</i>	Total de kg CO ₂ eq antes de pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en una semana y un año.....	76
<i>Figura 24.</i>	Cálculo de kg CO ₂ eq durante la pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en una semana por factor.	77
<i>Figura 25.</i>	Distribución del total de t CO ₂ eq durante la pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en un año.	78
<i>Figura 26.</i>	Resultados de t CO ₂ eq antes y durante la pandemia.	79
<i>Figura 27.</i>	Comparativo de t CO ₂ eq antes y durante la pandemia por alumno de la especialidad de ingeniería civil de la PUCP.	80

Figura 28. Comparativo de t CO₂ eq por alumno obtenidos en estudios de diferentes instituciones.....82

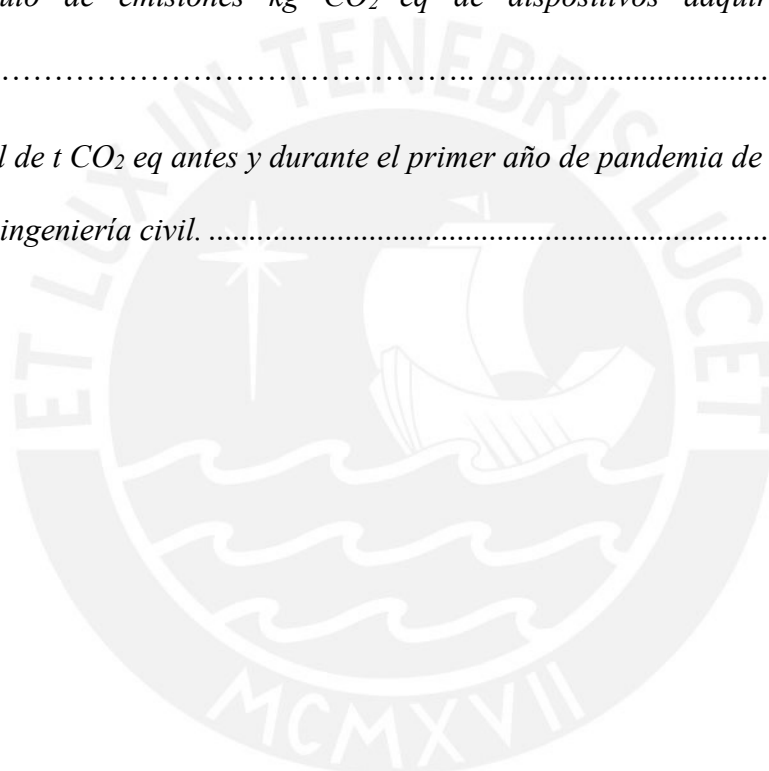


LISTA DE TABLA

Tabla 1.	<i>Cuadro comparativo entre universidades t CO2 eq por alumno.....</i>	9
Tabla 2.	<i>Principales metodologías de medición.....</i>	16
Tabla 3.	<i>Comentarios de los factores de emisión con respecto a su clasificación.....</i>	20
Tabla 4.	<i>Insumos usados en los procesos productivos</i>	21
Tabla 5.	<i>Cuadro comparativo de aprendizaje tradicional y aprendizaje virtual</i>	29
Tabla 6.	<i>Cuadro comparativo de acciones de reducción de HdC.....</i>	30
Tabla 7.	<i>Cantidad de alumnos EEGGCC y FACI de los semestres del 2020-1 al 2021-1..</i>	35
Tabla 8.	<i>Preguntas realizadas a los estudiantes de la especialidad de ingeniería civil antes de pandemia.....</i>	37
Tabla 9.	<i>Preguntas realizadas a los estudiantes de la especialidad de ingeniería civil antes de pandemia.....</i>	38
Tabla 10.	<i>Factor de emisión por km según el medio de transporte.....</i>	42
Tabla 11.	<i>Factor de emisión por cada dispositivo o equipo utilizado.....</i>	44
Tabla 12.	<i>Tiempo transcurrido en el transporte público o privado respecto a los días que se iba a la universidad por semana.....</i>	57
Tabla 13.	<i>Tiempo transcurrido en el transporte público respecto a los días que se iba a la universidad por semana.....</i>	58
Tabla 14.	<i>Multiplicación de días por alumnos respecto a la duración de viaje en transporte público por semana.....</i>	58
Tabla 15.	<i>Tiempo transcurrido con transporte colectivo respecto a los días que se iba a la universidad por semana.....</i>	59

Tabla 16. <i>Multiplicación de días por alumnos respecto a la duración de viaje en transporte colectivo por semana.</i>	59
Tabla 17. <i>Tiempo transcurrido con transporte en taxi respecto a los días que se iba a la universidad por semana.</i>	60
Tabla 18. <i>Multiplicación de días por alumnos respecto a la duración de viaje en taxi.</i>	60
Tabla 19. <i>Tiempo de uso de espacios y servicios que ofrecía la universidad respecto a los días de asistencia.</i>	61
Tabla 20. <i>Multiplicación de días por alumnos en una semana en tiempo de uso de espacios y servicios que ofrecía la universidad.</i>	62
Tabla 21. <i>Tabla acerca de las horas conectadas respecto a los días de asistencia.</i>	63
Tabla 22. <i>Multiplicación de días por alumnos en una semana en los tiempos establecidos con respecto al tiempo conectado al internet.</i>	63
Tabla 23. <i>Tabla acerca de la cantidad de alumnos por frecuencia de horas conectados al internet en una semana.</i>	64
Tabla 24. <i>Multiplicación de días por alumnos en una semana en los tiempos establecidos con respecto al uso de internet y equipos.</i>	65
Tabla 25. <i>Tabla de dispositivos que usan los alumnos en la modalidad virtual.</i>	65
Tabla 26. <i>Tabla de los nuevos artefactos adquiridos para la realización de actividades estudiantiles durante la pandemia.</i>	66
Tabla 27. <i>Tiempo de vida útil de equipos electrónicos (años).</i>	67
Tabla 28. <i>Cálculos de emisiones del transporte público por semana.</i>	68
Tabla 29. <i>Cálculos de emisiones por transporte colectivo.</i>	69
Tabla 30. <i>Cálculos de emisiones por taxi.</i>	69

Tabla 31. <i>Cálculo de las emisiones por las horas de uso de los ambientes de la universidad por parte de los alumnos.</i>	70
Tabla 32. <i>Cálculo de las emisiones de las horas conectadas al internet.</i>	71
Tabla 33. <i>Cálculo de emisiones por la energía consumida en el uso de internet y aparatos electrónicos.</i>	72
Tabla 34. <i>Incremento Porcentual de dispositivos ya adquiridos antes de la pandemia.</i>	73
Tabla 35. <i>Cálculo de emisiones kg CO₂ eq de dispositivos adquiridos durante la pandemia.</i>	74
Tabla 36. <i>Total de t CO₂ eq antes y durante el primer año de pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil.</i>	75



GLOSARIO

- Calentamiento Global: Aumento de temperatura del planeta como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Power-Porto, 2009).
- Cambio Climático: Cambios significativos en la temperatura y patrones del clima durante un periodo de décadas o más (NACIONES UNIDAS, 2020).
- Dióxido de Carbono: Resultado de procesos de combustión, es un gas inodoro e incoloro a condiciones normales, principal agente del efecto invernadero (De Aguascalientes, 2010).
- Efecto Invernadero: Efecto natural por el cual la energía solar recibida por la tierra vuelve al espacio y una parte es retenida por gases de dióxido de carbono y vapor de agua. Redireccionando la energía retenida alcanzando de nuevo a la superficie terrestre (CIIFEN, 2022).
- Emisiones: Acción de emitir, arrojar, exhalar o echar hacia fuera gases o sonidos (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022a).
- Gases Efecto Invernadero: Son los gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al denominado “efecto invernadero” (López, 2020).
- KiloWatt-hora (kWh): Medida para determinar la energía eléctrica consumida en una hora (Pinto Velasco, 2016).
- Ozono: Molécula constituida por tres átomos de oxígeno (O_3), es el estado alotrópico del oxígeno, que se forma de manera natural en la atmósfera por descargas eléctricas (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022).

- Sistema de gestión ambiental: Es el conjunto de políticas, principios, normas, procedimiento, técnicas e instrumentos, para implementar acciones que reduzcan el impacto ambiental (Ministerio del Ambiente, 2022).
- Vida útil: Es el periodo durante el cual se espera que un activo despreciable sea usada por una entidad, contemplando el desgaste del mismo por el uso (BDO, 2021).



CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción

Durante el año 2020 y 2021, a medida que se fue propagando el COVID-19, se implementaron medidas por el estado en el sector educativo. Entre ellas tenemos, la suspensión de clases presenciales, publicaciones de orientaciones pedagógicas para centros de estudios públicos y privados, el Decreto de Urgencia 1476 (que exigía a las instituciones privadas informar de forma transparente sobre el cobro por los servicios y prestaciones brindadas) (MINSA, 2021). El uso de modelos de enseñanza no convencionales se convirtió en una estrategia educativa, ya que no requería la asistencia presencial de los alumnos.

Esta nueva modalidad ya no implicaba uso frecuente de diferentes tipos de transporte, incluso los que residían en provincia volvieron a su lugar de origen y, desde ahí, podían llevar sus clases de forma virtual. Ante esta situación, la universidad ya no podía brindar a sus estudiantes facilidades como internet; lugar de estudio individual y colectivo; y servicios básicos (Rosario-Rodríguez et al., 2020).

Por ello, ante la necesidad de continuar con la formación académica, los estudiantes tuvieron que adquirir diversos dispositivos electrónicos, muebles y servicios (escritorios, audífonos, internet de alta velocidad, computadoras o laptops, videocámaras, impresora con escáner) que ayuden a obtener una mejor conectividad y poder desarrollar sus actividades correspondientes. Debido a esta nueva normalidad, el consumo de energía eléctrica aumentó. En ese sentido es válido cuestionar si esto repercute en un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Y si esto, por ende, incrementa la huella de carbono en el campus virtual, tomando como muestra alumnos de la especialidad de Ingeniería Civil registrando sus nuevos hábitos.

Los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). La emisión de estos

gases tiene un impacto directo en la atmósfera. El dióxido de carbono (CO₂) es el componente más común y que tiene se emite con mayor frecuencia durante las actividades diarias por el consumo de combustibles fósiles, la utilización de energía, deforestación, entre otros. La huella de carbono nos permite cuantificar el impacto que puede tener en el medio ambiente, y con ello poder disminuir o mitigar los efectos perjudiciales en la atmosfera (Alfaro V., 2010).

Para lograr captar los nuevos hábitos estudiantiles y compararlos con los de la modalidad presencial, en el capítulo 3 de metodología, se muestra el cuestionario formulado dirigido a estudiantes de la especialidad de ingeniería civil que permitirá identificar los factores relacionados a la generación de GEI. El cuestionario se agrupa en dos categorías importantes que son “antes de la pandemia” y “durante la pandemia”.

Finalmente, en el capítulo 4, se analiza la información obtenida de la aplicación de la encuesta virtual a los alumnos, ya que se realiza el cálculo correspondiente a las preguntas formuladas. De acuerdo con el análisis, se visualiza el impacto de las modalidades de actividades académicas en la emisión de CO₂ y la huella de carbono de la muestra seleccionada.

1.2. Justificación

La última actualización de los resultados de la Huella de Carbono en la PUCP fue en el año 2016. Se conformó un equipo con miembros de distintas especialidades entre ellas del “departamento de Arquitectura, Dirección de Administración y Finanzas (DAF), Dirección Académica de Responsabilidad Social (DARS), la Dirección de Comunicación Institucional (DCI), Coordinación de Gestión Ambiental de la DAF y la Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial (PELCAN) del Departamento de Ingeniería” (Palmieri & Idrogo, 2018).

Entre los principales resultados mostrados en la Figura 1, se presentó que la PUCP generó 33,903 toneladas. El primero es el medio de transporte que representa el 91.33%, el cual es usado por los estudiantes para llegar a la universidad y para consumir sus alimentos en los

comedores. El segundo factor es la electricidad que representa el 8.43%, el cual es empleado para usar los dispositivos que necesitan los estudiantes para realizar sus clases y trabajos.

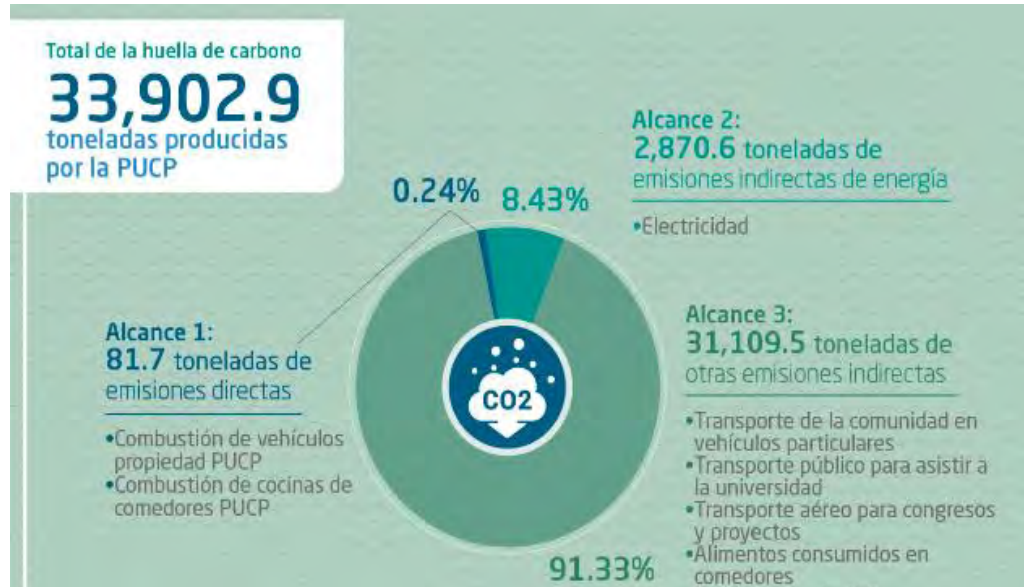


Figura 1. Indicadores de Huella de Carbono en PUCP.

Tomado de "Clima de Cambios PUCP (2016)".

Es importante tener un estudio actualizado de la Huella de Carbono generada por las nuevas actividades de los estudiantes de ingeniería Civil de la PUCP por la modalidad virtual. Puesto que, no conocemos si se tiene una huella de carbono mayor o menor frente a este cambio. La finalidad de esto es dar a conocer los impactos ambientales que se genera; a través de la aplicación de una encuesta de sus nuevos hábitos estudiantiles y compararlos con periodos anteriores.

La batería de preguntas está relacionada con hábitos antes y durante la pandemia, para ello, participarán 200 alumnos de la facultad de Ingeniería, de la especialidad de Ingeniería Civil. Así mismo, la siguiente tesis servirá como aporte a futuras investigaciones de impacto ambiental de otras carreras. El objetivo es dar alternativas de posibles soluciones de cómo se puede reducir la huella de Carbono generada por la nueva normalidad.

1.3. Hipótesis

La transición de la modalidad presencial a la virtual ha alterado el perfil de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) entre los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la PUCP. Esta modificación se atribuye a factores relacionados con el cambio de hábitos y actividades académicas, como el tiempo de estudio, el uso de dispositivos electrónicos y las modalidades de transporte. Los cuales inciden en la variación de la huella de carbono generada por parte de los estudiantes.

1.4. Preguntas de investigación

1.4.1. Pregunta general

- ¿Qué ha cambiado en el patrón de los estudiantes con la nueva normalidad virtual por la pandemia?

1.4.2. Preguntas específicas

- ¿Cuántas horas al día el alumno de ingeniería civil hará uso del internet y dispositivos electrónicos para realizar sus actividades?
- ¿Cuánto es el impacto ambiental de los nuevos equipos adquiridos durante la modalidad virtual?
- ¿Cuánto varía la huella de carbono en la modalidad virtual a comparación de la modalidad presencial?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

- Analizar la huella de carbono generado por la modalidad virtual en estudiantes de la especialidad de Ingeniería Civil.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar por encuesta de Google Forms los nuevos hábitos estudiantiles que estaría generando gases de efecto invernadero.
- Identificar las formas en la que se está mitigando los gases de efecto invernadero antes de la pandemia y durante la pandemia.
- Estimar la huella de carbono generado en la modalidad virtual y presencial.
- Comparar los resultados de la huella de carbono de los estudiantes de la especialidad de ingeniería civil por modalidad virtual con la presencial.

CAPITULO 2: ESTADO DE ARTE

2.1. Antecedentes bibliográficos

La creciente conciencia sobre la crisis climática ha generado un impulso significativo en la investigación y acción en diversas áreas. En particular, la sostenibilidad ambiental en la educación superior se ha convertido en un tema que demanda evaluación y comprensión. Esta revisión de la literatura se centra en los antecedentes y hallazgos clave de investigaciones previas relacionadas con el cálculo de la Huella de Carbono, que es un indicador de las emisiones de GEI expresada en CO₂ equivalentes (CO₂ eq) (Valderrama, 2018).

Uno de los casos de estudio fue la Universidad San Jorge, ubicado en Villanueva de Gállego (España). En este estudio se estimó la huella de carbono que generaban sus estudiantes; para ello, se realizaron una serie de mediciones entre los años 2011 y 2014. Los resultados fueron de 1 a 1.23 t CO₂ eq por alumno al año respectivamente (Loste Montoya, 2014).

Por otro lado, también está el caso de la Universidad del Cabo, ubicado en Rondebosch Ciudad del Cabo (Sudáfrica). En el 2007 realizó su estudio enfocándose en el transporte y residuos por alumno; el cual, tuvo como resultado de 0.7 t CO₂ eq (Letete et al., 2011).

En Tailandia, la Universidad Suan Sunandha Rajabhat tuvo una emisión de 2.16 t CO₂ eq por alumno al año. Las fuentes principales de esta emisión fueron el consumo de los electrodomésticos, los alimentos y en último lugar el transporte (Utaraskul, 2015).

Mientras que en la Universidad de Bournemouth (BU), una universidad mediana del Reino Unido, durante la pandemia tuvo una reducción de aproximadamente del 30% en la huella de carbono. Esta reducción se debió a la educación virtual; por ello, es una alternativa viable para el medioambiente con diferentes beneficios como la retroalimentación al poder ver el video de la clase en repetidas ocasiones. Sin embargo, esta “virtualidad” viene acompañada a la limitada participación de los estudiantes. Asimismo, la BU en el 2016 realizó una serie de cambios para la reducción de CO₂: cambios de la iluminación por sistemas LED, caldera de biomasa, la implementación de paneles solares y una campaña sólida de reciclaje (Filimonau et al., 2021).

Además, en la Universidad de Tecnológica de Pereira (UTP), ubicado en Pereira (Colombia), de una muestra del 7.2% de la comunidad estudiantil, profesores y administrativos en el 2017 se generó 0.4 t CO₂ eq por persona. El agente de mayor impacto ambiental fue la quema de combustibles fósiles; ya que, este es fuente de energía para la movilidad de los estudiantes, docentes y demás trabajadores de la casa de estudio (Varón-Hoyos et al., 2021).

Tabla 1.*Cuadro comparativo entre universidades t CO₂ eq por alumno*

Institución académica de enseñanza superior	País	Año	t CO ₂ eq por alumno	Diferencia con la PUCP (t CO ₂ eq)	Produce más o menos con respecto a la PUCP (t CO ₂ eq)
Universidad San Jorge	España	2011	1	0.058	Más t CO ₂ eq por alumno
Universidad San Jorge	España	2014	1.23	0.288	Más t CO ₂ eq por alumno
Universidad del Cabo	Sudáfrica	2007	0.7	-0.242	Menos t CO ₂ eq por alumno
Universidad Suan Sunandha Rajabhat	Tailandia	2015	2.16	1.218	Más t CO ₂ eq por alumno
Universidad de Tecnológica de Pereira	Pereira	2017	0.4	-0.542	Menos t CO ₂ eq por alumno
Universidad Nacional de Ingeniería	Perú	2018	0.49	-0.452	Menos t CO ₂ eq por alumno
Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú	2016	0.942	0	

De la misma forma, tenemos un caso más cercano, la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el cual se desarrolló una medición de Huella de Carbono en el año 2016. En el que se tuvo como resultado del estudio un 0.942 t CO₂ eq por miembro de la universidad (PUCP, 2016). Cabe resaltar que en este estudio también se sumaron en los cálculos de la huella de carbono los vehículos propios de la PUCP.

De igual importancia, se tiene el caso de la Universidad Nacional de Ingeniería. En esta universidad se realizó un estudio en la Facultad de Ingeniería Ambiental en el período 2018-1, el cual obtuvo un resultado de 0.15 t CO₂ eq (Palomino Ochante, 2019). Es necesario resaltar que la toma de datos no solamente se enfocó a los alumnos, sino también a los docentes. Sin embargo, este resultado fue de un ciclo de 16 semanas; por lo que, haciendo una conversión anual se tendría como resultado 0.49 t CO₂ eq por alumno y docente al año. De acuerdo con lo

mencionado, hay antecedentes de la huella de carbono en diferentes universidades, tanto en Perú como en otros países. En muchos países sudamericanos aún no tenemos el nivel de conciencia medioambiental para calcular la huella de carbono y de esta forma adoptar estrategias para reducir nuestra huella de carbono (Gligo, 2001).

Una propuesta de medición de la huella de carbono fue planteada en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena (Cartagena de Indias, Colombia), donde desarrollaron un software que mide la huella de carbono, recopilando datos sobre los consumos directos e indirectos de materiales y energía que se produce en esta especialidad traduciéndolos en emisiones de CO₂ equivalentes, mostrando en el primer semestre del 2014 un resultado igual a 674213,4 Kg CO₂ eq de una muestra de 410 personas obteniendo 1.64 t CO₂ eq por persona (TORRES CABARCAS, 2015).

Sin embargo, si las entidades públicas y/o particulares desean identificar el impacto medioambiental, no pueden limitarse solo al cálculo de la huella de carbono. Existen otros indicadores que deben ser tomados en cuenta: la deforestación, acidificación del suelo, eutrofización de las aguas, consumos de agua, entre otros. Ampliar la percepción de los indicadores, permite tener una visión más completa, ya que se contempla otras realidades que la huella de carbono no contabiliza (Anton, 2004).

En el artículo “Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias”, se desarrolla un análisis de los métodos de cálculo de la huella de carbono. Este análisis demostró la existencia de diferencias en los gastos de energía, de automóvil u transporte aéreo. Por otro lado, así mismo, se identificó que se realiza cálculos con información promedio, ya que los usuarios por facilismo proveen dicha información acerca del uso de energía y de la eliminación de desechos (Valderrama et al., 2011).

Según la medición de Huella de Carbono realizado por DatosMacro en el 2019, en Estados Unidos, la media de emisiones por habitante es de 15.23 toneladas de CO₂; asimismo, en Alemania, es 8.51 toneladas; en México, 3.64; y en Haití, 0.31 (DatosMacro, 2019). De esta forma, se llega al promedio mundial de 4.5 toneladas por habitante en el 2019 (BANCO MUNDIAL, 2019).

2.2. Sistema de Gestión Ambiental

Según la norma UNE-EN-ISO 14001:2015, es un conjunto de elementos de una organización definidas por políticas y objetivos determinados por los procesos, el cual puede tener varias disciplinas (calidad, medio ambiente, SSO, financiera, seguridad de la información, entre otros) (Valdés et al., 2015). Esta norma toma el cálculo de la huella de carbono como un indicador para medir el desempeño ambiental de una compañía.

Las normas UNE-EN ISO 14064:2012 toma de forma específica a los GEI, dentro de estas normas se realiza el inventario y cuantificación de los GEI los cuales le permiten delimitar su emisión y tomar acciones correctivas para la reducción o eliminación de las mismas (INGERTEC, 2021).

La norma ISO/TS 14067:2013 menciona los requisitos y directrices para la aplicación de las ISO 14064; ya que, proporciona información de la huella de carbono de productos. De esta manera, ayuda a la comprensión e identificación de oportunidades para la reducción de GEI. La norma se enfoca en la comunicación para concientizar desde la fase de planificación hasta la implementación de estrategias contra la emisión de GEI (ISO, 2018).

2.2.1. Impacto Ambiental

El impacto ambiental se define como la alteración del medio ambiente, que es provocado por una actividad que modifica al ambiente de forma directa o indirecta. Esta actividad puede ser desarrollada por el hombre o por la naturaleza. Por tanto, la declaración del impacto ambiental se ajusta a las normas medioambientales vigentes (Innovación y Cualificación, S.L. Target

solares, biodigestores y sistemas fotovoltaicos (PUCP, 2020). Este grupo, también, cuenta con una tienda con diferentes productos que usan energía solar como un cargador de teléfono, que disminuiría la huella de carbono por cada estudiante.

Por otro lado, en el repositorio digital de tesis PUCP se encuentra el trabajo de investigación sobre la incorporación de paneles fotovoltaicos para alimentar un sistema eléctrico de un edificio multifamiliar de 4 pisos. Este proyecto justifica la viabilidad de la implementación del sistema propuesto con un retorno económico después de 9.5 años de uso. Si se considera que los elementos mencionados tienen una vida útil de 20 a 25 años, entonces quedarían entre 10.5 a 15.5 años de energía gratuita que reduciría el impacto ambiental (Godiño Vilchez et al., 2021).

Por ello, es viable implementar estas alternativas en los edificios de la facultad de ciencias e ingeniería de la PUCP como primer modelo. Para luego, ser aplicado en todo el campus con la ayuda de los docentes y autoridades de la universidad.

2.3. Huella de Carbono

2.3.1. Gestión de la Huella de Carbono

En 1972, la agenda de la política mundial incorporó la sensibilización de una urgencia ambiental de carácter global; a través de la conferencia sobre el Medio Ambiente Humano de Estocolmo, organizada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (Espíndola, César; Valderrama, 2018).

En la conferencia se estableció el Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA), el objetivo fue discutir las variaciones climáticas, así como, profundizar temas relacionados con las consecuencias potencialmente graves del cambio climático.

Una huella de carbono se crea como una métrica para cuantificar y proporcionar un indicador del impacto de una actividad o proceso realizado por personas u organizaciones, de forma

directa o indirecta, en términos de CO₂ equivalentes. Adicional a ello es una herramienta de gestión que permite averiguar las conductas o acciones que están contribuyendo a aumentar el grado de emisiones, establecer estrategias de mitigación y realizar una mejor gestión en el uso de recursos (Ministerio del Medio Ambiente, 2022).

Actualmente, las organizaciones a nivel mundial buscan soluciones para una mejor gestión de la Huella de Carbono generadas de forma directa o indirecta. Esta se evalúa mediante el marco del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) dividido en 4 fases, de acuerdo a las normas ISO 14001 (Ihobe S.A, 2009).

La primera fase consiste en el análisis del estadio actual para conocer los objetivos internos y determinar el enfoque de la gestión la huella de carbono a aplicar. La segunda fase en determinada huella de carbono, y sus principales fuentes de emisión, para proceder a la tercera fase con el análisis de los riesgos y oportunidades en la gestión del uso de recursos y caracterizar los efectos ambientales. Finalmente, definir el plan de mitigación, comunicar las medidas y estrategias de desarrollo sostenible que permitan evitar o disminuir las emisiones de GEI a la atmósfera, concientizando a los involucrados sobre los puntos críticos o aspectos significativos de mejora (Ihobe S.A, 2009).

La norma ISO 14083:2023 está relacionada a la cuantificación y comunicación de los GEI derivados por operaciones de transporte, especifica los datos de entrada para el cálculo de la huella de carbono. Abarcando todos los medios de transporte (terrestre, aéreo, marítimo), la figura muestra la relación que tiene con la norma ISO 14040 y ISO 14060, tomando como ejemplo el transporte de mercadería. El ejemplo brindado permite tener un panorama más amplio para el análisis de los factores a tomar para el estudio del cálculo de la huella de carbono (ISO, 2023).

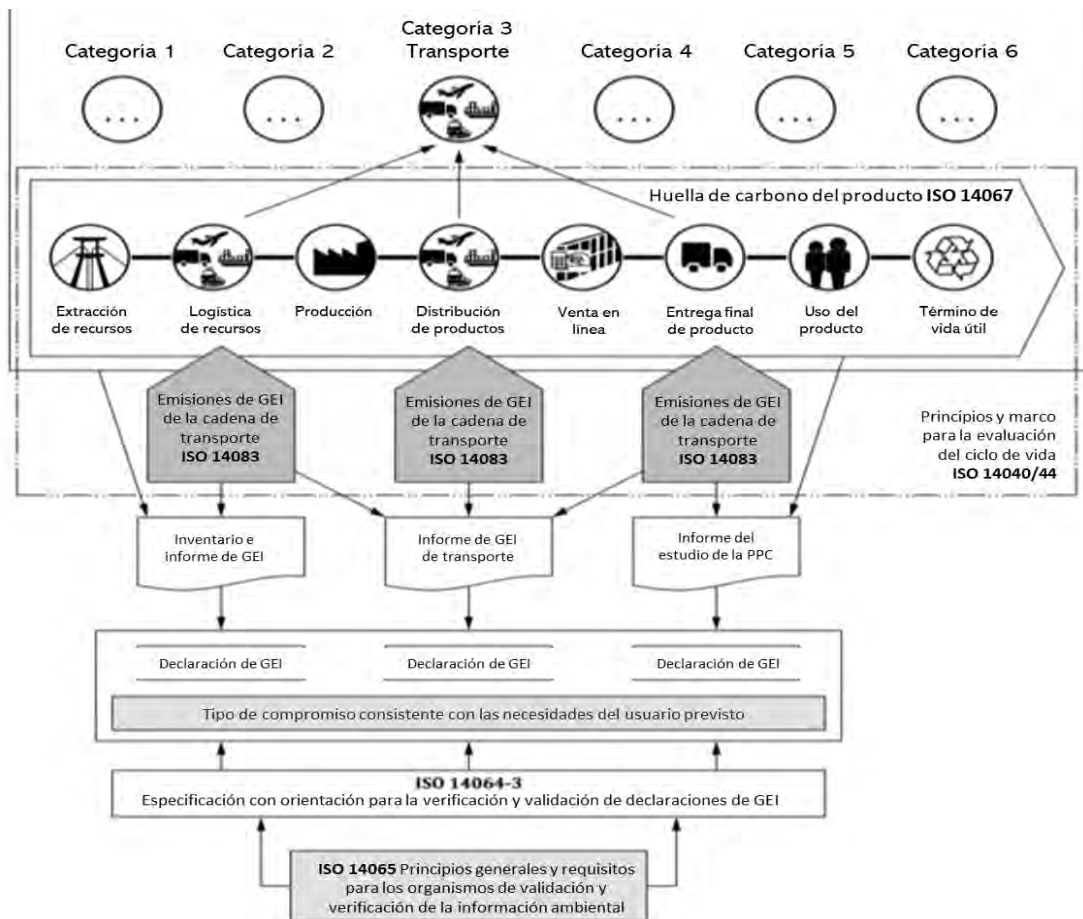


Figura 3. Relación entre la familia de normas ISO 14040 y la familia de normas ISO14060, utilizando el ejemplo de una cadena de transporte de carga.

Tomado de “ISO 14083:2023(en) Greenhouse gases – Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations” por ISO, 2023.

Los factores de consumo de electricidad y la quema del combustible GLP son factores relevantes de impacto en las emisiones de CO₂, porque se ven altamente involucradas en las actividades cotidianas del ser humano (Schneider, Heloísa; Samaniego, 2010).

2.3.2. Cuantificación de la Huella de Carbono

La cuantificación de HdC hace referencia al proceso de medir y calcular la cantidad de emisiones de CO₂, a fin de identificar oportunidades para la reducción de las mismas, es importante elegir un método de cálculo, identificar las fuentes de emisiones, recopilar datos, elegir factores de emisión, y utilizar una herramienta de cálculo para obtener las emisiones de

GEI (en toneladas de CO₂ equivalente). Así mismo, es necesario conocer las principales fuentes de emisión (Espíndola & Valderrama, 2012). Es importante recalcar que es crítico delimitar el alcance del proceso a evaluar para obtener un resultado con mayor aproximación (Valderrama et al., 2011).

En el Seminario CEPAL-Promperú del año 2013 en Lima, Alicia Frohmann explicó sobre las metodologías de cálculo de la Huella de Carbono, las cuales detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 2.

Principales metodologías de medición.

Organización	Nombre	Enfocado en	Año publicación	Especificación agro/alimentos
Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable	GHG Protocol Corporativo	Empresa	2001 (revisión en 2004)	Guía para el sector agrícola (publicada en 2012)
	GHG Protocol Cadena de valor	Empresa	2011	Guía para el sector agrícola (prevista para 2013)
	GHG Protocol Ciclo de vida	Producto	2011	
Instituto Británico de Normalización y Carbon Trust	PAS 2050	Producto	2008 (revisión en 2011)	PAS 2050-1 para productos hortícolas (publicada en 2012) PAS 2050-2 para productos acuícolas (prevista para 2012)
	PAS 2060	Empresa	2010	
Organización Internacional de Normalización	ISO 14064	Empresa	2006	
	ISO 14067	Producto	Prevista para 2013	
Agencia del Medioambiente y Gestión de la Energía de Francia (ADEME)	Bilan Carbone	Empresa	2004	
	BP X30-323	Producto	2009 (revisión en 2011)	Grupo de alimentos y Agri BALLYSE (base de datos para el sector)

Nota. Tomado de “Cálculo y etiquetado de la huella de carbono Contenido” por Frohman, 2013.

La fórmula básica de conversión de datos para medir emisiones de GEI (Frohmann, 2013) es:

$$E = Na * fe$$

E: Emisión

fe: Factor de emisión

Na: Nivel de actividad de la fuente estimada

El factor de emisión es el nivel medio de emisión por unidad de actividad de una fuente determinada, estos suelen ser específicos en cada país y en algunas situaciones no reflejan adecuadamente sus realidades nacionales.

AENOR cuenta con 3 tipos de huellas de carbono para que las compañías puedan realizar los cálculos de CO2 eq. Estas son la Marca AENOR Medio Ambiente de Emisiones de CO2 eq calculadas, toma referencias reconocida internacionalmente; compensadas, referencias reconocidas y la disminución de CO2 eq mediante VERs (Verified Emission Reductions) o CERs (Certified Emission Reductions); y reducidas, referencias reconocidas (MUÑOZ CAMACHO et al., 2018).

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se clasifican en tres alcances por el GHG Protocol (GHGP) (Estévez, 2013). La GHGP es la guía más utilizada para la contabilidad del carbono:

- Emisiones directas: Son aquellas emisiones de gases de efecto invernadero que son originadas por fuentes empresariales, como el uso de combustibles fósiles en instalaciones estacionarias y móviles, escapes involuntarios de sistemas de climatización, entre otros ejemplos.
- Emisiones indirectas por consumo y distribución de energía: Se refieren a las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el uso de energía eléctrica y/o vapores generados por fuentes externas.

- Otras emisiones indirectas: Son aquellas generadas por las actividades de las personas que no está directamente relacionadas a las empresas sino al estilo de vida, hábitos, gestión de desechos individuales y otras actividades similares. Estas emisiones son a menudo más difíciles de cuantificar y gestionar, porque involucra aspectos de la cadena de suministros, uso de productos, transporte de producto final, viaje de negocios, entre otros.

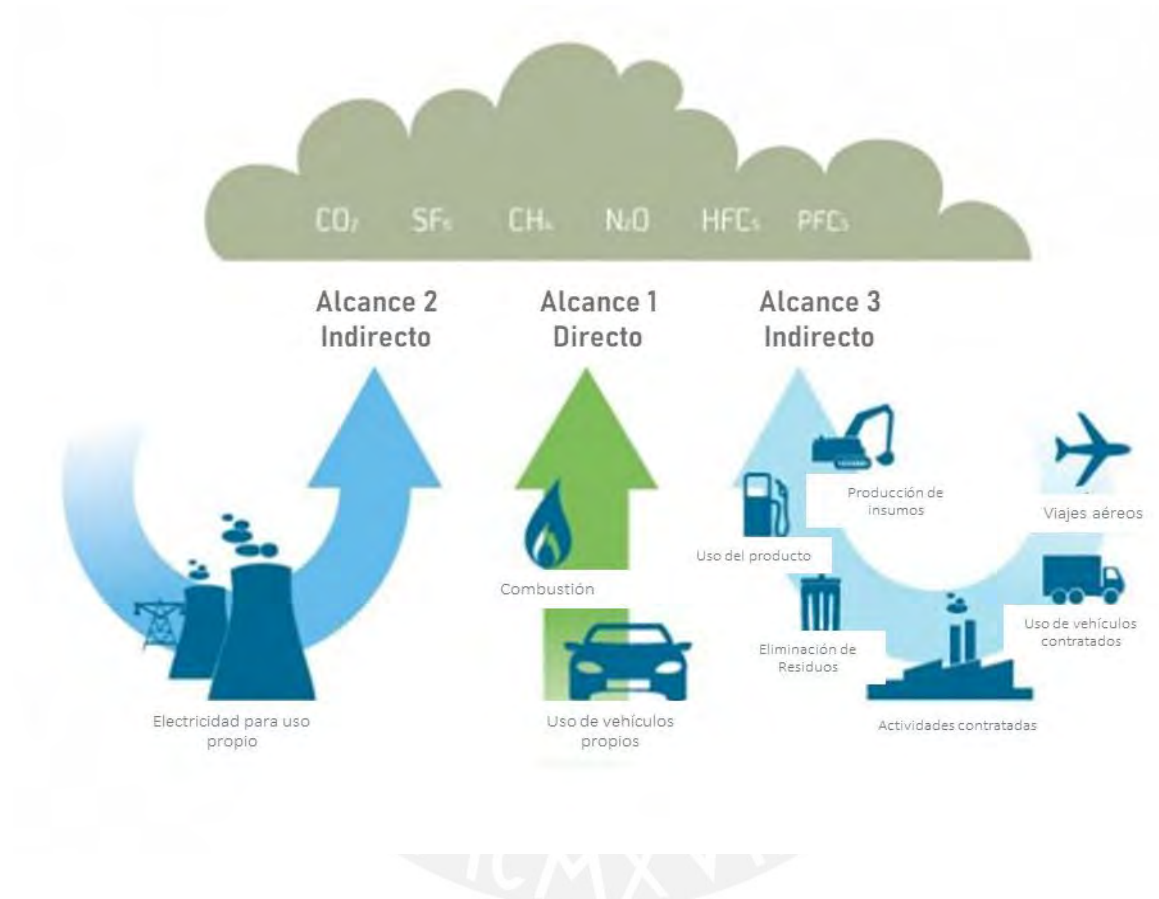


Figura 4. Clasificación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Tomado de “Estévez 2013”.

En la Figura 4, se muestra la clasificación de las emisiones de GEI en un proceso productivo. El Alcance 1 es una emisión directa por el uso de los vehículos directos de la empresa, así como, la combustión realizada por los mismos. El Alcance 2 es una emisión indirecta por la

generación de la energía y el uso directo de la energía eléctrica. Finalmente, el Alcance 3, es una emisión indirecta por el consumo de energía y generación de GEI realizada por terceros.

Respecto a los factores de emisión pueden variar de acuerdo con la realidad de cada contexto, existen diferentes métodos de estimación que van desde los parámetros más generales a los más directos o específicos. Respecto a esta observación se tienen los siguientes comentarios por tipo de ítem:



Tabla 3.*Comentarios de los factores de emisión con respecto a su clasificación.*

Clasificación	Ítem	Comentarios de los factores de emisión
Energía	Combustibles automotores (nafta/ diésel/ LPG)	No se considera que varíen significativamente según el país.
	Cárbon, gas natural	Los factores de emisión son constantes cuando los volúmenes son estimados con base en energía, por ejemplo, en Giga-Joule. Una variación regional significativa en el contenido energético tanto cuando es considerado según una base de masa (toneladas) o volumétrica (m ³).
	Biomasa/ combustible no-estándar (ej. Basura a energía)	Una variación regional significativa en el contenido energético tanto cuando es considerado según una base de masa (toneladas) o volumétrica(m ³). Deben identificarse los factores de emisión específicos del país y del material.
	Electricidad	Altamente variable nacional e incluso, regional, y variable con el tiempo.
Agua	Tratamiento del agua	Varía significativamente dependiendo de su base regional y tecnológica.
	Tratamiento de efluentes	Varía significativamente dependiendo de su base regional y tecnológica.
Residuos	Disposición de residuos orgánicos	La forma, la tecnología utilizada y la ubicación de la disposición pueden tener impactos significativos.
	Disposición de residuos inorgánicos	La forma, la tecnología utilizada y la ubicación de la disposición pueden tener impactos significativos.
Otros	Refrigerantes	Factores disponibles usualmente de los proveedores.
	Solventes	Factores disponibles usualmente de los proveedores.
	SF ₆	Solo el factor de emisión individual.

Nota. Tomado de “Eficiencia energética en la supply chain: economía circular en la práctica” por Dwyer, 2017.

En el IPCC, órgano internacional encargado de evaluar diferentes fuentes sobre el cambio climático, la base de datos de factores de emisión se encuentra documentada e inventariada siendo actualizada de forma continua. En sus informes detalla sobre el cambio climático, el impacto y las posibles opciones a tomar para reducirlo (IPCC, 2022).

En cuanto a las otras emisiones indirectas, se les añade dos conceptos: los cuales son los upstream (aguas arriba) y los downstream (aguas abajo). En primer lugar, upstream hace referencia aquellas emisiones cuyas actividades son de explotación y producción. En segundo lugar, las downstream son actividades de transporte y comercialización; es por lo que, aguas arriba están asociadas a los proveedores y aguas abajo a clientes.

Asimismo, en la cadena de suministro de procesos productivos se pueden caracterizar los niveles de emisiones y de uso de recursos de los clientes y proveedores; ya que, mientras más alto sea el nivel es menor la cantidad de emisiones que se asocian a la organización (Dwyer, 2017). A continuación, se muestra un ejemplo en la Tabla 4, de la caracterización mencionada, con los insumos utilizados en el subproceso:

Tabla 4.

Insumos usados en los procesos productivos

Ejemplo	Nivel	Alcance	Directo/ Indirecto	Upstream/ downstream
Diésel usado en nuestra flota de camiones	N/A	Alcance 1	Directo/ Indirecto	N/A
Diésel usado por contratistas para distribuir materia prima	1	Alcance 3	Indirecto	Upstream
Diésel usado por contratistas para distribuir el producto a nuestros clientes.	1	Alcance 3	Indirecto	Downstream
Electricidad usada por mi organización.	N/A	Alcance 2	Directo	N/A
Electricidad usada por el cliente de mi cliente cuando vende el producto final	2	Alcance 3	Indirecto	Downstream

Nota. Tomado de “Eficiencia energética en la supply chain: economía circular en la práctica” por Dwyer, 2017.

2.3.3. Análisis del ciclo de vida (ACV)

El ACV es una herramienta que permite conocer o detallar los aspectos ambientales vinculados a un producto o servicio desde la adquisición de materias primas hasta la vida útil de los mismos. Su importancia radica en determinar los puntos críticos que genera la mayor cantidad de emisiones y de esta forma plantear acciones para su reducción (Rieznik & Hernández, 2005).

El ACV permite encontrar y eliminar los insumos/actividades, este proceso se denomina desmaterialización. Este proceso consiste en usar la menor cantidad de insumos para la elaboración de un producto/proceso obteniendo una mayor eficiencia energética y ambiental (Aranda Usón & Zabalza Bribián, 2010).

Durante la implementación de estrategias en desmaterialización, se tiene que tomar como prioridad aquellos factores que minimicen el impacto ambiental, esto mediante el ACV, no siempre lo más antiguo es lo más contaminante. La visualización de forma general de las etapas del ciclo de vida de un producto/servicio, permite realizar reajustes en la desmaterialización que serán aplicadas en los insumos o actividades de la cadena de suministro. En la Figura 5 se muestran estrategias y acciones de mejora dentro de las etapas del ciclo de vida de un producto.



Figura 5. Estrategias y acciones de mejora ambiental para el ecodiseño de un producto.

Tomado de “*Ecodiseño y Análisis de Ciclo de Vida*”

2.3.4. Huella de Carbono en Perú

El Perú adopta la Convención Mundial de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en el año 1993, mediante la Resolución Legislativa 26185 (Marco et al., 2016). Posteriormente, en el 2001, se realizó la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, y en el 2002 se ratifica el Protocolo de Kioto en el Decreto Supremo 080-2002-RE y la Resolución Legislativa 27824, ya con una base medioambiental internacional se implementan progresivamente las siguientes leyes:

- Ley de áreas Naturales Protegidas (1997).
- Ley de Eficiencia Energética (2000/2006).
- Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (2004).
- Ley General del Ambiente (2005).
- Ley de Recursos Hídricos (2009).
- Ley Forestal y de Fauna Silvestre (2011).
- Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (2014).
- Ley de Creación del Infocarbono (2014).

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) ha desarrollado los cálculos de emisión desde el año 2000, en las categorías de Energía y Procesos Industriales considerando las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC) (Comunicación et al., 2016).

En el año 2016, Perú se compromete a reducir sus emisiones GEI expresado en sus Contribuciones Nacionales Determinadas, debido a su suscripción al Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (MINAM, 2019).

Uno de los puntos importantes del Acuerdo de París es la transparencia de las medidas y el apoyo; ya que, busca promover la exactitud, exhaustividad, coherencia y comparabilidad. En el contexto de desarrollo sostenible también se busca la participación de las entidades públicas y privadas. Por eso, el Perú está trabajando en la creación de una economía con bajos niveles de carbono, pero el éxito depende de la colaboración tanto del sector público como el privado (Pulgar-vidal, 2016).

El Ministerio del Ambiente creó una herramienta llamada La Huella de Carbono Perú para registrar, distinguir y promover las acciones de las organizaciones que contribuyen a las NDC. A fin de mejorar los resultados medioambientales dando seguimiento a la gestión de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y cumplir con los artículos del Acuerdo de París (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

La importancia de la herramienta “Huella de Carbono Perú” radica en que permite tener información de los sectores (públicos y privados), indicadores de intensidad de carbono y la elaboración del Inventario Nacional de GEI. Además de otorgar beneficios para las empresas; puesto que, puede reducir el gasto energético, mejora la imagen de responsabilidad ambiental, aumenta el valor de las empresas y optimiza la gestión ambiental (Infocarbono, 2016).

En la plataforma digital de la HC-Perú se pueden encontrar el cálculo y reporte, de conformidad con la Norma Técnica Peruana NTP ISO 14064-1:20201 o su equivalente actualizado. Por otro lado, para la verificación y la contabilización de los de Gases de Efecto Invernadero, tenemos la ISO 14064, el cual proporciona a la industria y al gobierno un conjunto de herramientas para desarrollar programas destinados a reducir las emisiones de GEI.

Estos reportes visualizan los requisitos que necesitan conocer las organizaciones y/o entidades para diseñar y desarrollar los inventarios de las emisiones de GEI. Así mismo, en estos formatos

también se muestra los requisitos para la cuantificación, seguimiento y presentación de las mejoras que se realizan para reducir y, hasta, eliminar las emisiones en proyectos de GEI.

A continuación se presenta los 4 niveles del sistema de gestión de la emisión de GEI que presenta la guía del funcionamiento de la herramienta “Huella de Carbono Perú” (Ministerio del Ambiente, 2021).

- Primer Nivel – Medición: En este nivel se estima y se reporta las emisiones de GEI mediante el uso de la HC-Perú.
- Segundo Nivel – Verificación: En este nivel se verifica la medición de emisiones de GEI, a través de un OEC debidamente acreditado bajo la norma NTP ISO 14065:2016, o su equivalente.
- Tercer Nivel – Reducción: En el tercer nivel, se reduce las emisiones de GEI a través de indicadores de desempeño de GEI.
- Cuarto Nivel – Reducción: Por último, se implementa, al menos, una de las siguientes acciones: i) Reducción de GEI sostenida en el tiempo, ii) Fortalecimiento de la gestión de GEI en la cadena de proveedores, y iii) Neutralización de las emisiones de GEI.

La importancia de conocer el sistema de gestión de las emisiones de GEI hace que las organizaciones tomen consciencia de los requisitos necesarios para la mitigación de los mismo. Adicional a ello al cumplir con los requisitos medioambientales necesarios las organizaciones se posicionan como una marca de responsabilidad social, siendo bien vista por sus clientes y pueden adquirir mayores inversiones en sus negocios.

La pandemia, originada por el virus SARS-CoV-2, ocasionó que muchas actividades se realicen de forma diferente. Según los resultados de huella de carbono del MINAM, generada por emisiones directas e indirectas por energía, se obtuvo que durante el año 2019 se emitieron 7,547,827 t CO₂ con un 84% de emisiones directas. Mientras que para el 2020, se emitieron

4,101,932 t CO₂ con un 80% de emisiones directas respecto al total anual; y, para el 2021, 6,514,076 t CO₂ con un 85%. Como se puede visualizar en la Figura 6, entre el año 2019 y el 2021, se ha obtenido una reducción de aproximadamente un 13.7 % entre emisiones directas e indirectas por energía (Huella de Carbono Perú, 2022).

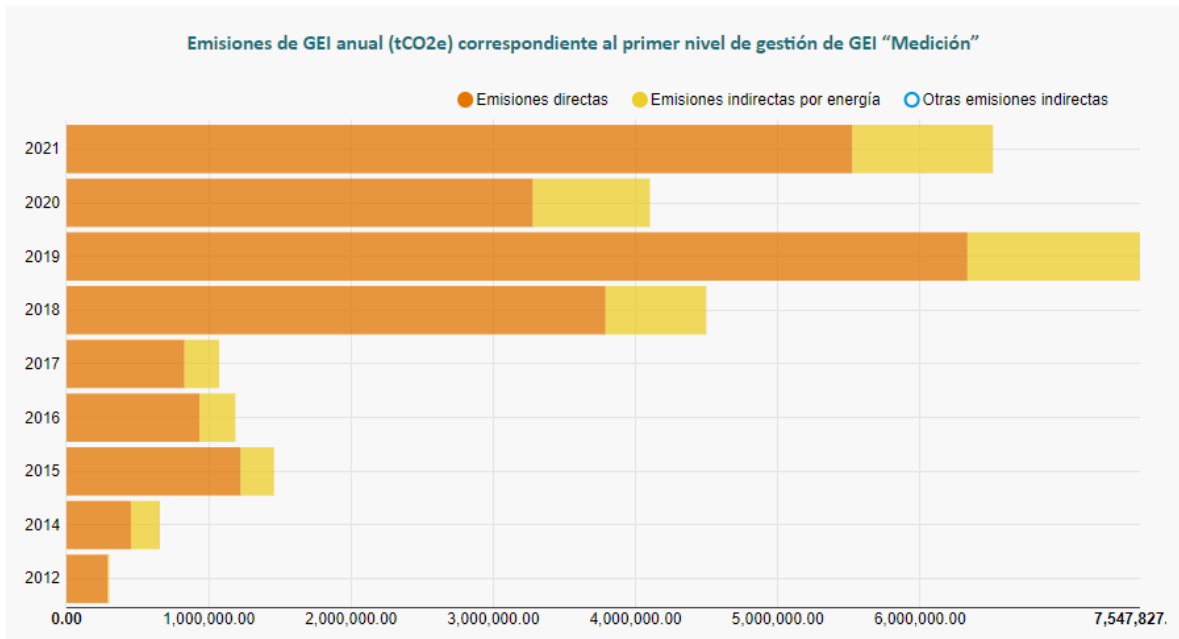


Figura 6. Emisiones directas e indirectas por energía en el 2022.

Tomado de "Huella de Carbono Perú".

Desde el año 2015, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) en colaboración con la Coordinación de Gestión Ambiental ha estado llevando a cabo una iniciativa para promover la plantación de árboles en su campus. Hasta el momento, los miembros de la comunidad universitaria han logrado plantar exitosamente 600 árboles (CLIMA DE CAMBIOS PUCP, 2023b).

Por otro lado, en el 2016, la PUCP se unió a la campaña nacional "Somos Pacífico Tropical", impulsada por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Esta iniciativa promueve activaciones, charlas, entrevistas y contenidos digitales en redes sociales (CLIMA DE CAMBIOS PUCP, 2016).

Asimismo, la PUCP participa en la campaña nacional “Hazla por tu playa”, promovida por Conversamos por Naturaleza y L.O.O.P. Esta iniciativa promueve la limpieza de diversas playas en el litoral limeño, como parte de su compromiso con la conservación y preservación del medio ambiente costero (CLIMA DE CAMBIOS PUCP, 2015).

Como se puede evidenciar, la PUCP ha llevado a cabo varios proyectos relacionados con la reducción de la huella de carbono y la sostenibilidad ambiental. A continuación, se presenta una breve lista de otros aportes:

- Programa de Edificación Energética: La universidad ha implementado iniciativas para mejorar la eficiencia energéticas en sus edificios y sistemas; lo que, contribuye a reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono asociadas (LABEN, 2023).
- Uso de Energías Renovables: La PUCP ha explorado el uso de fuentes de energía renovable para abastecer parte de su demanda energética, como la instalación de paneles solares o el uso de energía eólica (Portocarrero, 2021).
- Promoción del Transporte Sostenible: La universidad ha fomentado el uso de medios de transporte sostenibles, como bicicletas, transporte público y sistemas carpooling de para reducir las emisiones de GEI asociadas con el transporte (Dirección Académica de Responsabilidad Social, 2016).
- Educación Ambiental y Sensibilización: La PUCP ha desarrollado programas de educación ambiental y campañas de sensibilización para involucrar a la comunidad universitaria y promover prácticas más sostenibles (Dirección Académica de Responsabilidad Social, 2017).
- Participación en Iniciativas Nacionales e Internacionales: La universidad ha colaborado con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales en proyectos y programas relacionados con la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono a nivel nacional e internacional (CLIMA DE CAMBIOS PUCP, 2023).

2.4. Impacto de la educación en la Huella de Carbono

2.4.1. Diferencia de modalidad de educación presencial y a distancia

El método de investigación prospectiva busca explorar sucesos para definir tendencias futuras. En ese sentido, la adaptabilidad de actividades a contextos futuros es explicada por este método que, a lude, a la explicación ambiental.

La explicación ambiental permite identificar macrosistemas y determinar estrategias de diseño o planificación, mediante la consulta de fuentes primarias para evaluar la situación actual. Este enfoque se muestra en el artículo “La educación a distancia: sus características y necesidad en la educación actual”, donde menciona la diferencia que tienen una educación presencial y una educación a distancia (se incluye la educación virtual o e-learning).

Según la ONU, el 94% de la población estudiantil mundial fue afectado por el cierre de los espacios educativos y de aprendizaje; lo cual llevó a las instituciones educativas, buscar soluciones innovadoras. Durante el tiempo de confinamiento, la cobertura de la educación digital en los países desarrollados se encontraba entre un 80-85%; mientras que, en los países bajos, una menor del 50%. En Latinoamérica, se identificó que el gran porcentaje de su población estudiantil no contaba con los recursos necesarios, como equipos de cómputo; lo cual repercutió en deserción estudiantil, el cual mejoró posterior a la pandemia la educación pasó a ser de modo híbrida (United Nations, 2020).

Cada tipo de modalidad de estudio tiene una forma diferente del uso de recursos. En la Tabla 5, se puede visualizar de forma detallada la diferencia en las dimensiones en la enseñanza, como el tiempo, el lugar, espacio, interacción, tecnología y control de alumnos en cada modalidad. Los recursos utilizados de forma presencial están asociados al traslado de los alumnos y docentes, energía eléctrica de las instalaciones y útiles necesarios para sus clases.

Mientras que los recursos utilizados de forma virtual son aparatos eléctricos, energía eléctrica y útiles si se requieran (Martínez C., 2008).

Tabla 5. Cuadro comparativo de aprendizaje tradicional y aprendizaje virtual

Cuadro 2. Compartivo de los ambientes de aprendizaje (Presencial vs Virtual)		
Dimensiones	Aprendizaje Presencial	Aprendizaje virtual
Tiempo	Los alumnos y docentes tienen horarios definidos, una o dos veces por semana.	Los alumnos se pueden conectar en cualquier horario del día, mayor flexibilidad.
Lugar	Los alumnos y docentes utilizan las aulas de clase, además que los alumnos completan su tarea en casa.	Los alumnos y docentes conectados en cualquier espacio que tenga red. Los alumnos completan su tarea durante la clase o en lugar que se encuentre.
Espacio	Los alumnos solo pueden revisar sus apuntes para recordar lo aprendido y guardan sus dudas para clase.	Los alumnos pueden revisar las clases grabadas y realizar consultas en cualquier momento del día.
Interacción	Los alumnos tienen una comunicación directa con sus compañeros y docentes. Las respuestas a consultas son inmediatas.	La comunicación se da mediante correos electrónicos o la plataforma de aprendizaje que se use. Las respuestas no son instantáneas.
Tecnología	Se utilizan herramientas como proyectores, presentaciones o pizarras.	Los programas se adaptan a la necesidad, existen pizarras interactivas, trabajos en tiempo real.
Control del alumno	Los alumnos no controlan el orden de los apuntes o materiales, durante clase no puede investigar otro tema en paralelo.	Los docentes controlan el orden para acceder a la información, son libres de revisar cualquier información en paralelo.

Nota. Tomado de “La educación a distancia: sus características y necesidad en la educación actual” por Martínez, 2008.

2.4.2. Impacto de la educación en la Huella de Carbono

En el marco del desarrollo sostenible, la Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA), a través de su aprobación D.S. 017-2012-ED, crea objetivos, directrices políticas y productos esperados para el crecimiento y consolidación de una ciudadanía más responsable con su entorno y el medio que o rodea (Ministerio de Educación, 2017).

Tabla 6.

Cuadro comparativo de acciones de reducción de HdC

Acciones de Reducción de HdC	Presencial	Virtual
Energético		
Mantener todas las fuentes de consumo eléctrico apagadas cuando no se encuentran en uso (laboratorios, aulas, espacios físicos de aprendizaje).	X	
Uso de lámparas LED o ahorradores de energía.	X	X
Disminuir el uso de aire acondicionado	X	
Desconectar los equipos cuando tienen batería o no los utilice.	X	X
Hacer uso de fuentes naturales de iluminación y ventilación.	X	X
Transporte		
Sustituir el transporte privado por medios de movilidad más ecológico (caminar, correr, manejar bicicleta).	X	
Solicitar o verificar que el medio de transporte cuente con revisión técnica vehicular.	X	
Usar o difundir el uso de vehículos que se encuentren en buen estado operativo (tener en cuenta el año de fabricación).	X	
Residuos Sólidos		
Minimizar la cantidad de residuos.	X	X
Contar con un sistema de gestión de residuos en el espacio físico de aprendizaje.	X	
Organizar los residuos orgánicos y no orgánicos, para su posterior reciclaje.	X	X

Nota adaptada de "Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA)", 2017.

De acuerdo con la descripción de la tabla, existe una menor cantidad de acciones a realizar de forma virtual para mitigar la emisión de GEI. Pues el aprovechamiento compartido de espacios, mayor libertad en el uso y disposición de espacios, bajo grado de traslado para estudiar, y la gestión de residuos sólidos se debe aplicar en todo lugar.

Por otro lado, la evaluación del MINAM, para las actividades de Enseñanza, se muestra en la Figura 7 una diferenciación de resultados entre el 2019 y 2021. Los resultados indican que para el año 2019 se emitieron 4,508 t CO₂ con un 6.8% de emisiones indirectas por energía respecto del total; mientras que para el 2020, se emitieron 3,368 t CO₂ con un 30.2%; y, para el 2021, se emitieron 4893 t CO₂ con un 17.5%.

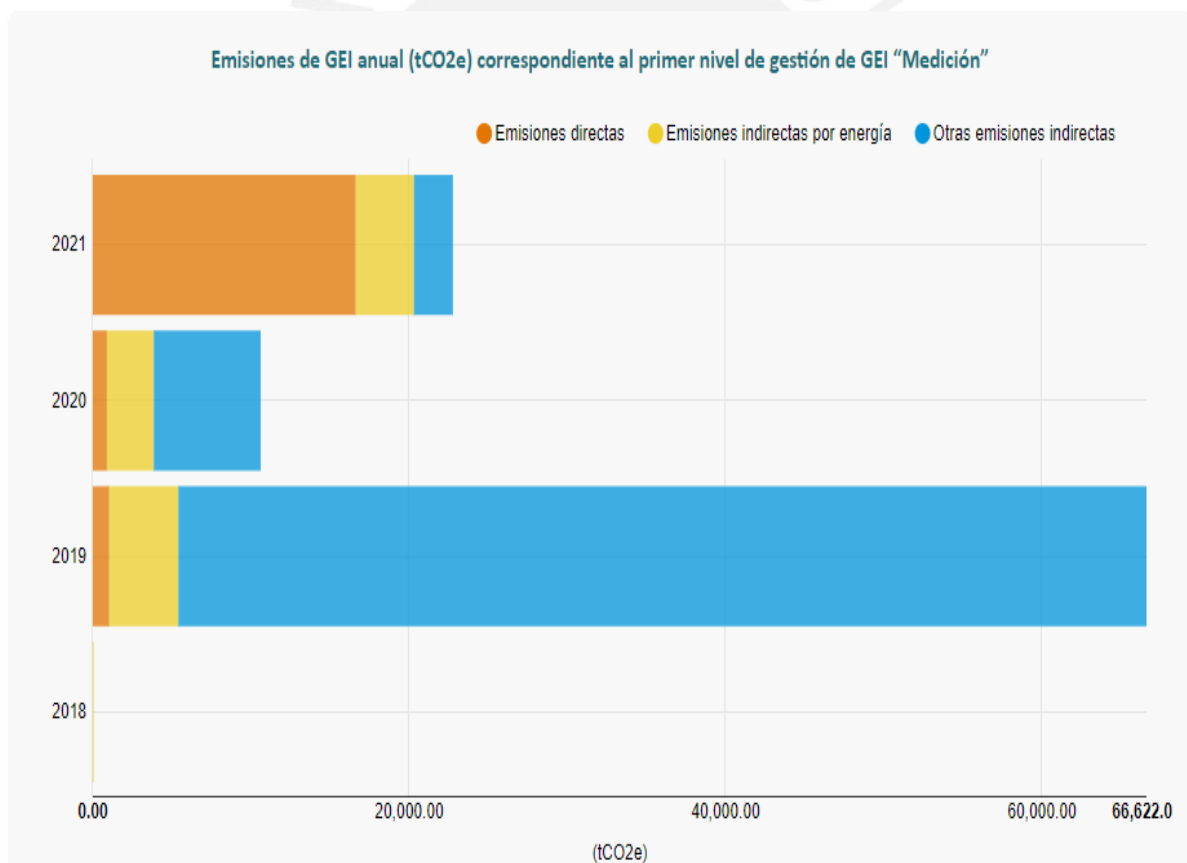


Figura 7. Evolución de las emisiones directas e indirectas por energía del 2019-2021. Tomado de "Huella de Carbono Perú"

La reducción de t CO₂, entre los años 2019 y 2021, para las actividades de Enseñanza, es de aproximadamente un 58.1%. Es necesario resaltar que la enseñanza en el 2019, se realizaba de forma presencial en su totalidad; mientras que, durante y posterior a la pandemia, la enseñanza pasó a ser de forma virtual o semipresencial. Adicional a ello, podemos observar que existe una reducción en otras emisiones indirectas en un 88.7%; en tanto que, hay un crecimiento de las emisiones directas en aproximadamente 14.5 veces. Cabe resaltar que la información detallada en la herramienta “Huella de Carbono”, se va actualizando respecto a la cantidad de participantes o inscritos dentro de ella (Huella de Carbono Perú, 2022).

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Aspectos Metodológicos

3.1.1. Tipo de estudio

El presente trabajo de investigación es de carácter exploratorio y descriptivo. Se plantea estimar el cálculo de la huella de carbono producido en la especialidad de Ingeniería Civil de la PUCP, ya que, al levantar dicha información, se puede detectar los puntos críticos en la emisión de GEI y las características del universo de investigación. Para ello, se emplearán técnicas específicas en la recolección de la información como la observación y la aplicación de encuestas. El objetivo es analizar e identificar las causales de los resultados obtenidos contrastando la hipótesis planteada.

3.1.2. Fuentes y técnicas para recolección

- Fuentes primarias

Para el desarrollo de la investigación se utilizó una encuesta elaborada en Google Forms. Consiste en 13 preguntas en total, que son divididas en “antes de la pandemia” y “durante la pandemia”. En primer lugar, las preguntas de “antes de la pandemia” son un total de 5; en el que, se les pide el tiempo de conexión a internet y el modo de transporte para llegar a la PUCP.

En segundo lugar, se formuló 8 preguntas “durante la pandemia”, para conocer los cambios que tuvieron que hacer para poder llevar los cursos de manera virtual. Con el fin de, poder identificar distintos factores que impactan a la Huella de Carbono dentro de la especialidad de Ingeniería los Civil de la PUCP.

- **Fuentes secundarias**

Se ha utilizados fuentes bibliográficas para tomar como base para el análisis. Así mismo, para conocer los diferentes contextos, así como, las potenciales soluciones para la mitigación de los GEI y reducción de la huella de carbono, se revisará documentos relevantes de otras investigaciones universitarias.

3.1.3. Muestreo

La recolección de la información para la investigación estará enfocada en los alumnos de Ingeniería Civil de los semestres del 2020-1 al 2021-1, para ello se extraerá los datos del Sistema de Apoyo a la Gestión PUCP, el número total de alumnos de la especialidad Ingeniería Civil por FACI se muestra en la Figura 8 y en la EEGGCC se muestra en la Figura 9.

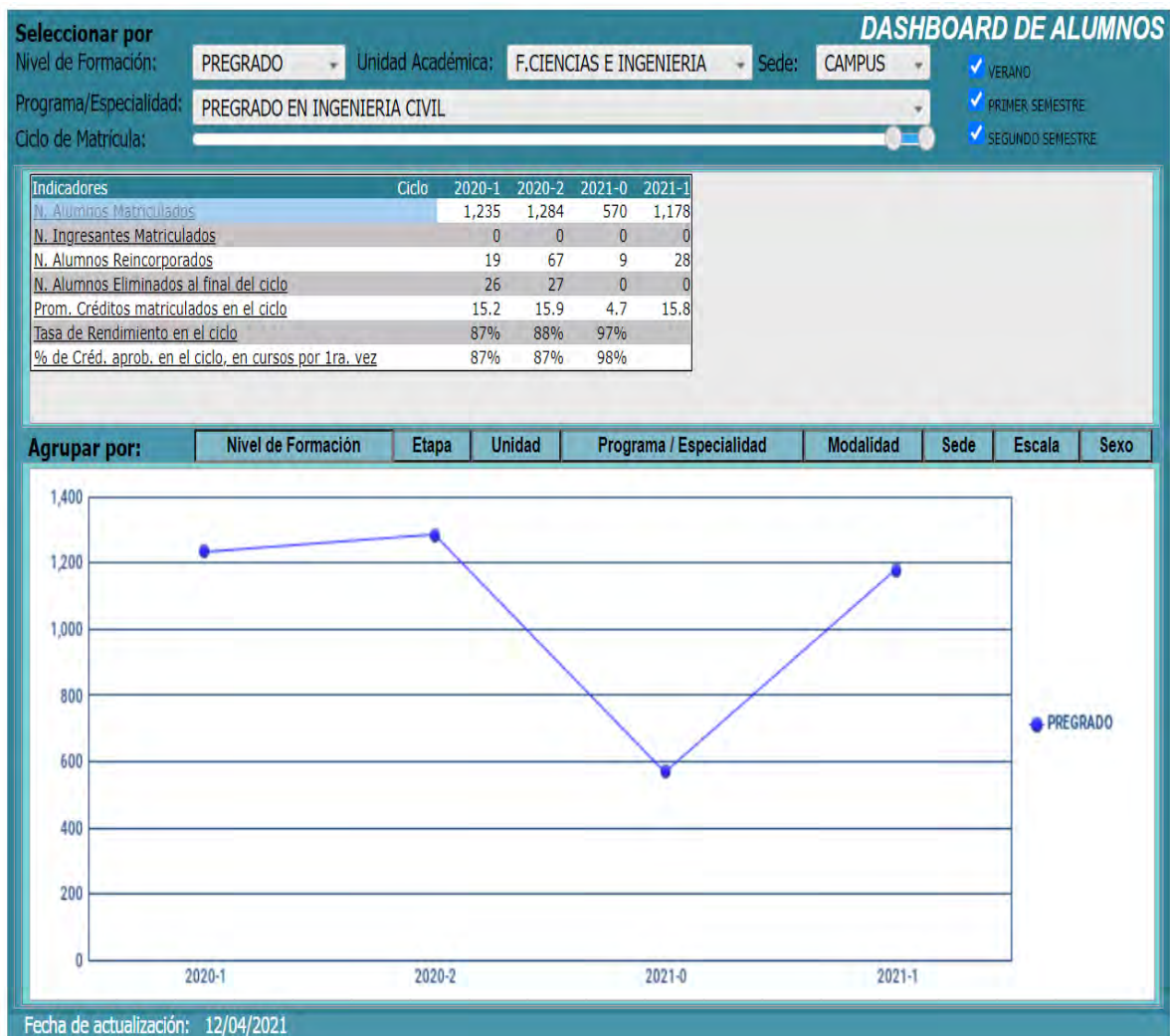


Figura 8. Dashboard de alumnos FACI de los semestres del 2020-1 al 2021-1.

Tomado de "SAG-PUCP Sistema de Apoyo a la Gestión PUCP".

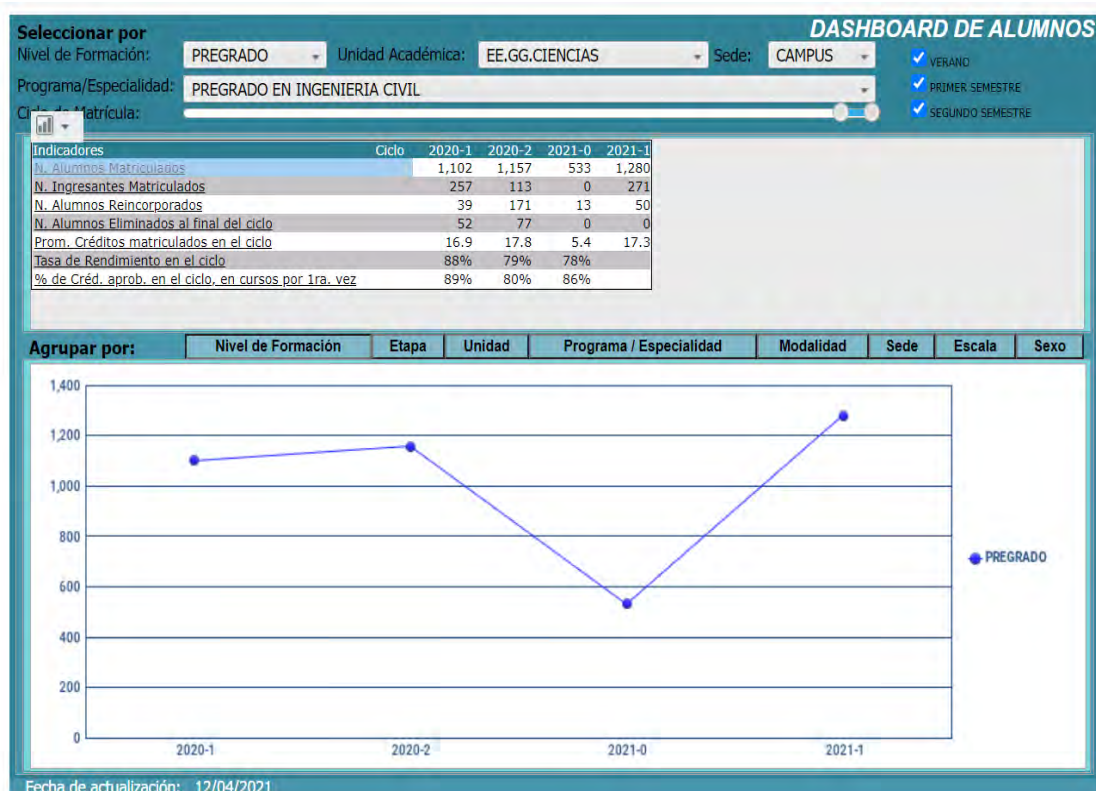


Figura 9. Dashboard de alumnos EEGCC de los semestres del 2020-1 al 2021-1.

Tomado de “SAG-PUCP Sistema de Apoyo a la Gestión PUCP”.

De acuerdo con los datos extraídos del SAG-PUCP Sistema de Apoyo a la Gestión PUCP, se realizó la Tabla 7 para el cálculo del total de alumnos determinando así la población total de estudio.

Tabla 7.

Cantidad de alumnos EEGCC y FACI de la especialidad de ingeniería civil de los semestres del 2020-1 al 2021-1.

Semestre	Pregrado EEGCC	Pregrado FACI	Total
2020-1	1102	1235	2337
2020-2	1157	1284	2441
2021-0	533	570	1103
2021-1	1280	1178	2458

Nota. Tomado de “SAG-PUCP Sistema de Apoyo a la Gestión PUCP”.

Una vez definido la población, se pasará a determinar el número de encuestas que se deben de realizar para obtener un resultado significativo mediante un muestreo simple finito. A continuación, se muestra la fórmula necesaria para un muestreo confiable (Gutiérrez Ramos, 2015).

$N = 2085$ (Promedio de totales por semestre)

$Z = 1.96$ (95% seguridad)

$p = 0.05$

$q = 0.95$

$d = 3\%$ (Margen de error)

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N - 1) * d^2 + p * q * Z^2}$$

$$n = \frac{2085 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{(2084) * 0.03^2 + 0.05 * 0.95 * 1.96^2} = 185$$

Según el resultado obtenido, se concluye que es necesario aplicar, al menos, 185 encuestas a la muestra seleccionada, para que los resultados tengan un margen de error del 3% y ser confiable.

3.1.4. Lanzamiento de la encuesta a los alumnos de ingeniería civil de la PUCP

Para la toma de datos de los gases de efecto invernadero, se realizará una encuesta. La aplicación se desarrollará a través de correos masivos enviados con ayuda del coordinador de la especialidad y las redes sociales. Con el fin de poder abarcar a una gran muestra representativa de alumnos de ingeniería civil. Oficialmente la encuesta fue lanzada el lunes 31 de mayo del 2021 hasta el 9 de julio del 2021. Asimismo, se busca comparar las actividades antes de la pandemia con la nueva modalidad virtual. A continuación, se detalla las preguntas con respecto a las actividades realizadas antes de la pandemia en la tabla 8:

Tabla 8.

Preguntas realizadas a los estudiantes de la especialidad de ingeniería civil antes de pandemia.

Antes de pandemia

¿Cuántos días de la semana te dirigías a la PUCP antes de la pandemia?

¿Qué medio de transporte usabas para llegar a la PUCP antes de la pandemia?

Si marcaste transporte público o vehículo propio. ¿Cuánto tiempo aproximado te tomaba llegar y regresar de la PUCP antes de la pandemia?

¿Cuántas horas al día hacías uso de los espacios y servicios que te ofrecía la universidad para estudiar antes de la pandemia? (Biblioteca, cafetería, lugares para socializar).

¿De esas horas que hacías uso de los servicios de la universidad, cuántas horas estabas conectado al internet antes de la pandemia?

Por otro lado, las preguntas durante la pandemia; en la cual, se tomó de los semestres ya mencionados son las siguientes:

Tabla 9.

Preguntas realizadas a los estudiantes de la especialidad de ingeniería civil durante la pandemia.

Durante la pandemia

Desde que empezó la pandemia ¿Cuántos días a la semana te conectas al internet y realizas tus actividades estudiantiles?

Desde que empezó la pandemia ¿Cuántas horas al día en los días que estudias haces uso del internet y equipos electrónicos?

Desde que empezó la pandemia, marca los dispositivos electrónicos que usas para conectarte y realizar tus actividades.

Desde que empezó la pandemia ¿Qué equipos y servicios adicionales nuevos tuviste que adquirir para poder llevar el ciclo virtual?

Desde que empezó la pandemia ¿Consideras que para realizar tus actividades estás más tiempo haciendo uso de dispositivos electrónicos a comparación de un ciclo presencial?

Desde que empezó la pandemia ¿Sientes que de alguna manera estamos mitigando más gases de efecto invernadero por la nueva normalidad virtual en comparación con la normalidad presencial?

Desde que empezó la pandemia ¿Dejas cargando tus dispositivos electrónicos toda la noche para poder usarlos en tus actividades estudiantiles sin problemas de batería?

Desde que empezó la pandemia ¿Usas más de un dispositivo electrónico a la vez para realizar tus actividades?

3.1.5. Metodología de cálculo

El cálculo de la huella de carbono para medir emisiones de GEI (Frohmann, 2013), utiliza la siguiente fórmula:

$$E = Na * fe$$

E: Emisión

fe: Factor de emisión

Na: Nivel de actividad de la fuente estimada

La aplicación de las fórmulas será para las actividades que eran realizadas “antes de pandemia” y “durante la pandemia”. Para obtener el cálculo de la huella de carbono, se necesitará del tiempo de ejecución de la actividad, la energía consumida o distancia realizada durante la actividad y el factor de emisión de gases de efecto invernadero por tipo de actividad.

En primer lugar, de un intervalo de tiempo se multiplicará la cantidad de alumnos que realizan alguna actividad en ese tiempo por la cantidad de días correspondiente, sumando cada producto mediante la siguiente fórmula.

$$n = \sum_{i=1}^7 ci * di \dots (1)$$

n: Multiplicación de alumnos por días asistidos a la universidad

ci: Cantidad de alumnos que realizan la actividad en un intervalo de tiempo en cierta cantidad de días a la semana.

di: Días a la semana que los alumnos realizan la actividad correspondiente en un intervalo de tiempo.

Se registra el tiempo promedio, mediante intervalos de ejecución de actividades y de uso de dispositivos del espacio muestral, para estimar el tiempo promedio de intervalo se calcula mediante la fórmula 2.

$$TPI = \frac{LI+LS}{120} \dots (2)$$

TPI: Tiempo promedio de intervalo para todas las actividades consideradas como transporte, reuniones y estudiar (en horas)

LI: Límite inferior (en minutos)

LS: Límite superior (en minutos)

Por ejemplo, si tenemos el intervalo de 15 a 45 minutos, el tiempo promedio de intervalo será equivalente a 0.5 horas.

El tiempo total de ejecución de actividad o de uso de dispositivo, se calculará por el producto del tiempo promedio de intervalo y la cantidad de alumnos que ejecutan la actividad por intervalo, como se muestra en la fórmula 3.

$$TTUI = TPI * n \dots (3)$$

TTUI: Tiempo total de actividad por intervalo (en horas)

TPI: Tiempo promedio de intervalo (en horas)

n: Multiplicación de alumnos por días asistidos a la universidad

Por ejemplo, si tenemos que 72 alumnos están conectados a internet en un intervalo de 15 a 45 minutos, el tiempo total de actividad por intervalo será de 36 horas.

En segundo lugar, de acuerdo a las actividades realizadas se calculará la distancia o la energía requerida en el tiempo total ejecutado por intervalo, en el caso del cálculo de la distancia de transporte. Se asumirá una velocidad promedio de un vehículo de 14 km/h. (Correo, 2012) (Andina, 2012) y se utilizará la fórmula 4.

$$Distancia = TTUI * Vp \dots (4)$$

TTUI: Tiempo total de actividad por intervalo (en horas)

Vp: Velocidad promedio (en kilómetros por hora)

Por ejemplo, si tenemos que 6 alumnos que se transportan a la universidad en un intervalo de 30 minutos a 1 hora, la distancia recorrida total será de 63 Km.

Para el caso del cálculo de la energía se asume que los ambientes brindados por la universidad, como bibliotecas o salones dedicados a estudiar. Están haciendo uso del aire acondicionado en todo momento dedicado al estudio u otra actividad académica en un intervalo de tiempo que marcaron en la encuesta y tiene un consumo estimado de 3500 Watts por hora aproximado durante el uso de ambientes de la universidad dedicados al estudio (Iturbe, 2018). Asimismo, se dividirá por la cantidad de encuestados que son 196 alumnos obteniendo una energía de consumo de aire acondicionado por alumno de 17.86 Watts por hora, con este valor se estimará la energía consumida en los ambientes de la universidad, mediante la fórmula 5.

$$ECAU = TTUI * CEA... (5)$$

ECAU: Energía consumida en los ambientes de la universidad (en kWh)

TTUI: Tiempo total de actividad por intervalo (en horas)

CEA: Consumo de energía de aire acondicionado por alumno (en Watts)

Por ejemplo, si tenemos que 33 alumnos que usan los ambientes de la universidad en un intervalo de 15 minutos a 45 hora, la energía consumida total será de 16.5 kWh.

Para el cálculo de energía en el uso del teléfono móvil y el de la computadora portátil, se asumirá 5 Watts (Coronado, 2019) y 300 Watts (MAPFRE, 2021) por hora respectivamente. Con estos valores se estimará la energía consumida en el uso de internet y aparatos electrónicos, mediante la fórmula 6.

$$ECEA = \frac{TTUI*(CET+CEC)}{1000}... (6)$$

ECEA: Energía consumida por aparatos electrónicos de los alumnos (en kWh)

TTUI: Tiempo total de actividad por intervalo (en horas)

CET: Consumo de energía en el uso de un teléfono móvil (en Watts)

CEC: Consumo de energía en el uso de una computadora portátil (en Watts)

Por ejemplo, si tenemos que 160 alumnos que usan internet y sus aparatos electrónicos en un intervalo de 3 horas a 6 horas, la energía consumida total será de 219.6 kWh.

En tercer lugar, según la actividad se extraerán las emisiones de CO₂ eq usando procesos unitarios de la base de datos ecoinvent versión 3.6 del programa SimaPro 9.1. Una vez ingresado al programa se abre un nuevo proyecto y en biblioteca seleccionamos “Ecoinvent” como nuestra base de datos. Después, en “Procesos” buscamos la actividad que necesitamos para obtener factor de emisión.

En la base de datos de ecoinvent, obtenemos la cantidad g CO₂ eq por cada tipo de transporte realizado en el estudio, donde denominamos transporte público a las líneas de transporte de buses o combis que recorren diferentes tramos por Lima Metropolitana; mientras que Colectivo, a aquellos autos que se desplazan por avenidas principales donde la capacidad máxima de transporte es de 4 personas, como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10.

Factor de emisión g CO₂ eq por kilómetro recorrido según el medio de transporte.

Tipo de transporte	Proceso unitario	gCO₂eq
Transporte Público	Transport, regular bus, market [GLO]	109.1
Colectivo	Transport, passenger car, large size, natural gas, EURO 3, market [GLO]	91.72
Transporte Privado	Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 3, market [GLO]	331.7

La metodología IPCC 2013 a 100 años y la base de datos ecoinvent v3.6, fueron utilizadas para calcular la huella de carbono del mix eléctrico peruano. Este cálculo fue realizado para los años 2019 y 2020 de forma independiente, del cual se obtuvieron 180.7 y 164.0 gramos de CO₂ eq por kWh producido en cada año, para efectos del estudio estos valores se tomarán como el

factor de emisión de energía consumida antes de pandemia y durante la pandemia, respectivamente.

Finalmente, con la distancia recorrida o la energía consumida se multiplica con el factor de emisión para tener el cálculo de la emisión generada por la actividad estudiantil de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil de la PUCP, de acuerdo al tipo de actividad tenemos las fórmulas 7, 8 y 9.

Para actividades de transporte:

$$E = \frac{Distancia * fe_t}{1000} \dots (7)$$

Para actividades con energía eléctrica antes de pandemia:

$$E = \frac{ECA * fe_{ap}}{1000} \dots (8)$$

Para actividades con energía eléctrica durante la pandemia:

$$E = \frac{ECI * fe_{dp}}{1000} \dots (9)$$

E: Emisión de CO₂ (kg CO₂ eq)

fe_t: Factor de emisión por tipo de transporte (gCO₂ eq / km)

fe_{ap}: Factor de emisión por consumo de energía antes de pandemia (gCO₂ eq / kWh)

fe_{dp}: Factor de emisión por consumo de energía durante la pandemia (gCO₂ eq / kWh)

Por ejemplo, si tenemos que 160 alumnos que usan internet y sus aparatos electrónicos durante la pandemia en un intervalo de 3 horas a 6 horas, la energía consumida total hallada anteriormente es de 219.6 kWh y el factor de emisión por consumo de energía durante la pandemia es de 164 gCO₂ eq / kWh, obtenemos una emisión de 36.01kg CO₂ eq.

Adicional a la emisión de CO₂ por transporte y por energía eléctrica, también tomaremos en cuenta la depreciación de los equipos el cual tiene factores de cálculo diferentes. Los datos de las emisiones de kgCO₂eq por cada dispositivo adquirido durante la pandemia fueron

modeladas usando la base de ecoinvent versión 3.6 y computados por el programa SimaPro 9.1. al igual que la tabla 10. Sin embargo, para el caso de la cámara web fue sacada de “KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY” (Wazeem & Mohan, 2023); puesto que, no están considerado en la base de datos de ecoinvent, estos datos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11.

Factor de emisión por la fabricación de cada dispositivo o equipo adquirido.

Dispositivo	Proceso unitario	Kg CO₂ eq
Celular	Market for consumer electronics, mobile device, smartphone GLO	33
Computadora de escritorio	Computer, desktop, without screen [GLO] market for computer, desktop, without screen	196
Impresora	Printer, laser, colour [GLO] market for printer, laser, colour	52.9
Internet router	Router, internet [GLO] market for router, internet	93.9
Laptop	Computer, laptop [GLO]market for computer, laptop	148
Mouse	Pointing device, optical mouse, with cable [GLO] Market for pointing device, optical mouse, with cable	5.42
Repetidor de wifi	Market for internet access equipment [GLO]	5.99
Tablet	Market for consumer electronics, mobile device, tablet [GLO]	74.5
Teclado	Devices, Keyboard [GLO], market for keyboard	26.4
Webcam o Cámara	Tomado de Royal Institute Of Technology	16.24

Es importante el cálculo de la vida útil de los equipos electrónicos para incluirlo dentro de la estimación de la huella de carbono. La estimación de vida útil de un celular ronda entre los 18 a 24 meses. Adicional a ello, estos se reemplazan con una frecuencia aproximada de 16 meses; por lo cual, para el estudio se toma un valor aproximado de 20 meses equivalente a 1.67 años (EMPRESARIAL & LABORAL, 2019).

Las computadoras de escritorio tuvieron un exponencial crecimiento desde su creación volviéndolas más rápidas y ligeras. Las computadoras de videojuegos que tienen una mayor

capacidad o los mismos recursos de hardware que los estudiantes de ingeniería civil requieren. Debido a, los softwares especializados (AutoCad, Revit, Etabs, entre otros), las computadoras tienen una vida útil de hasta 3 años (PCREDCOM, 2021). Sin embargo, se asumirá 5 años como tiempo de vida útil; puesto que, en Perú se acostumbra alargar el tiempo de vida de las computadoras.

De acuerdo a la experiencia de los usuarios, se estima que las impresoras tienen 3 años de vida útil en promedio de las diferentes marcas existentes del mercado. La forma de uso, el mantenimiento y los insumos son factores determinantes para este cálculo. Por ende, se estimará para el estudio el periodo de 3 años de vida útil (Fotocopiadoras PYMES, 2019).

Debido a, la modalidad virtual muchos alumnos tuvieron que adquirir un nuevo router para una mejor conectividad. Según una encuesta realizada por Redes Zone, se obtuvo que la mayoría de los participantes cambia su router con una frecuencia mayor a 2 años (De luz, 2016).

Las computadoras portátiles antes de pandemia jugaron un papel importante para realizar las actividades estudiantiles de los alumnos. Por ello, para el caso de las computadoras portátiles el tiempo de vida útil es de 3 a 5 años. Dependiendo del mantenimiento y del correcto uso de los equipos; por ello, se tomará un valor aproximado de 4 años (Yolanda, 2016).

Logitech es una de las marcas más usadas de mouse en Perú, pudiendo soportar más de 20 millones de clics, esto es equivalente a 2 años de vida útil (Nájera, 2016). Los repetidores a comparación del router tiene una vida útil mayor, la gran mayoría duran hasta 10 años aproximadamente. Esto se debe al diseño y componentes del repetidor; ya que, solo incrementan la velocidad y alcance de la red (SENSORES DE PRESION, 2021).

En los últimos años la tablet se ha convertido en una herramienta tecnológica de mucha ayuda para los estudios; debido a, su ligero volumen y peso. Este dispositivo tiene en promedio una

vida útil de 3 años. Sin embargo, son mucho más frágiles que una laptop u ordenador (MP, 2022).

Un complemento necesario para las computadoras es el teclado; puesto que, es una herramienta que manda señales de los datos que introducimos a la computadora. Según los fabricantes, estos pueden aguantar hasta 50 millones de pulsaciones equivalente a 39.4 años de vida útil. Para el cálculo se realizó una conversión para el año de estudio (Castro, 2020).

Para llevar a cabo, la interacción del profesor con los alumnos es necesario el complemento de la cámara web. La cámara web tiene una vida útil aproximadamente de 2.5 años, esto es lo que se comenta en SOLOSEGURIDAD.NET. Muchos de los usuarios validan el comentario de tal estimación (SOLOSEGURIDAD, 2018).

Para el cálculo de emisiones kg CO₂ eq por una semana de estudio, se necesita la cantidad de dispositivos, el factor de emisión de este y su tiempo de vida útil, cuyo cálculo se muestra en la fórmula 10.

$$E = \frac{u * fe_d}{t_{vu} * 52} \dots (10)$$

E: Emisión de CO₂ por año de estudio (kg CO₂ eq)

u: Cantidad dispositivos

fe_d: Factor de emisión del dispositivo (kg CO₂ eq / kWh)

t_{vu}: Tiempo de vida útil del dispositivo (años)

Por ejemplo, si tenemos que 40 celulares, el factor de emisión del celular es de 55 gCO₂ eq / kWh, obtenemos una emisión total de 2200 kg CO₂ eq y tenemos que la vida útil del celular es de 1.67 años, la emisión por semana de estudio es equivalente a 25.33 kg CO₂ eq.

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados generales

4.1.1. Año regular de la PUCP antes de pandemia (2019)

En la Figura 10, se presentan la cantidad de los días a la semana que asisten a la PUCP. El 42.3% de los encuestados asistían 6 de los 7 días de la semana a la PUCP. Por otro lado, tenemos el 30.3% de los alumnos analizados asisten 5 días de la semana a la universidad. Y el 0.5% de los encuestados solo asisten 1 día a la semana. Finalmente, el 81.7% de los encuestados asisten al menos 5 días a la semana a la PUCP, lo que equivales a una semana laboral completa, como se puede ver en la siguiente gráfica.

¿Cuántos días de la semana te dirigías a la PUCP antes de la pandemia?
208 respuestas

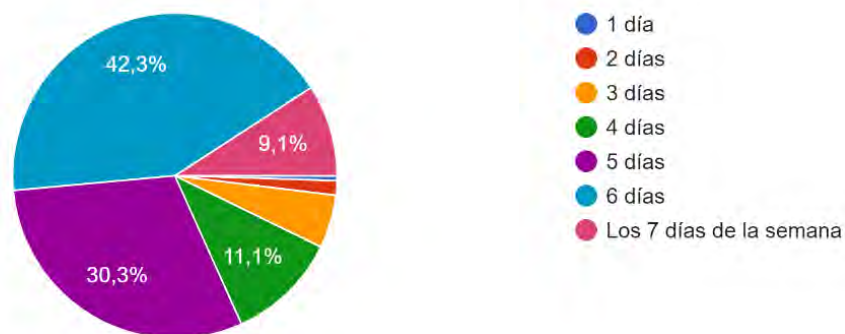


Figura 10. Número de días de la semana en que se dirigía a la PUCP.

La Figura 11, se presenta los resultados del medio de transporte que se usaban los estudiantes para llegar a la PUCP antes de la pandemia. El 63% de los encuestados emplean transporte público para ir a la universidad. Mientras que el 16.8%, se trasladan caminando, ya que viven cerca de la universidad. Y el 10.1%, se traslada con vehículos propios, como se puede visualizar en la siguiente figura.

¿Qué medio de transporte usabas para llegar a la PUCP antes de la pandemia?
208 respuestas

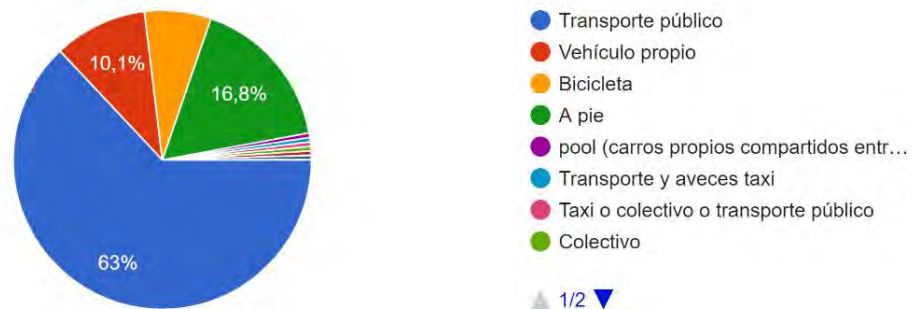


Figura 11. Medio de transporte para llegar a la PUCP.

En la Figura 12, se muestra el tiempo que toma llegar y regresar de la PUCP antes de la pandemia, ya sea en transporte público o privado. El 31.7% de los encuestados emplean entre 1 o 2 horas para desplazarse. Por otro lado, tenemos el 30.1% de alumnos encuestados se demoraba entre 0 a 30 min, esto se puede deber a que algunos de los alumnos residían en distritos cerca de la universidad. Finalmente, el 82% de los encuestados se desplazan hasta 2 horas para llegar y regresar de la PUCP.

Si marcaste transporte público o vehículo propio. ¿Cuánto tiempo aproximado te tomaba llegar y regresar de la PUCP antes de la pandemia?
183 respuestas

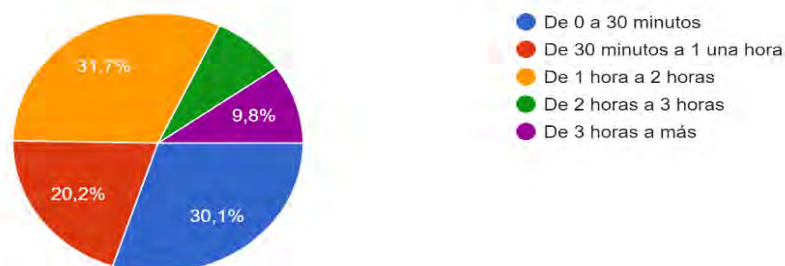


Figura 12. Tiempo aproximado en llegar a la PUCP.

En la Figura 13, se muestra la cantidad de horas que empleaban los alumnos para el uso de los espacios y servicios que ofrece la universidad para estudiar antes de la pandemia. En la gráfica

se observa que el 32.2% de los encuestados usaban estos espacios y servicios más de 6 horas. Mientras que el 26.9% de estos alumnos empleaban de 4 a 6 horas.

¿Cuántas horas al día hacías uso de los espacios y servicios que te ofrecía la universidad para estudiar antes de la pandemia? (Biblioteca, Cafetería, lugares para socializar)
208 respuestas

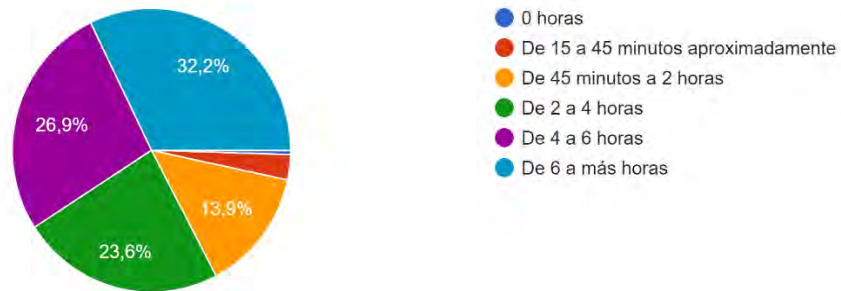


Figura 13. Tiempo de uso de espacios y servicios de la PUCP hacia los alumnos.

En la Figura 14, se muestra los resultados sobre las horas conectadas al internet antes de la pandemia. El 28.4% de los encuestados se conectaban entre 2 a 4 horas. Mientras que el 26.4% de los alumnos se conectaban de 6 a más horas. Si bien estos grupos son los que presentan mayor agrupación de datos, la distribución no presenta concentración de datos.

¿De esas horas que hacías uso de los servicios de la universidad, cuántas horas estabas conectado al internet antes de la pandemia?
208 respuestas



Figura 14. Tiempo conectado al internet.

4.1.2. Primer año por modalidad virtual PUCP durante la pandemia (2020)

En la Figura 15, se presenta los resultados sobre las horas conectadas al internet en la pandemia.

El 66.6% de los encuestados se mantenía conectados los 7 días a la semana. Mientras que el 10.6%, se conectaba los 6 días a la semana, como se puede ver en la siguiente figura.

Desde que empezó la pandemia, ¿Cuántos días a la semana te conectas al internet y realizas tus actividades estudiantiles?

208 respuestas

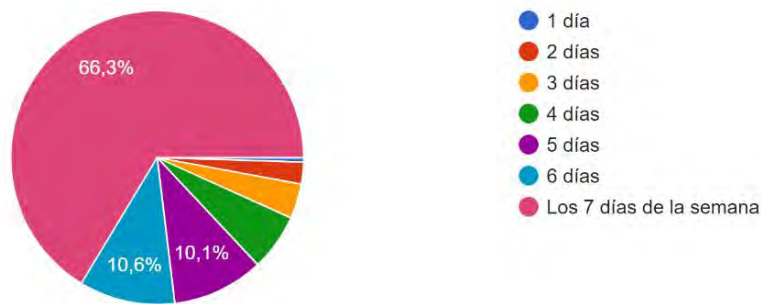


Figura 15. Días de la semana conectados al internet para realizar actividades estudiantiles.

En la Figura 16, se presenta los resultados de la cantidad de horas al día que están conectados al internet y equipos eléctricos con fines de estudio. El 34.1% de los encuestados se mantienen conectados de 12 a más horas al día. Mientras que el 28.8%, se conectan entre 6 a 9 horas al día, como se puede visualizar en el siguiente gráfico.

Desde que empezó la pandemia ¿Cuántas horas al día en los días que estudias haces uso del internet y equipos electrónicos?

208 respuestas

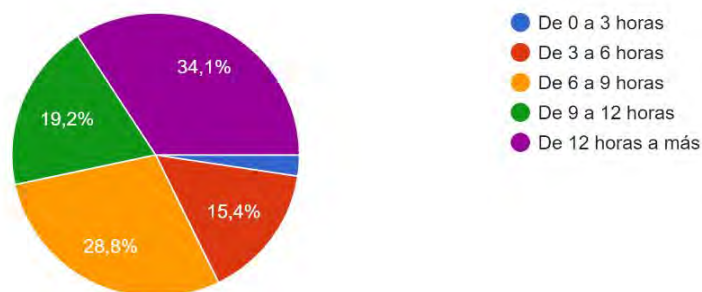


Figura 16. Tiempo estimado en uso del internet y equipos electrónicos.

En la Figura 17, se tiene los resultados sobre los dispositivos electrónicos que usan para conectarse y realizar sus actividades. Los dispositivos mencionados fueron la laptop, Tablet, celular, computadora de escritorio, TV, pantalla; de estos, los más usados son la laptop y el celular, como se puede apreciar en la siguiente figura.

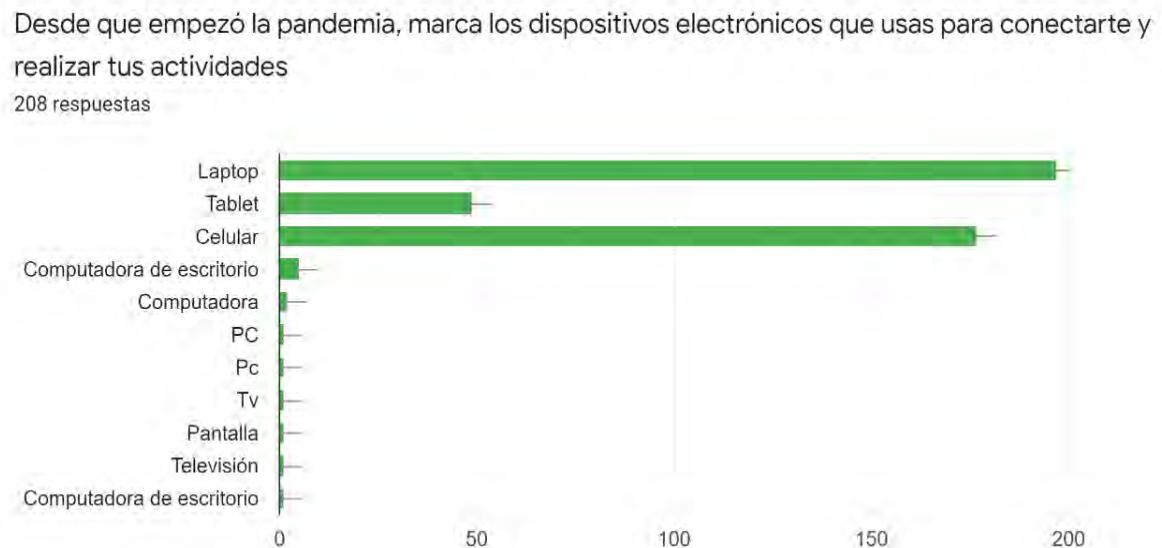


Figura 17. Dispositivos electrónicos para realizar las actividades estudiantiles.

En la Figura 18, se muestran los equipos y servicios nuevos que el alumno adquirió para poder llevar el ciclo virtual. Entre los nuevos equipos que son más adquiridos son la laptop, Tablet, celular y mouse. Mientras que el servicio más solicitado fue el servicio de internet, como se puede ver en la siguiente figura.

Desde que empezó la pandemia ¿Qué equipos y servicios adicionales nuevos tuviste que adquirir para poder llevar el ciclo virtual?

208 respuestas

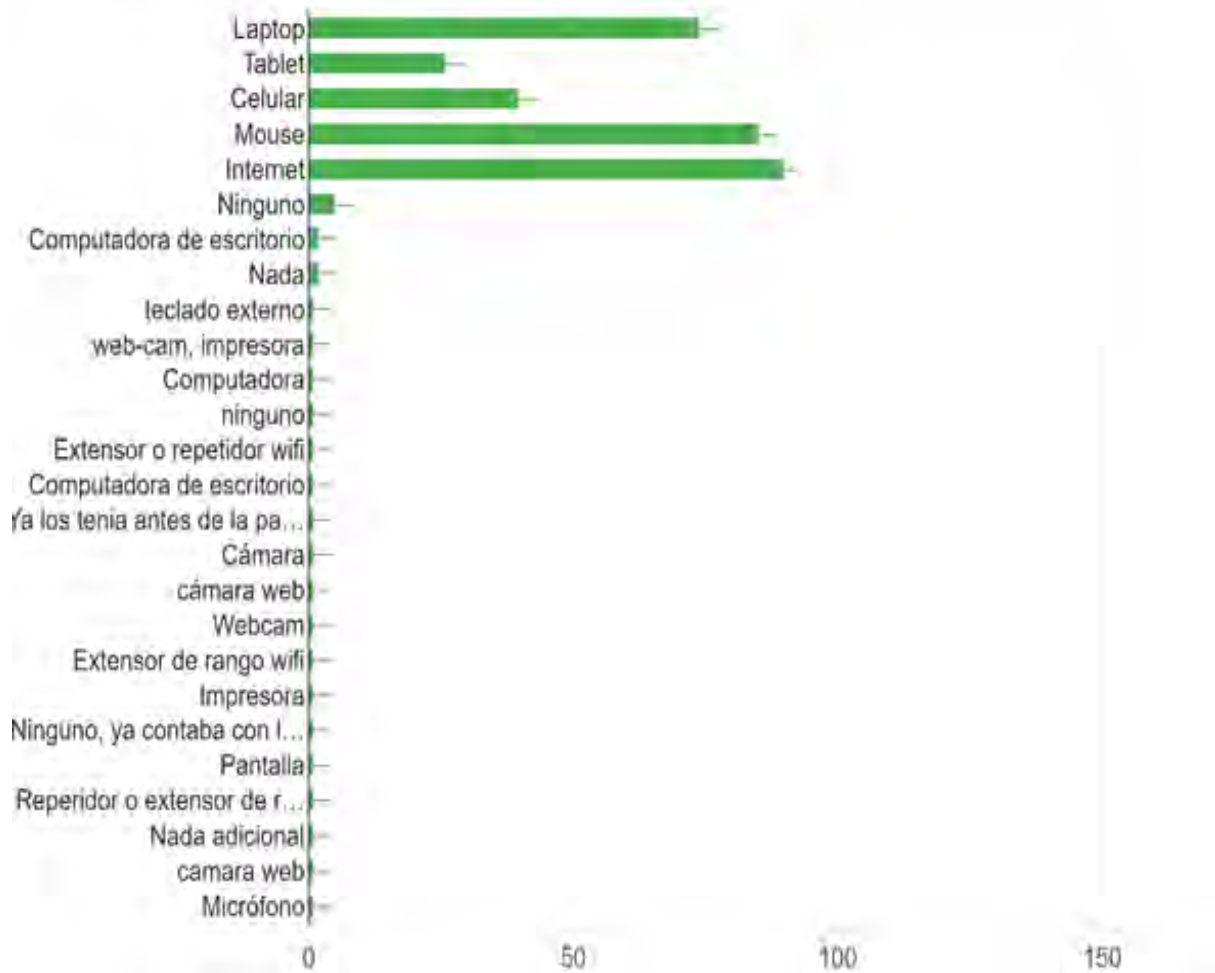


Figura 18. Equipos y servicios adicionales que se adquirió en la pandemia.

En la Figura 19, se presentan la comparación entre ciclo presencial (antes de la pandemia) y el ciclo virtual (durante el primer año de pandemia) en el uso de dispositivos electrónicos. El 98.5% de los encuestados afirmaron estar conectados con más tiempo al internet, esta información será corroborado con el cálculo del GEI.

Desde que empezó la pandemia ¿Consideras que para realizar tus actividades estás más tiempo haciendo uso de dispositivos electrónicos a comparación de un ciclo presencial?

206 respuestas

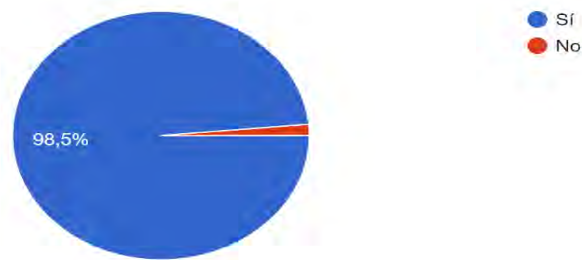


Figura 19. Comparación entre ciclo presencial y virtual con respecto al uso de dispositivos electrónicos.

En la Figura 20, se presenta los resultados de la percepción sobre la emisión de GEI entre ciclo presencial (antes de la pandemia) y el ciclo virtual (durante el primer año de pandemia) en la emisión de gases de efecto invernadero. El 65.4% de los alumnos encuestados percibían que por la modalidad virtual que pasaron, emitían más gases de efecto invernadero, a comparación de la modalidad presencial.

Desde que empezó la pandemia ¿Sientes que de alguna manera estamos mitigando más gases de efecto invernadero por la nueva normalidad virtual en comparación con la normalidad presencial?

208 respuestas

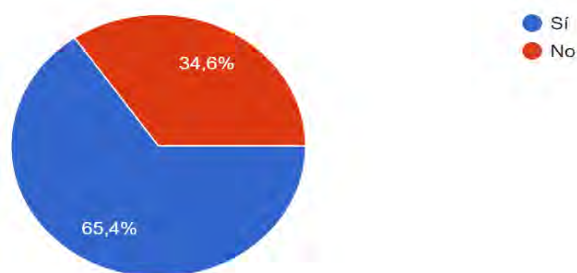


Figura 20. Comparación entre ciclo presencial y virtual de la mitigación de gases de efecto invernadero.

En la Figura 21, se presentan la cantidad de estudiantes que dejan conectados sus dispositivos toda la noche. El 50% de los encuestados afirmaron que los deja conectados toda la noche; mientras que la otra mitad afirma desconectarlos temas de prevención de cuidado de la batería de sus equipos, como se puede ver en la siguiente figura.

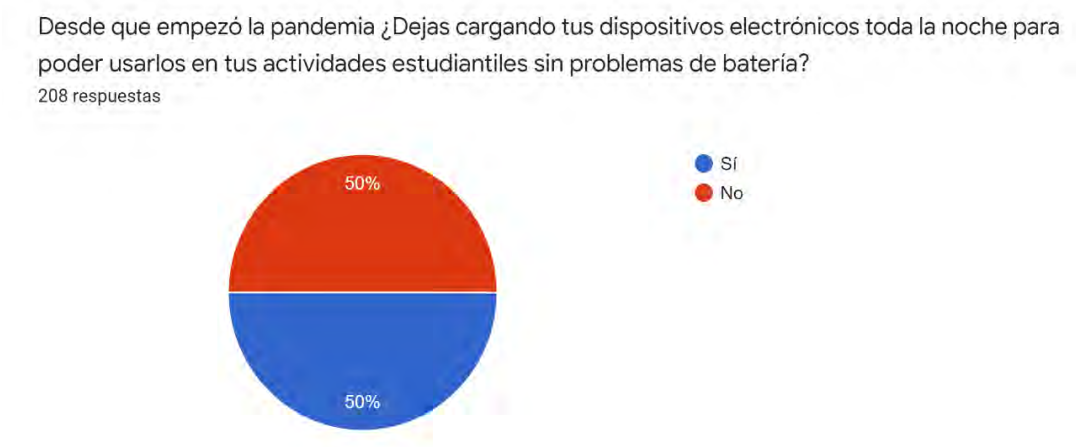


Figura 21. Cantidad de estudiantes que dejan conectado sus dispositivos toda la noche.

En la Figura 22, se presenta la cantidad de estudiantes que usan más de un dispositivo electrónico. El 88.9% de los encuestados afirmaron usar más de un dispositivo a la vez; mientras que el 11.1%, afirmaba usar un solo dispositivo, como se puede ver en la siguiente figura.

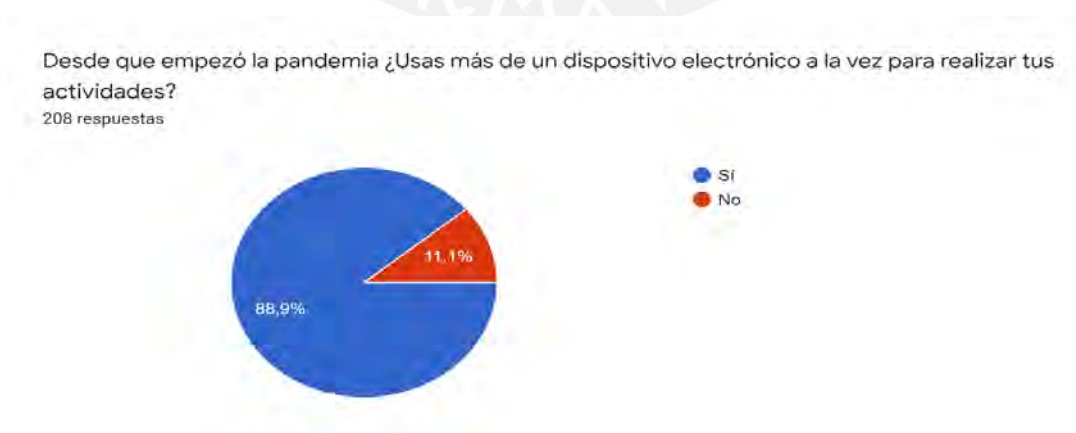


Figura 22. Cantidad de estudiantes que usan más de un dispositivo electrónico a la vez.

4.2. Análisis de Resultados

El perfil del grupo analizado son estudiantes de la especialidad de ciencia e ingeniería de la especialidad de ingeniería civil. Los datos tabulados se presentaron en dos grupos: “Ciclo regular de la PUCP antes de pandemia (2019)” y “La modalidad virtual de la PUCP (Pandemia en el 2020)”.

En el primer grupo de información, se tiene que el rango de días por semana a la que asistían a la PUCP se encontraba entre 1 día y 7 días. El 72.6% de los encuestados afirmaron ir a la universidad entre los 5 y 6 días a la semana. Así mismo, el 63% de los encuestados afirmaron usar transporte público. En cuanto al tiempo que les toma llegar y regresar de la PUCP, el 82% de estos estudiantes afirmaron tomarles hasta 2 horas. Por otro lado, al consultarles sobre el tiempo de uso de espacios y servicios que ofrece la universidad, el 82.7% de los encuestados afirmaron tomarles hasta más de 6 horas. Y, finalmente, el 76.4% de los estudiantes afirmaron estar conectados al internet entre 2 y más de 6 horas.

En cuanto al segundo grupo de información, se identificó que el 50% de los encuestados afirmaron mantener conectados toda la noche sus dispositivos. Asimismo, el 88.9% de los encuestados afirmaron usar más de un dispositivo a la vez. Por otro parte, al ser consultados por la adquisición de nuevos equipos y servicios, los encuestados afirmaron que la laptop, mouse, celular, tablet e internet fueron los que más adquirieron. Y, coincidentemente, también fueron los que más se usaron para que los encuestados se conectaran: laptop, tablet, celular. De la misma manera, al preguntar sobre el tiempo de uso del internet y equipos, el 97.5% de los encuestados afirmaron usarlo entre 3 y más de 12 horas. Y, al consultar específicamente por el tiempo conectado al internet, el 76.9% de estos estudiantes señalaron estar conectados de 6 a 7 días a la semana.

Finalmente, al realizar preguntas comparativas sobre el uso de dispositivos entre antes y durante la pandemia, el 98.5% de los encuestados percibieron estar más tiempo conectado al internet. Del mismo modo, al consultar sobre la emisión de gases de efecto invernadero antes y durante la pandemia, el 65.4% de estos estudiantes percibieron estar emitiendo más gases de efecto invernadero.

La pandemia del covid-19 cambió la forma de recibir las clases, ya que no se podía asistir presencialmente a la universidad, lo cual, implicó no emplear los medios de transporte, el tiempo que se tomaba en llegar y regresar de la universidad, así como, el tiempo de uso de espacios y servicios de la universidad. Sin embargo, estos fueron sustituidos por los dispositivos y servicios que tuvieron ser adquiridos y usados para recibir las clases virtuales, así como, su tiempo de conectividad. Por tanto, resulta importante acompañar estos resultados con el cálculo del GEI para brindar mayor claridad del impacto.

4.2.1. Análisis de Resultados antes de la pandemia

En la tabla 12, se resume el tiempo transcurrido en el transporte público o privado respecto a los días que se asistía a la universidad por semana.

Por un lado, en el caso del transporte que usaban los alumnos para dirigirse a la PUCP tendremos las siguientes tablas:

Tabla 12.

Tiempo transcurrido en el transporte público o privado respecto a los días que se iba a la universidad por semana.

Transporte Público y Privado						
Cantidad de días	0 – 30 minutos	30 minutos – 1 hora	1 hora - 2 horas	2 horas - 3 horas	3 horas a más	Subtotal
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	3
3	1	3	2	1	0	7
4	4	3	9	0	2	18
5	17	10	11	5	4	47
6	14	10	22	4	10	60
7	2	3	6	2	0	13
Total						148

La primera impresión que nos brinda la Tabla 12, como resultado del total de alumnos encuestados, 148 de ellos marcaron que usaban el transporte público o privado para llegar a la Pontificia Universidad Católica del Perú. De las 148 alumnos que eligieron un medio de transporte público o privado, se subdividen en tres categorías de transporte: “transporte público, colectivo y taxi”, siendo el transporte privado la suma de estas dos últimas.

En el caso del transporte público, se generaron la Tabla 13 y Tabla 14, según la duración del viaje y la frecuencia de traslado de los alumnos.

Tabla 13.

Tiempo transcurrido en el transporte público respecto a los días que se iba a la universidad por semana.

Transporte Público						
Cantidad de días	0-30 minutos	30 minutos - 1 hora	1 hora - 2 horas	2 horas - 3 horas	3 horas a más	Subtotal
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	3
3	1	3	2	1	0	7
4	4	3	6	0	2	15
5	16	7	10	4	3	40
6	12	8	21	4	8	53
7	1	2	3	2	0	8
Total						126

De la Tabla 13, se usarán los datos para emplear la fórmula 1 de la metodología de cálculo, tomando la cantidad de días a la semana y la cantidad de alumnos en un intervalo de tiempo. El resultado de fórmula 1 se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14.

Multiplicación de días por alumnos respecto a la duración de viaje en transporte público por semana.

Frecuencia de desplazamiento	Multiplicación de alumnos por días
0 – 30 min	178
30 min – 1 hora	118
1 hora – 2 horas	229
2 horas – 3 horas	63
3 horas a más	73
Total	661

En la Tabla 15, se presenta la cantidad de alumnos que usan los colectivos para llegar y regresar de la PUCP. De todos los alumnos encuestados, solamente 3 alumnos usan este medio de transporte. El 66.7% de los encuestados van 4 días de la semana y se demoran entre 1 a 2 horas. El resto de alumnos, van seis días a la semana y demoran 30 minutos a 1 hora. De la misma manera, aplicando la fórmula 1 se obtiene la Table 16.

Tabla 15.

Tiempo transcurrido con transporte colectivo respecto a los días que se iba a la universidad por semana.

Transporte Colectivo						
Cantidad de días	0 - 30 minutos	30 minutos - 1 hora	1 hora - 2 horas	2 horas- 3 horas	3 horas a más	Subtotal
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	2	0	0	2
5	0	0	0	0	0	0
6	0	1	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0
Total						3

Tabla 16.

Multiplicación de días por alumnos respecto a la duración de viaje en transporte colectivo por semana.

Frecuencia de desplazamiento	Multiplicación de alumnos por días
0 - 30 min	0
30 min - 1 hora	6
1 hora – 2 horas	8
2 horas – 3 horas	0
3 horas a más	0
Total	14

En la Tabla 17, de los 148 alumnos encuestados que toman un tipo de transporte el 12.8% toma taxi para llegar y regresar de la PUCP. Por un lado, 36.8% de los que toman taxi van 5 días a la universidad con diferentes intervalos de tiempo. Por otro lado, el 5.3% solo va a la universidad 4 días a la semana. Finalmente, con los días que toman este transporte y con sus intervalos de tiempo se obtiene la Tabla 18.

Tabla 17.

Tiempo transcurrido con transporte en taxi respecto a los días que se iba a la universidad por semana.

Taxi						
Cantidad de días	0-30 minutos	30 minutos-1 hora	1 hora-2 horas	2 horas-3 horas	3 horas a más	Subtotal
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	1
5	1	3	1	1	1	7
6	2	1	1	0	2	6
7	1	1	3	0	0	5
Total						19

Tabla 18.

Multiplicación de días por alumnos respecto a la duración de viaje en taxi.

Frecuencia de desplazamiento	Multiplicación de alumnos por días
0-30min	24
30min-1 hora	28
1 hora-2 horas	36
2 horas-3 horas	5
3 horas a más	17
Total	110

En la Tabla 19, se presenta la cantidad de tiempo que usan los espacios y servicios los alumnos de la PUCP. El 40.3% de los encuestados, van 6 días a la universidad y la mayoría usa más de 6 horas del espacio y servicios que brinda la casa de estudio. Ninguno de los alumnos encuestados ha ido a la universidad un solo día a la semana. De los intervalos de tiempo con los días en que los alumnos iban a la casa de estudios usando la fórmula 1 se obtiene la Tabla 20.

Tabla 19.

Tiempo de uso de espacios y servicios que ofrecía la universidad respecto a los días de asistencia.

Tiempo de uso de espacio y servicio de la PUCP							
Cantidad de días	0 horas	15 minutos - 45 minutos	45 minutos - 2 horas	2horas-4horas	4horas-6horas	6horas-a más	Subtotal
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	2	3
3	0	0	0	4	2	4	10
4	0	0	5	8	4	6	23
5	0	0	10	17	17	18	62
6	1	2	9	10	24	33	79
7	0	3	4	6	6	0	19
Total							196

Tabla 20.

Multiplicación de días por alumnos en una semana en tiempo de uso de espacios y servicios que ofrecía la universidad.

Frecuencia de uso	Multiplicación de alumnos por días
0 horas	6
15-45minutos	33
45min-2horas	152
2horas-4horas	233
4horas-6horas	293
6horas- a más	328
Total	1045

Finalmente, en la Tabla 21, de los encuestados, 79 alumnos van 6 días a la universidad y la mayoría hace se encuentra más de 6 horas conectadas al internet y a sus dispositivos electrónicos. El 1.5% de los encuestados iba 2 días a la universidad y estaban en 3 diferentes intervalos de tiempo conectados. De la misma manera, usando la fórmula 1, se obtiene el consumo de energía para poder navegar por las red y realizar sus actividades correspondientes en la Tabla 22. Asimismo, se obtiene que de los 196 alumnos encuestados hacen un total de 3,900 horas conectadas a la semana.

Tabla 21.

Tabla acerca de las horas conectadas respecto a los días de asistencia.

Horas conectadas al internet							
Cantidad de días	0 horas	15 minutos - 45 minutos	45min- 2horas	2horas- 4horas	4horas- 6horas	6horas- a más	Subtotal
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	0	3
3	0	0	0	4	2	4	10
4	0	1	4	7	5	6	23
5	0	2	10	20	14	16	62
6	1	5	12	17	18	26	79
7	0	4	7	5	3	0	19
Total							196

Tabla 22.

Multiplicación de días por alumnos en una semana en los tiempos establecidos con respecto al tiempo conectado al internet.

Frecuencia de uso	Multiplicación de alumnos por días
0 horas	6
15-45minutos	72
45min-2horas	189
2horas-4horas	279
4horas-6horas	227
6horas- a más	272
Total	1045

4.2.2. Análisis de Resultados durante la pandemia

La modalidad virtual ha traído consigo el incremento de horas conectados al internet y por ende un mayor consumo de energía. Primero, de los datos se tiene de la Figura 15 los días de la semana; en el que, los alumnos están haciendo uso de sus dispositivos electrónicos como laptops, celulares entre otros. Segundo, se tiene datos de la Figura 16, el tiempo estimado en el uso del internet. Finalmente, de estas dos figuras se obtiene la Tabla 23 con la cantidad de alumnos por cada intervalo de tiempo que se encuentra conectado.

En la Tabla 23, se presenta que 63 alumnos se encontraban 12 horas o más haciendo uso de sus dispositivos electrónicos y conectados al internet los 7 días de la semana. De la misma manera que las Tabla 22 se obtiene la Tabla 24. Asimismo, se obtiene que de los 196 alumnos encuestados hacen un total de 11,347.5 horas conectadas a la semana. Se calcula un incremento del 191% en el aumento de horas conectados con respecto a la Tabla 22.

Tabla 23.

Tabla acerca de la cantidad de alumnos por frecuencia de horas conectados al internet en una semana.

Frecuencia de horas por los días conectados						
Cantidad de días	0 a 3 horas	3 a 6 horas	6 a 9 horas	9 a 12 horas	12 horas a más	Subtotal
1	1	0	0	0	0	1
2	1	2	1	0	0	4
3	0	3	5	0	0	8
4	2	5	4	1	0	12
5	0	8	8	4	0	20
6	0	4	9	3	4	20
7	1	9	29	29	63	131
Total						196

Tabla 24.

Multiplicación de días por alumnos en una semana en los tiempos establecidos con respecto al uso de internet y equipos.

Frecuencia de conexión	Multiplicación de alumnos por días
0 a 3 horas	18
3 a 6 horas	160
6 a 9 horas	330
9 a 12 horas	245
12 horas a más	465
Total	1218

De los datos obtenidos de la Figura 17 se puede hacer el cálculo de los aparatos electrónicos usados por los alumnos de la especialidad de ingeniería civil para la realización de sus actividades por modalidad virtual que se puede representar en la Tabla 25.

Tabla 25.

Tabla de dispositivos que usan los alumnos en la modalidad virtual.

Dispositivos que usan los alumnos	
Dispositivos que se usan en las actividades estudiantiles	Cantidad
Laptop	186
Tablet	44
Celular	167
Computadora de escritorio	10

Sin embargo, no todos esos dispositivos ya habían sido adquiridos por parte de los alumnos antes de la pandemia. Por lo que, los nuevos dispositivos y complementos comprados en la pandemia como se aprecia en la Figura 18 se detalla en la Tabla 26.

Tabla 26.

Tabla de los nuevos artefactos adquiridos para la realización de actividades estudiantiles durante la pandemia.

Tabla de artefactos nuevos adquiridos	
Nuevos dispositivos adquiridos	Cantidad
Celular	40
Computadora de escritorio	4
Internet	101
Laptop	69
Mouse	79
Tablet	23
Teclado	1
Webcam o Cámara	5
Repetidor de wifi	3
Impresora	1

Es importante el cálculo de la vida útil de los equipos eléctricos para incluirlo dentro de la estimación de la huella de carbono. Para ello en la Tabla 27 se encuentra listado el tiempo de vida útil de cada uno de los elementos incluidos en el estudio.

Tabla 27.

Tiempo de vida útil de equipos electrónicos (años).

Equipos electrónicos	Tiempo de vida útil de equipos electrónicos (años)
Celular	1.67
Computadora de escritorio	3.00
Impresora	3.00
Internet router	2.00
Laptop	4.00
Mouse	2.00
Repetidor de wifi	10.00
Tablet	3.00
Teclado	39.40
Webcam o Cámara	2.50

4.3. Cálculos de los gases de efecto invernadero generados

A partir de los datos obtenidos de la tabulación de las encuestas, se calculará los gases de efecto invernadero, así como, los gases que están siendo mitigados. El programa SimaPro contribuirá a estos cálculos a partir de los tiempos aproximados y de los dispositivos electrónicos que fueron usados para determinada actividad.

Asimismo, se sacarán los cálculos de la huella de carbono de las actividades de los alumnos de ingeniería civil antes de la pandemia y durante la pandemia

4.3.1. Cálculo de GEI antes de la pandemia

Para el cálculo de las emisiones de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil se dividió en tres categorías: “transporte público, colectivo y taxi”. En primer lugar, para el transporte público se obtiene la Tabla 28. La distancia total recorrida a la semana fue de 11,942 km en un ciclo regular. De los 126 alumnos que toman el transporte público tomados de la muestra, se emiten 1,303 kg CO₂ eq a la semana. Por consiguiente, este resultado si lo pasamos a un año se tendría 67.76 t CO₂ eq.

Tabla 28.

Cálculos de emisiones del transporte público por semana.

Emisiones de kg CO₂ eq por transporte público				
Tiempo	Multiplicación de alumnos por días	Distancia (km)	g CO ₂ eq/km	Emisiones kg CO ₂ eq en la semana a estudiar
0-30 minutos	178	623	109.1	68.0
30 minutos – 1 hora	118	1,239	109.1	135.2
1 hora – 2 horas	229	4,809	109.1	524.7
2 horas – 3 horas	63	2,205	109.1	240.6
3 horas - más	73	3,066	109.1	334.5
Total				1,303

En segundo lugar, para el transporte usando colectivo se obtiene la Tabla 29. La distancia total recorrida a la semana fue de 231 km en un ciclo regular. De los 3 alumnos que tomaban este tipo de transporte, se emitieron 21.2 kg CO₂ eq a la semana y 1.1 t CO₂ eq al año.

Tabla 29.*Cálculos de emisiones por transporte colectivo.*

Emisiones por transporte colectivo				
Tiempo	Multiplicación de alumnos por días	Distancia (km)	g CO ₂ eq/km	Emisiones kg CO ₂ eq en la semana a estudiar
0-30 minutos	0	0	91.72	0
30 minutos – 1 hora	6	63	91.72	5.8
1 hora – 2 horas	8	168	91.72	15.4
2 horas – 3 horas	0	0	91.72	0
3 horas - más	0	0	91.72	0
Total				21.2

En tercer lugar, para el transporte privado usando taxi se obtiene la Tabla 30. La distancia total recorrida a la semana fue de 2023 km en un ciclo regular. De los 19 alumnos que tomaban este tipo de transporte, se emitieron 671.1 kg CO₂ eq a la semana y 34.9 t CO₂ eq al año.

Tabla 30.*Cálculos de emisiones por taxi.*

Emisiones del taxi				
Tiempo	Multiplicación de alumnos por días	Distancia (km)	g CO ₂ eq/km	Emisiones kg CO ₂ eq en la semana a estudiar
0-30 minutos	24	84	331.7	27.9
30 minutos - 1 hora	28	294	331.7	97.5
1 hora - 2 horas	36	756	331.7	250.8
2 horas - 3 horas	5	175	331.7	58.1
3 horas - más	17	714	331.7	236.8
Total				671.1

La suma de las emisiones por cada una de las modalidades de transporte mencionadas es de 2 t CO₂ eq por semana y 103.7 t CO₂ eq al año. Los alumnos de la especialidad de ingeniería civil, al llegar a la universidad por el medio de transporte que ellos elegían hacían uso de los ambientes ofrecidos por la universidad. La diferencia entre estos y sus propias viviendas aparte de la luz será el aire acondicionado.

El cálculo de las emisiones por el uso de los ambientes de la universidad se obtiene la Tabla 31. Del total de los alumnos encuestados, el tiempo total del uso de los ambientes fue de 5013.5 horas a la semana. Asimismo, se emitieron 16.3 kg CO₂ eq a la semana y 847.6 kg CO₂ eq al año.

Tabla 31.

Cálculo de las emisiones por las horas de uso de los ambientes de la universidad por parte de los alumnos.

Cálculo de las emisiones por las horas de uso de ambientes de la universidad					
Tiempo	Multiplicación de alumnos por días	Tiempo de los alumnos (horas)	Energía consumida (kWh)	Equivalente de g CO ₂ eq por kWh	Emisiones kg CO ₂ eq en la semana a estudiar
0 horas	6	0	0	180.7	0
15 – 45 minutos	33	16.5	0.29	180.7	0.1
45 minutos - 2 horas	152	209	3.73	180.7	0.7
2 horas - 4 horas	233	699	12.48	180.7	2.3
4 horas - 6 horas	293	1465	26.16	180.7	4.7
6 horas - a más	328	2624	46.86	180.7	8.5
Total					16.3

El cálculo de las emisiones por las horas conectadas al internet haciendo uso de los ambientes de la universidad se obtiene la Tabla 32. De los alumnos encuestados el tiempo total del uso de conexión fue de 4,443.9 horas a la semana y tuvo un consumo de 1,355.38 kWh. Asimismo, se emitieron 244.9 kg CO₂ eq a la semana y 12.7 t CO₂ eq al año. Estimando la cantidad total de g CO₂ eq por el uso de ambientes/servicios de la universidad y del tiempo conectado a internet suman un total de 0.261 t CO₂ eq a la semana y 13.6 t CO₂ eq al año.

Tabla 32.

Cálculo de las emisiones de las horas conectadas al internet en la universidad.

Cálculo de las emisiones de las horas conectadas al internet.					
Tiempo	Multiplicación de alumnos por días	Tiempo de los alumnos (horas)	Energía consumida (kWh)	Equivalente de g CO ₂ eq por kWh	Emisiones kg CO ₂ eq en la semana a estudiar
0 horas	6	0	0	180.7	0
15-45 minutos	72	36	10.98	180.7	2
45min-2 horas	189	259.88	79.26	180.7	14.3
2 horas-4 horas	279	837	255.29	180.7	46.1
4 horas-6 horas	227	1135	346.18	180.7	62.6
6 horas- a más	272	2176	663.68	180.7	119.9
Total					244.9

4.3.2. Cálculo de GEI durante la pandemia

Los alumnos al encontrarse en la nueva normalidad virtual se encuentran más tiempo conectado al internet; debido a, las clases virtuales, reuniones con los compañeros para alguna actividad grupal u otra actividad correspondiente a sus deberes estudiantiles. Para ese cálculo de

emisiones por la energía consumida en el uso de internet y aparatos electrónicos se obtuvo la Tabla 33. De los alumnos encuestados el tiempo total del uso de conexión fue de 12,304.5 horas a la semana y tuvo un consumo de 3,752.9 kWh. Como se puede ver, se obtuvo un incremento del 176.9% con respecto a un ciclo regular; asimismo, se emitieron 615.5 kg CO₂ eq a la semana y 32 t CO₂ eq al año.

Tabla 33.

Cálculo de emisiones por la energía consumida en el uso de internet y aparatos electrónicos.

Emisiones consumidas en el uso de internet y aparatos electrónicos					
Tiempo	Multiplicación de alumnos por días	Tiempo de los alumnos (horas)	Energía consumida (kWh)	Equivalente de g CO ₂ eq por kWh	Emisiones kg CO ₂ eq en la semana a estudiar
0 a 3 horas	18	27	8.24	164	1.4
3 a 6 horas	160	720	219.60	164	36
6 a 9 horas	330	2,475	754.88	164	123.8
9 a 12 horas	245	2,572.50	784.61	164	128.7
12 horas a más	465	6,510	1,985.55	164	325.6
Total					615.5

Asimismo, los alumnos tuvieron un incremento en la adquisición de equipos como se puede apreciar en la Tabla 26. Estos nuevos equipos ayudan al alumno en tener una mejor comprensión y complementar la realización de sus actividades estudiantiles. Por lo que, existe un incremento porcentual considerable como se refleja en la Tabla 34.

Tabla 34.

Incremento Porcentual de dispositivos ya adquiridos antes de la pandemia.

Dispositivos	Incremento Porcentual (%)
Celular	31.5
Computadora de escritorio	66.67
Laptop	58.97
Tablet	109.52

De la Tabla 34 se puede observar que existe un incremento en la adquisición de nuevos equipos para la nueva normalidad virtual. El equipo más considerable fue la Tablet; sin embargo, es necesario aclarar que su incremento del 109.5%, no es consecuencia de un mayor uso de este. Es decir, este porcentaje no hace referencia a que los alumnos usen más tablets que una laptop para la realización de sus actividades estudiantiles.

En la Tabla 35, se tiene un total de 24.12 t CO₂ eq por la fabricación y adquisición de los nuevos implementos para los alumnos. Cuyo destino, es ayudar al alumno de la especialidad de ingeniería civil a la realización de sus actividades estudiantiles. Respecto al cálculo de emisiones por el año de estudio se obtuvo 7.33 t CO₂ eq.

Tabla 35.

Cálculo de emisiones kg CO₂ eq de dispositivos adquiridos durante la pandemia en una semana.

Dispositivo adquirido	Cantidad nueva adquirida	Kg CO₂ eq	Emisiones kg CO₂ eq en total	Tiempo de vida útil (años)	Emisiones por semana de estudio (kg CO₂ eq)
Celular	40	33	1320	1.67	15.20
Computadora de escritorio	4	196	784	5	3.02
Impresora	1	52.9	52.9	3	0.34
Internet router	101	93.9	9483.9	2	91.19
Laptop	69	148	10212	4	49.10
Mouse	79	5.42	428.18	2	4.12
Repetidor de wifi	3	5.99	17.97	10	0.03
Tablet	23	74.5	1713.5	3	10.98
Teclado	1	26.4	26.4	39.4	0.01
Webcam o Cámara	5	16.24	81.2	2.5	0.62
		Total	24,120.05		174.62
		Total (t CO ₂ eq)	24.12		0.17

Finalmente sumando todas las emisiones de g CO₂ eq calculadas antes de la pandemia; en el que se toma como referencia el año 2019 y durante la pandemia tomando como referencia el año 2020, como se muestra en la Tabla 36. Por un lado, el total de g CO₂ eq antes de la pandemia fue de 94.76 t CO₂ eq en un año. Este fue calculado mediante la modalidad de transporte, el uso de los ambientes de la universidad y horas conectadas al internet de la universidad por parte de los alumnos. Por otro lado, el total de t CO₂ eq durante el primer año de pandemia fue de

33.18 t CO₂ eq, cálculo obtenido por la energía consumida durante el uso de internet / aparatos electrónicos y la compra de dispositivos adquiridos.

Tabla 36.

Total de t CO₂ eq antes y durante el primer año de pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil.

Antes de pandemia		Durante el primer año de pandemia	
Modalidad	Emisiones de kg CO₂ eq	Modalidad	Emisiones de kg CO₂ eq
Movilidad hacia la universidad en transporte público o privado	1,995.09	Emisión de CO ₂ por el uso de equipos electrónicos en una semana	615.47
Cálculo de las horas de uso de los ambientes de la universidad por parte de los alumnos	16.18	Emisión de CO ₂ por dispositivos adquiridos durante la pandemia en una semana	174.62
Cálculo de las emisiones de las horas conectadas al internet	244.92		
Total (kg CO ₂ eq) en una semana	2,256.18	Total (kg CO ₂ eq) en una semana	790.09
Total (t CO ₂ eq) en un año	94.76	Total (t CO ₂ eq) en un año	33.18

4.4. Análisis y gráficos de la Huella de Carbono generada por la modalidad virtual de los estudiantes de ingeniería Civil de la PUCP

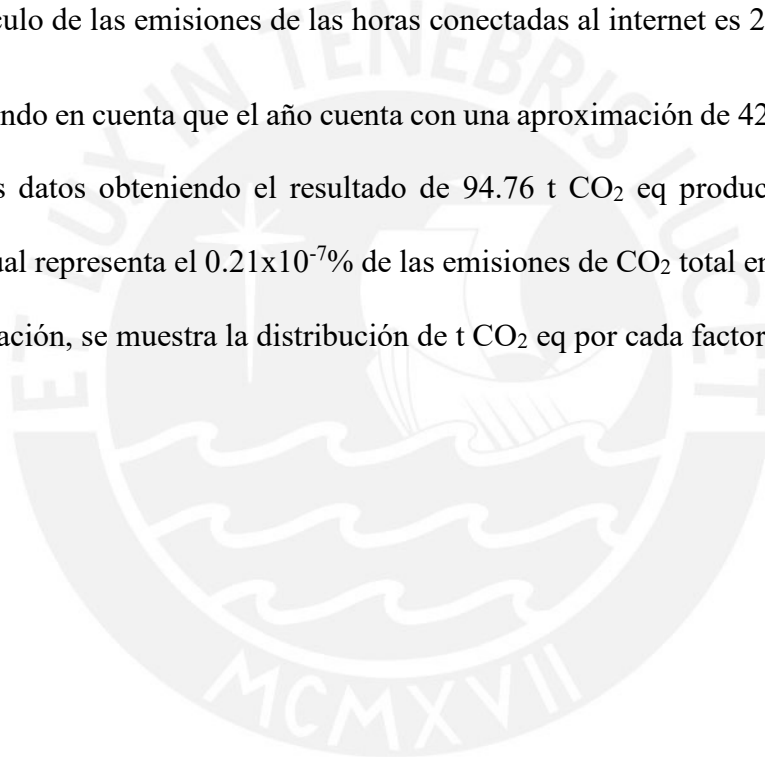
El objetivo principal de este estudio es comprender y cuantificar las emisiones de carbono relacionadas con las actividades virtual y presencial de los estudiantes de Ingeniería Civil. Se exploraron aspectos como el uso de dispositivos electrónicos, la conectividad a Internet, el consumo de energía asociado con plataformas educativas en línea y otros factores relevantes.

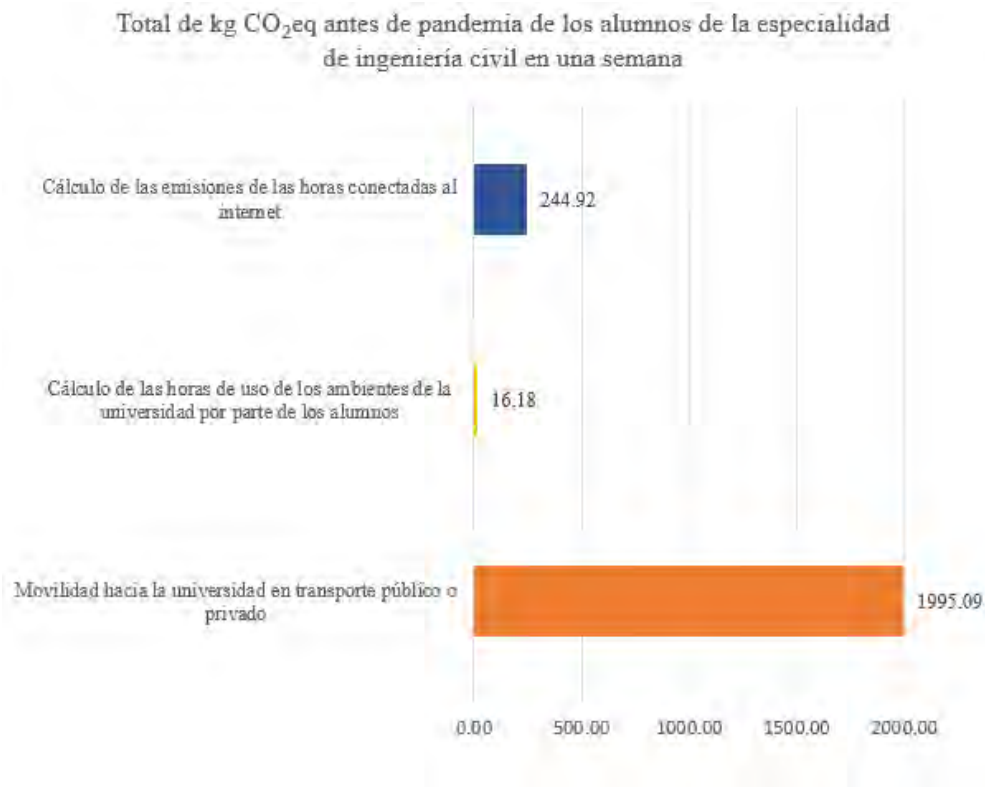
En primer lugar, antes de la pandemia, según la página “Datosmacro” las emisiones de CO₂ en el Perú en el año 2019 fue de 55,082 megatoneladas (DatosMacro, 2020). Y en los cálculos

obtenidos por la encuesta realizado a los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en una semana fue de 2.26 t CO₂ eq como se aprecia en la Tabla 36. De las cuales, se dividen en tres categorías importantes siendo las siguientes: “Movilidad hacia la universidad en transporte público o privado, cálculo de las horas de uso de los ambientes de la universidad por parte de los alumnos y cálculo de las emisiones de las horas conectadas al internet”.

De las tres categorías importantes tenemos como resultado en la movilidad hacia la universidad es 2 t CO₂ eq; en el cálculo de las horas de uso de los ambientes de la universidad es 16.18 kg CO₂ eq; y el cálculo de las emisiones de las horas conectadas al internet es 2.45 t CO₂ eq.

Asimismo, tomando en cuenta que el año cuenta con una aproximación de 42 semanas, se pasó a multiplicar los datos obteniendo el resultado de 94.76 t CO₂ eq producidos “antes de la pandemia”, el cual representa el 0.21x10⁻⁷% de las emisiones de CO₂ total en el Perú en el año 2019. A continuación, se muestra la distribución de t CO₂ eq por cada factor en la Figura 23.





Distribución del total t CO₂ eq antes de pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en un año



Figura 23. Total de kg CO₂ eq antes de pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en una semana y un año.

En segundo lugar, durante la pandemia, según la página “Datosmacro” las emisiones de CO₂ en el Perú en el año 2020 fue de 44,479 megatoneladas (DatosMacro, 2020). Y en los cálculos obtenidos por la encuesta realizado a los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en una semana fue de 790.09 kg CO₂ eq como se aprecia en la Figura 24. Con estas cifras se evidencia que hubo menores emisiones de CO₂ que “antes de la pandemia”. A continuación, se detalla el cálculo de energía consumido divididas en dos categorías importantes: “Cálculo de energía consumida en el uso de internet y aparatos electrónicos” y “cálculo de emisiones de dispositivos”.

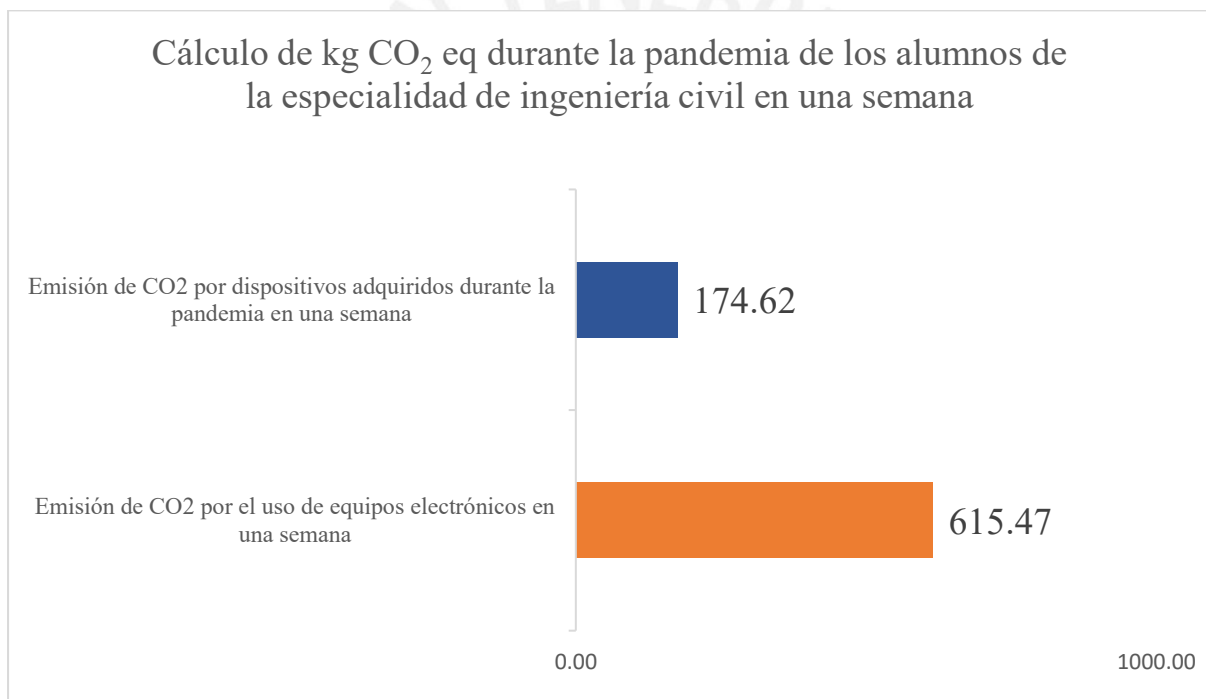
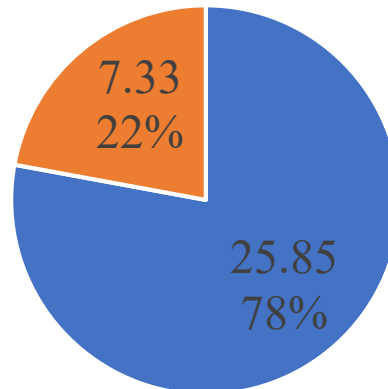


Figura 24. Cálculo de kg CO₂ eq durante la pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en una semana por factor.

Distribución del total de t CO₂ eq durante la pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en un año



- Emisión de CO₂ por el uso de equipos electrónicos en una semana
- Emisión de CO₂ por dispositivos adquiridos durante la pandemia en una semana

Figura 25. Distribución del total de t CO₂ eq durante la pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil en un año.

De la Figura 25, se puede apreciar los detalles de las emisiones de las t CO₂ eq dependiendo de la actividad realizada. Los datos señalan que la mayor actividad de los estudiantes en la emisión de CO₂ se debió a la cantidad de energía consumida en el año por el uso de internet y aparatos electrónicos. Este consumo ascendió a 25.85 t CO₂ eq, el cual superó por 15.56 t CO₂ eq a la segunda categoría. La segunda mayor actividad fue del cálculo de las emisiones por la adquisición de aparatos durante la pandemia.

Lo hallado representa el 1.2×10^{-7} % de las emisiones de CO₂ total en el Perú en el año 2020. Comparando los resultados finales antes y después de la pandemia tenemos como resultado la Figura 26.

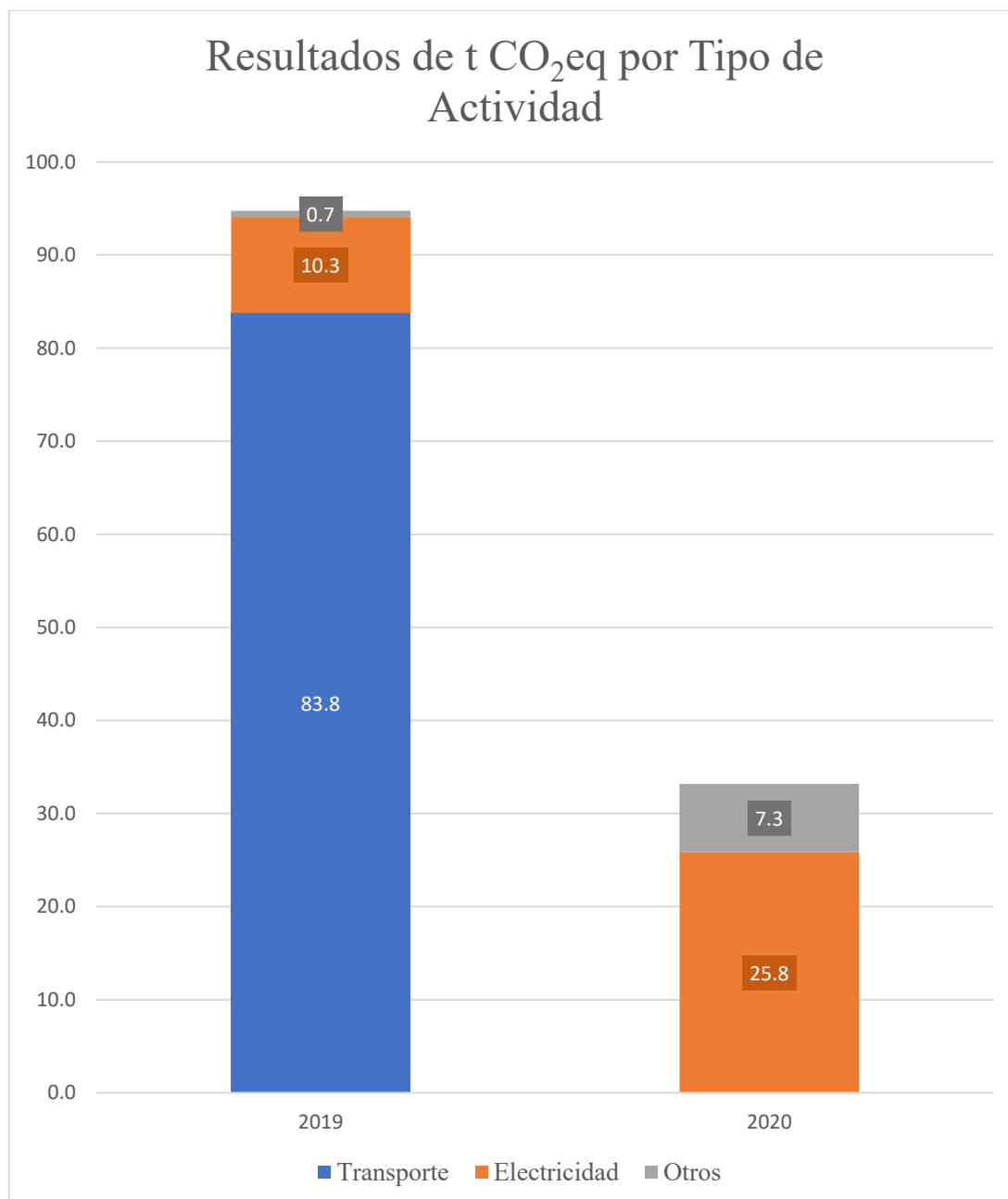


Figura 26. Resultados de t CO₂ eq antes y durante la pandemia.

Durante la pandemia se ha emitido 61.58 t CO₂ eq menos que antes de la pandemia. La energía consumida en las actividades por la modalidad virtual es 2.5 veces mayor que en la presencial. Sin embargo, en donde hay una significativa diferencia y la razón por la cual, antes de la pandemia los alumnos emitían una mayor cantidad de CO₂ se debe a la movilidad hacia la universidad para la realización de sus actividades estudiantiles.

La movilidad hacia la universidad, ya sea usando transporte público o privado, genera un mayor impacto en el ambiente. En la muestra tomada de los alumnos, del total t CO₂ eq “antes de la pandemia”, representaría el 88% del total. Es una cantidad considerablemente alta. Por ello, se concluye que “antes de la pandemia” se generaba más gases de efecto invernadero. De los resultados totales de los cálculos totales hallados en la Figura 31, se dividirá la muestra por el total de alumnos que respondieron la encuesta, de esta forma, dar una estimación de las emisiones generadas por cada alumno en promedio. Esta estimación da como resultado la Figura 27 que muestra a detalle la huella de carbono por cada alumno antes y durante la pandemia.

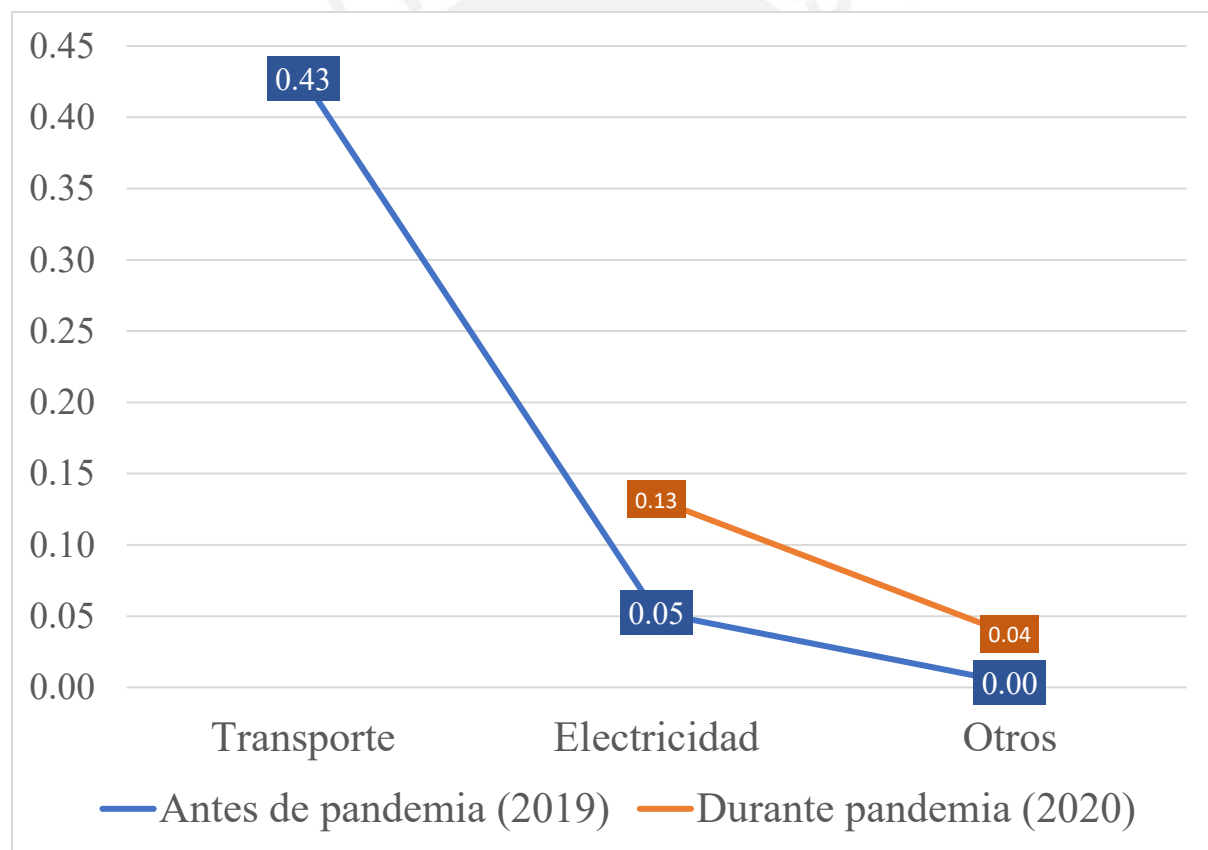


Figura 27. Comparativo de t CO₂ eq antes y durante la pandemia por alumno de la especialidad de ingeniería civil de la PUCP en un año.

En primer lugar, la cantidad de t CO₂ eq producido por alumnos de la especialidad de ingeniería civil, antes de la pandemia en el 2019, ascendió a 0.48 t CO₂ eq, el cual es resultado promedio que cada alumno generó en el tiempo de un año. En segundo lugar, la cantidad de t CO₂ eq producido por alumnos de la especialidad de ingeniería civil, durante de la pandemia en el 2020, ascendió a 0.17 t CO₂ eq, el cual es resultado promedio que cada alumno generó en el tiempo de un año. La diferencia del promedio entre cada alumno antes y durante la pandemia daría como resultado 0.31 t CO₂ eq. Es decir, la huella de carbono generada en promedio de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil durante la pandemia ha disminuido en un 65%.

Al comparar los resultados obtenidos por cada alumno antes de pandemia de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil de 0.48 t CO₂ eq con los resultados obtenidos de 1 t CO₂ eq por cada alumno de la Universidad de San Jorge (España) del curso 2013-2014 (Loste Montoya, 2014). Se observa que la huella de carbono de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú es menor por 0.52 t CO₂ eq a la Universidad de San Jorge.

Asimismo, pasa con el estudio de la huella de carbono hecha en la PUCP en el 2016 con un resultado de 0.94 t CO₂ eq (PUCP, 2016). Pues, si comparamos los resultados obtenidos, se identifica que este fue menor por 0.462 y 0.782 t CO₂ eq en comparación con el año 2016 al 2019 y al 2020, respectivamente. Esto se puede deber; a que, ese estudio adicionó los cálculos de la huella de carbono de los vehículos propios de la PUCP.

Realizando la comparativa de los resultados del año 2019 con el estudio de huella de carbono de la Universidad Nacional de Ingeniería con un resultado de 0.49 t CO₂ eq (Palomino Ochante, 2019) se tiene una diferencia de 0.01 t CO₂ eq haciendo las conversaciones anuales en vez de semestrales y respecto del estudio de la Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia) varía

en 0.4 t CO₂ eq (Varón-Hoyos et al., 2021), como se muestra en la Figura 28 y el alcance de sus estudios en el anexo A.

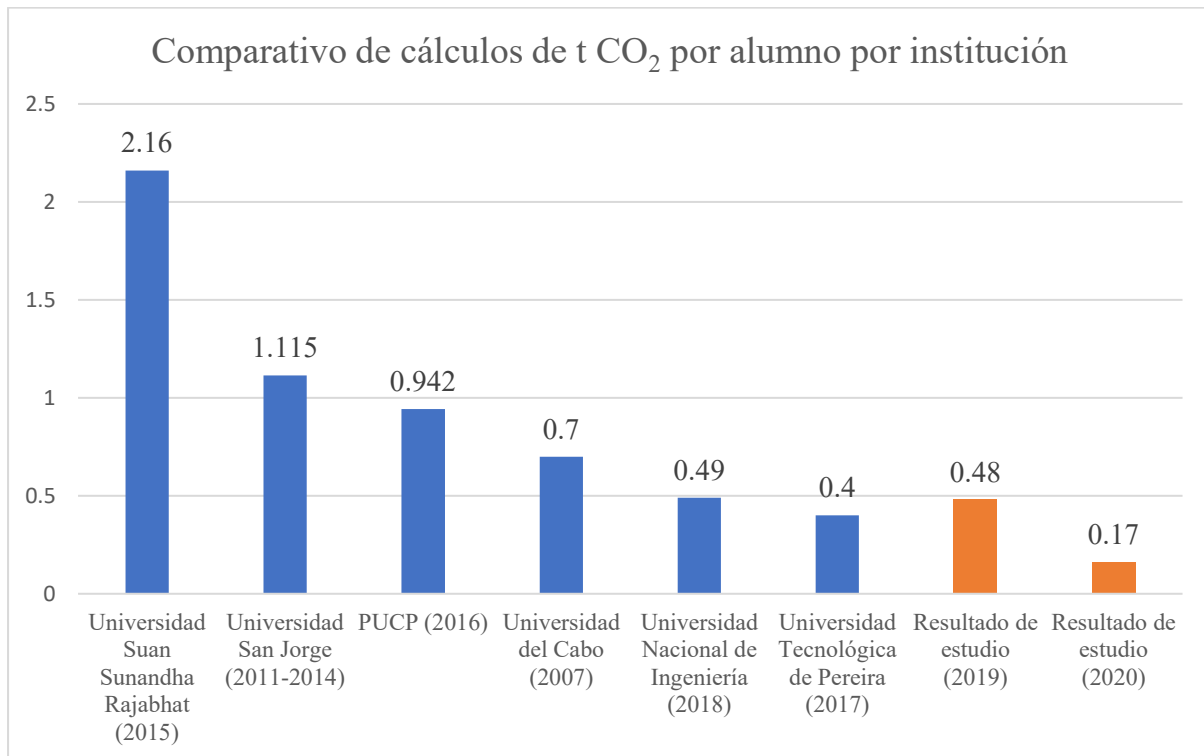


Figura 28. Comparativo de t CO₂ eq por alumno obtenidos en estudios de diferentes instituciones.

En síntesis, de los demás estudios calculados por la modalidad presencial comparando con la huella de carbono por modalidad virtual de los alumnos de la especialidad de ingeniería civil sigue siendo mucho menor. Aun, el estudio de huella de carbono por alumnos con resultado más bajo no llega a los 0.17 t CO₂ eq producidos por alumnos en promedio. Se puede asumir, que esta disminución de la huella de carbono se refleja un poco en la disminución de CO₂ producido en el Perú en el año 2020.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados se obtiene la cantidad de gases de efecto invernadero que mitigamos antes y durante la pandemia; debido a, la encuesta realizada a través de Google Forms. Por ello, se tiene las siguientes conclusiones y recomendaciones halladas en esta investigación:

5.1. Conclusiones

- Antes de la pandemia se generaban más gases de efecto invernadero (GEI), ya que durante la modalidad virtual (2020), se estuvo emitiendo menos CO₂ a comparación en los tiempos antes de pandemia: 61.58 t CO₂ de diferencia de la muestra tomada y 0.31 t CO₂ por alumno de la especialidad de ingeniería civil de la PUCP. Sin embargo, esto no se debe a que haya ocurrido un cambio en la idea de cuidar el medio ambiente, sino, por efecto de la cuarentena, el cual generó cambios de las actividades realizadas por los estudiantes.
- Respecto a los estudiantes encuestados la movilidad hacia la universidad, independientemente del tipo de transporte genera un mayor impacto en el ambiente. En la muestra tomada de los 94.76 t CO₂ eq antes de la pandemia, el transporte (83.79 t CO₂) representa el 88% del total, es una cantidad considerablemente alta. Por ello se concluye que, dentro de las actividades realizadas por los estudiantes, la que genera un mayor impacto es la del transporte.
- La mayoría de los alumnos encuestados considera que están utilizando mayor tiempo sus dispositivos electrónicos a comparación de un ciclo presencial ya que pasan más horas conectados al internet, por lo que el consumo de energía es mayor y el impacto ambiental es aproximadamente 2.5 veces más que en un año presencial (2019). Por lo que se concluye que durante la pandemia el mayor impacto está asociado al uso de energía eléctrica.
- La percepción de la mayoría de los alumnos encuestados es que se estuvo emitiendo menos gases de efecto invernadero por la modalidad virtual en comparación a la modalidad

presencial. Los resultados obtenidos en la Tabla 30 y 31, hace valida dicha percepción ya que se han reducido las emisiones de gases de efecto invernadero.

- La mayoría de los alumnos encuestados usa más de un dispositivo electrónico para realizar sus actividades académicas. Por un lado, los elementos adicionales que se pueden agrupar como los clásicos o comunes para realizar las actividades estudiantiles como las computadoras de escritorio y las computadoras portátiles (laptops); y los complementarios como tablets, celulares y en un caso televisión como elementos adicionales. Estos últimos tuvieron un incremento de adquisición durante la pandemia.
- La modalidad presencial demostró generar más CO₂, pues se identificó que, aproximadamente, el 50% de los estudiantes tienen malos hábitos que no ayudan a mejorar la emisión de GEI: dejar conectados los dispositivos electrónicos toda la noche, o no seguir las recomendaciones de uso de los manuales de estos equipos.
- La educación por modalidad virtual es una opción confiable para disminuir la huella de carbono generada por los estudiantes de la especialidad de ingeniería civil de la PUCP, ya que tiene beneficios como la retroalimentación de las clases grabadas que el docente brinda, poder asistir a diferentes clases de un mismo curso y conferencias.
- Durante la pandemia, se observó un aumento significativo en el tiempo de conexión a internet de los estudiantes, con un incremento del 16.56% en comparación con el periodo anterior a la pandemia (2019). Este aumento sugiere que, en respuesta a las circunstancias derivadas de la pandemia, los estudiantes de Ingeniería Civil de la PUCP han incrementado considerablemente su tiempo de conexión a internet en una semana. Este hallazgo puede tener implicaciones tanto en el consumo de energía como en la forma en que se llevan a cabo las actividades académicas en línea.

5.2. Recomendaciones

- Dado que se identificó que la modalidad presencial generó más emisiones de CO₂, se deberían implementar programas de concientización y educación ambiental entre los estudiantes para fomentar prácticas más sostenibles, como apagar los dispositivos cuando no se necesitan, utilizar modos de ahorro de energía y elegir dispositivos energéticamente eficientes.
- Dado que el transporte representa una proporción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero, se podrían promover alternativas de transporte más sostenibles, como el uso compartido de vehículos, el transporte público o incluso el fomento del uso de bicicletas. Además, se podría explorar la posibilidad de implementar políticas que reduzcan la necesidad de desplazamientos diarios hacia la universidad. Es una oportunidad para realizar un análisis de estudio; con el fin de, implementar ciclovías dentro de la PUCP y fomentar el uso de bicicletas para minimizar la huella de carbono.
- Dado que la mayoría de los estudiantes utiliza más de un dispositivo electrónico, se podrían explorar estrategias para optimizar el uso de estos dispositivos. Esto podría incluir el fomento de dispositivos multifuncionales o la implementación de políticas que reduzcan la necesidad de utilizar múltiples dispositivos para realizar tareas académicas.
- Dado que la educación por modalidad virtual demostró ser una opción confiable para reducir la huella de carbono, se podrían implementar proyectos para mejorar y expandir la educación virtual de manera efectiva. Esto podría incluir el desarrollo de una infraestructura digital que permite garantizar una experiencia educativa de calidad.
- Cambiar las fuentes de energía brindada a los alumnos por otras fuentes de energía. Acondicionando las edificaciones de la casa de estudio se podría instalar paneles solares, baterías, inversores y demás accesorios. Considerando que los elementos tienen una vida útil de 20 a 25 años, se recuperaría la inversión de un edificio de 4 pisos, aproximadamente en 9 o

10 años. La PUCP tiene la oportunidad de investigar y aplicar diferentes métodos de energía renovable para ir poco a poco disminuyendo el impacto ambiental, cuentan con grupos especializados.

- Implementar un sistema de monitoreo continuo de las emisiones de GEI asociadas con las actividades de los estudiantes, con el objetivo de conocer el impacto de los proyectos medioambientales implementados y realizar estudios focalizados para seguir aportando con la disminución de la HdC en el campus.



6. REFERENCIAS

- Alfaro V., M. (2010). Tendencias de las emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Chile 4. *TIERRA ADENTRO. INIA Preparando La Agricultura Para El Cambio Climático*, 4-7. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67224/NR41902.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Andina. (2012, March 4). *Vehículos en Lima se mueven a una velocidad promedio de 14 kilómetros por hora*. <https://andina.pe/agencia/noticia-vehiculos-lima-se-mueven-a-una-velocidad-promedio-14-kilometros-hora-402647.aspx>
- Anton, M. A. (2004). Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 37.
- Aranda Usón, A., & Zabalza Bribián, I. (2010). *Ecodiseño Y Análisis de Ciclo de Vida*. Pressas Universitarias de Zaragoza. <https://doi.org/978-84-92774-95-1>
- BANCO MUNDIAL. (2019). *Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)*. https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2019&most_recent_year_desc=false&start=1990
- BDO. (2021). *Vida útil de un activo*. <https://www.bdo.com.pe/es-pe/blogs/blog-bdo-peru/octubre-2021/vida-util-de-un-activo>
- Castro, R. (2020). *¿Cuánto dura teclado con una vida útil de 50M de pulsaciones? ¿Y un ratón?* WIKIVERSUS. <https://www.wikiversus.com/informatica/cuanto-tiempo-equivalen-millones-de-pulsaciones/>

- CIIFEN. (2022). *Efecto Invernadero*. <https://ciifen.org/efecto-invernadero/>
- CLIMA DE CAMBIOS PUCP. (2015). *HAZla por tu playa*.
<https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/campanias/prueba-de-campana/>
- CLIMA DE CAMBIOS PUCP. (2016). *Somos Pacífico Tropical*.
<https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/campanias/somos-pacifico-tropical/>
- CLIMA DE CAMBIOS PUCP. (2023a). *Organismos nacionales e internacionales*.
<https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/recursos-de-informacion/organismos-nacionales-e-internacionales/>
- CLIMA DE CAMBIOS PUCP. (2023b). *Planta un árbol en la PUCP*.
<https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/campanias/planta-un-arbol-en-la-pucp/>
- Comunicación, T., Del Perú, N., Perú, E., & Climático, C. (2016). *El Perú y el Cambio Climático*. 329. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/tercera-comunicacion-nacional-peru-convencion-marco-las-naciones>
- Coronado. (2019). *Cuánto dinero cuesta realmente cargar un smartphone en el Perú*.
<https://www.inmueblescoronado.com/cuanto-dinero-cuesta-realmente-cargar-un-smartphone-en-el-peru/>
- Correo. (2012, March 4). *Velocidad promedio de vehículos en Lima es de 14 kilómetros por hora*. <https://diariocorreo.pe/peru/velocidad-promedio-de-vehiculos-en-lima-es-de-14-kilometros-por-hora-521985/>
- DatosMacro. (2019). *Emisiones de CO2*. <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2?anio=2019>
- DatosMacro. (2020). *Disminuyen las emisiones de CO2 en Perú*. *Expansión*.
<https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru>

De Aguascalientes, I. T. (2010). Conciencia tecnológica. *ConCiencia Tecnológica*, 39, 50–53.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6424723>

De luz, S. (2016). *¿Cada cuánto tiempo los usuarios renuevan su router? Descúbrelo con*

nuestra encuesta. Redes Zonas. <https://www.redeszone.net/2016/09/20/cuanto-tiempos-los-usuarios-renuevan-router-descubrelo-nuestra-encuesta/>

Dirección Académica de Responsabilidad Social. (2016). *Movilidad Sostenible PUCP*.

<https://dars.pucp.edu.pe/noticia/movilidad-sostenible-pucp/>

Dirección Académica de Responsabilidad Social. (2017). *Campus Sostenible*.

<https://dars.pucp.edu.pe/que-hacemos/desarrollo-organizacional/medio-ambiente/>

Dwyer, B. (2017). *Eficiencia energética en la supply chain: economía circular en la practica*

(Primera ed, pp. 1–367). Ecoe Ediciones Ltda.

[https://books.google.com.pe/books?id=ny9bDwAAQBAJ&pg=PA141&dq=emisiones+](https://books.google.com.pe/books?id=ny9bDwAAQBAJ&pg=PA141&dq=emisiones+Upstream&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjR-)
[Upstream&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjR-](https://books.google.com.pe/books?id=ny9bDwAAQBAJ&pg=PA141&dq=emisiones+Upstream&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjR-)

[_Do2oH8AhVXX7kGHQjhDnUQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=emisiones](https://books.google.com.pe/books?id=ny9bDwAAQBAJ&pg=PA141&dq=emisiones+Upstream&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjR-_Do2oH8AhVXX7kGHQjhDnUQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=emisiones)

[Upstream&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=ny9bDwAAQBAJ&pg=PA141&dq=emisiones+Upstream&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjR-_Do2oH8AhVXX7kGHQjhDnUQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=emisiones)

EMPRESARIAL & LABORAL. (2019). *8 Consejos para Alargar la Vida Útil del Celular*.

Redacción Digital. <https://revistaempresarial.com/tecnologia/consejos-para-alargar-la-vida-util-del-celular/>

Espíndola, César; Valderrama, J. (2018). *Huella de Carbono: Cambio, Climático, Gestión*

Sustentable y Eficiencia Energética (E. U. de La Serena (ed.); 1ª Edición).

<https://books.google.com.pe/books?id=8JBxDwAAQBAJ&pg=PA32&lpg=PA32&dq=c>

[ambio+climático.+Los+eventos+clave+fueron+la+Conferencia+Villach+\(Austria\)+en+o](https://books.google.com.pe/books?id=8JBxDwAAQBAJ&pg=PA32&lpg=PA32&dq=c)

[ctubre+1985,+la+de+Toronto+\(Canadá\)+en+febrero+1989,+la+Conferencia+y+Declara](https://books.google.com.pe/books?id=8JBxDwAAQBAJ&pg=PA32&lpg=PA32&dq=c)

[ción+de+La+Haya+\(Holanda\)+en](https://books.google.com.pe/books?id=8JBxDwAAQBAJ&pg=PA32&lpg=PA32&dq=c)

- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Informacion Tecnologica*, 23(1), 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- Estévez, R. (2013). *¿Conoces en qué consiste el GHG Protocol?* <https://www.ecointeligencia.com/2013/05/ghg-protocol/>
- Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N., & 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>
- Fotocopiadoras PYMES. (2019). *¿En cuánto se estima la vida útil de una impresora?* <https://www.fotocopiadoras-pymes.es/blog/estimar-vida-util-impresora/#:~:text=De acuerdo a la experiencia,del interior de los inyectores.>
- Frohmann, A. (2013). Cálculo y etiquetado de la huella de carbono Contenido. *Cepal*, 45. <https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/431471990rad78322.pdf>
- Gligo, N. (2001). *La dimensión ambiental en el desarrollo de América Latina*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/2262-la-dimension-ambiental-desarrollo-america-latina>
- Godiño Vilchez, F. E., Huaihua Rojas, E. D., Villavicencio Vilcapoma, J., & Huaman Izquierdo, D. I. (2021). *Incorporacion de paneles fotovoltaicos al circuito de instalaciones electricas.*
- Gutiérrez Ramos, F. J. (2015). *Apuntes de conceptos básicos para muestreo estadístico: Para estudiantes de programas de doctorados en ciencias administrativas*. Lulu Press. <https://books.google.com.pe/books?id=EPUCCwAAQBAJ&pg=PA96&dq=muestreo.simpl+finite&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwiHx4Xe29T8AhVnHLkGHfRwAukQuwV6BAgCEAc#v=onepage&q=muestreo.simple finito&f=false

Huella de Carbono Perú. (2022). *ESTADÍSTICA DE MEDICIÓN*.
<https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/estadisticas/medicion>

Ihobe S.A. (2009). Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. *Gobierno Vasco*, 1–53.
http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/10/PUB-2009-033-f-C-001_analisis-ACV-y-huella-de-carbonoV2CAST.pdf

Infocarbono. (2016). *INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO*.
Ministerio Del Medio Ambiente. <https://infocarbono.minam.gob.pe/inventarios-nacionales-gei/intro/>

INGERTEC. (2021). *ISO 14064-1: Verificación de la Huella de Carbono*.
<https://ingertec.com/iso-14064-1-verificacion-huella-carbono/>

Innovación y Cualificación, S.L. Target Asesores, S. L. (2017). *Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible* (IC Editorial (ed.); 2º Edición). IC Editorial.
https://books.google.com.pe/books?id=g1IpEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gestion+ambiental&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

IPCC. (2022). *2022 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.
<https://www.ipcc.ch/>

ISO. (2018). *ISO 14067:2018(es) Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para cuantificación*.
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:es>

ISO. (2023). *ISO 14083:2023(en) Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations*.

<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14083:ed-1:v1:en>

Iturbe, M. (2018). *Calcula de forma sencilla el consumo del aire acondicionado.*

CALORYFRIO. <https://blog.caloryfrio.com/consumo-aire-acondicionado-calculo-sencillo/>

LABEN. (2023). *Eficiencia Energética.* <https://www.pucp.edu.pe/eficiencia-energetica/>

Letete, T. C. M., Mungwe, N. W., Guma, M., & Marquard, A. (2011). Carbon footprint of the

University of Cape Town. *Journal of Energy in Southern Africa*, 22(2), 2–12.

<https://doi.org/10.17159/2413-3051/2011/v22i2a3208>

López, F. S. (2020). Emisión de gases de efecto invernadero. In *EDITORIAL ELEARNING S.L.*

(p. 120). [https://books.google.com.pe/books?id=zif-](https://books.google.com.pe/books?id=zif-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gases+de+efecto+invernadero&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=gases+de+efecto+invernadero&f=false)

[DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gases+de+efecto+invernadero&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=zif-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gases+de+efecto+invernadero&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=gases+de+efecto+invernadero&f=false)

[419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=gases de efecto invernadero&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=zif-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gases+de+efecto+invernadero&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=gases+de+efecto+invernadero&f=false)

Loste Montoya, N. (2014). *Experiencia de Cálculo de la Huella de Carbono en Universidad*

San Jorge.

<http://www.conama2014.conama.org/conama2014/download/files/conama2014/CT>

[2014/1896711573.pdf](http://www.conama2014.conama.org/conama2014/download/files/conama2014/CT)

MAPFRE. (2021). *¿Cuánta electricidad consumen los artefactos que tenemos en casa?*

[https://www.mapfre.com.pe/viviendo-en-confianza/hogar/cuanta-electricidad-](https://www.mapfre.com.pe/viviendo-en-confianza/hogar/cuanta-electricidad-consumen-los-artefactos-que-tenemos-en-casa/)

[consumen-los-artefactos-que-tenemos-en-casa/](https://www.mapfre.com.pe/viviendo-en-confianza/hogar/cuanta-electricidad-consumen-los-artefactos-que-tenemos-en-casa/)

Marco, C., Unidas, D. N., Climático, C., & N°, R. L. (2016). *Dirección General de Asuntos*

Ambientales Energéticos Presidente del Congreso Constituyente Democrático Primer

Vicepresidente del Congreso Constituyente Democrático Aprueban la Convención Marco

- de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático Resolución Legisl.* 1–2.
[https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/Resolución
Legislativo 26185_Aprueban Climático.pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/Resolución%20Legislativo%2026185_Aprueban%20Climático.pdf)
- Martínez C. (2008). La educación a distancia: sus características y necesidad en la educación actual. *Educación*, 17(33), 7–27.
- MINAM. (2019). *Contribuciones Nacionalmente Determinadas*.
<https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/ndc/>
- Ministerio de Educación. (2017). *Enfoque Ambiental*. 1–77.
<http://www.perueduca.pe/documents/10179/38ee4afc-f250-4d03-a3d9-a58a8a9fc8d0>
- Ministerio del Ambiente. (2022). *Sistema Nacional de Gestión Ambiental*.
<https://www.minam.gob.pe/gestion-ambiental/>
- Ministerio del Ambiente, M. (2021). *Resolución Ministerial N°185-2021-MINAM: Anexo. Guía para el funcionamiento de la herramienta Huella de Carbono Perú*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *HUELLA DE CARBONO PERÚ*. MINAM.
<https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2022). *Huella de carbono*. <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/#:~:text=La huella de carbono se,conocer las conductas o acciones>
- MINSA. (2021). Principales medidas adoptadas por el gobierno peruano frente a la emergencia provocada por la COVID-19. *Parlamento Andino*, 1–70. <https://www.gob.pe/coronavirus>
- MP, E. (2022). *¿ Tablets con poca vida útil? Extiéndela con estos trucos*. TABLET ZONA.
<https://tabletzona.es/tablets-con-poca-vida-util-extiendela-con-estos-trucos/>

- MUÑOZ CAMACHO, E., CONTRERAS LÓPEZ, A., & MOLERO MENESES, M. (2018). *INGENIERÍA DEL MEDIO AMBIENTE* (UNED (ed.)). Octubre del 2018. https://books.google.com.pe/books?id=1mF6DwAAQBAJ&pg=PT397&dq=metodologias+de+calculo+de+huella+de+carbono&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwjFr96DkvuCAxVngGEGHdRyCrcQ6AF6BAGLEAI#v=onepage&q&f=false
- NACIONES UNIDAS. (2020). *¿Qué es el cambio climático?* <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Nájera, J. I. (2016). *El nuevo mouse Logitech G Pro Gaming dura más de 20 millones de clics.* QORE. <https://www.qore.com/noticias/50816/El-nuevo-mouse-Logitech-G-Pro-Gaming-dura-mas-de-20-millones-de-clics>
- Palmieri, F., & Idrogo, V. (2018). *INFORME PUNTOEDU SOBRE LA HUELLA DE CARBONO PUCP.* <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticia/informe-puntoedu-sobre-la-huella-de-carbono-pucp/>
- Palomino Ochante, C. J. (2019). *Cálculo de la huella de carbonode la facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingenieria. Lima- Perú.* 1–137. http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/19963/1/palomino_oc.pdf
- PCREDCOM. (2021). *Consejos para alargar la vida útil del portátil.* PCREDCOM.COM. <https://pcredcom.com/blog/computo/vida-util-del-portatil/>
- Pinto Velasco, L. M. (2016). *ANALISIS COMPARATIVO DEL PERIODO 2015-2016 SOBRE LA RECUPERACION DE ENERGIA PERDIDA EN KILOWATTSHORAS Y SU IMPACTO EN LOS INGRESOS DE CFE DEL MUNICIPIO DE COLIMA SECTOR USUARIOS.* [https://dspace.itcolima.edu.mx/bitstream/handle/123456789/879/LUIS MANUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.itcolima.edu.mx/bitstream/handle/123456789/879/LUIS%20MANUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Portocarrero, A. (2021). *Energías renovables*.
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/gemrapucp/2021/10/04/energias-renovables-y-futuro/>
- Power-Porto, G. (2009). El calentamiento global y las emisiones de carbono. *Ingeniería Industrial*, 0(027), 101. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2009.n027.626>
- PUCP. (2008). *¿Qué es Clima de Cambios?* <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/sobre-clima-de-cambios/que-es-clima-de-cambios/>
- PUCP. (2016). *Huella de Carbono PUCP*. <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/la-pucp-frente-al-cambio-climatico/medidas-dentro-del-campus/huella-de-carbono-pucp/>
- PUCP, G. (2020). *PROYECTOS*. <https://gruporural.pucp.edu.pe/sobre-el-grupo-pucp/presentacion/>
- Pulgar-vidal, M. (2016). El Acuerdo de París: El largo proceso hacia el éxito. Rol, retos y oportunidades para el Perú. *Ministerio Del Ambiente-MINAM*, 38. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/COP21-Final.pdf>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2022a). *EMITIR*. <https://dle.rae.es/emitir>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2022b). *OZONO*. In *RAE*. <https://dle.rae.es/ozono>
- Rieznik, N., & Hernández, A. (2005). *Análisis del Ciclo de Vida*. 1–14. [https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250504/2013/Analisis del Ciclo de Vida.pdf](https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250504/2013/Analisis%20del%20Ciclo%20de%20Vida.pdf)
- Rosario-Rodríguez, A., González-Rivera, J. A., Cruz-Santos, A., & Rodríguez-Ríos, L. (2020). Demandas Tecnológicas, Académicas y Psicológicas en Estudiantes Universitarios durante la Pandemia por COVID-19. *Revista Caribeña de Psicología*, 4(2), 176–185. <https://doi.org/10.37226/rcp.v4i2.4915>
- Schneider, Heloísa; Samaniego, J. (2010). La Huella de carbono en la Producción, distribución

- y consumo de bienes y servicios. *Comision Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*, 46.
http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf?sequence=1
- SENSORES DE PRESION. (2021). *Vida útil de un repetidor wifi*.
<https://www.sensoresdepresion.top/2021/03/vida-util-de-un-repetidor-wifi.html>
- SOLOSEGURIDAD. (2018). *¿Cuanto es la vida útil de una cámara?*
<https://www.soloseguridad.net/preguntas/cuanto-es-la-vida-util-de-una-camara>
- TORRES CABARCAS, B. (2015). *HERRAMIENTA WEB PARA LA MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA*. 1–98.
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2931/Proyecto>
- United Nations. (2020). Policy Brief: Education during COVID-19 and beyond. [Resumen de políticas: Educación durante COVID-19 y más allá]. *Policy Bried: Education during COVID-19 And*, 26, e12.
- Utaraskul, T. (2015). Carbon Footprint of Environmental Science Students in Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197(February), 1156–1160. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.371>
- Valderrama, J. O. (2018). *HUELLA DE CARBONO: CAMBIO CLIMÁTICO GESTIÓN SUSTENTABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA (UNIVERSIDAD EDITORIAL DE LA SERENA (ed.); PRIMERA ED)*.
https://books.google.com.pe/books?id=8JBxDwAAQBAJ&pg=PA48&dq=unidad+de+medida+de+la+huella+de+carbono&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwj2ciB1--CAxUKJrkGHXHxCaMQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=unidad

- Valderrama, J. O., Espíndola, C., & 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>
- Valdés, J., Alonso, M., Calso, N., & Novo, M. (2015). *Guía para la aplicación de UNE-EN ISO 14001 : 2015*. 397. <https://www.marcialpons.es/media/pdf/9788481439144.pdf>
- Varón-Hoyos, M., Osorio-Tejada, J., & Morales-Pinzón, T. (2021). Carbon footprint of a university campus from Colombia. *Carbon Management*, 12(1), 93–107. <https://doi.org/10.1080/17583004.2021.1876531>
- Wazeem, A., & Mohan, D. S. (2023). *Life cycle assessment of a camera system: A case study at Veoneer*.
- Yolanda, V. (2016). *4 consejos para prolongar la vida de tu laptop*. BBC Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/05/160502_tecnologia_consejos_prolongar_vida_laptop_yv

ANEXO

Anexo A: Tabla de información de estudios relacionados.

Institución	Población	Descripción	Resultado
Universidad Suan Sunandha Rajabhat	35 alumnos	<p>Límites operacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de aparatos tecnológicos. - Viajes y transporte. - Consumo de alimentos. <p>Resultados:</p> <p>La principal actividad de los estudiantes que genera mayor GEI fue el uso de aparatos eléctricos con un 48.6% del total.</p>	2.16
Universidad San Jorge	1467 - 2275 alumnos	<p>Límites operacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A1: Consumo de gas natural / Consumo de gasoil en grupo electrógeno/ Emisiones fugitivas de HFC - A2: Consumo eléctrico. - A3: Transporte /Consumo de papel y de agua. <p>Resultados:</p> <p>La mayor parte de las emisiones obtenidas fueron de aprox. 73%, generadas principalmente por el transporte.</p>	1.115
PUCP	33000 miembros de la comunidad universitaria	<p>Límites operacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A1: Combustión de vehículos propiedad PUCP/ Combustión de cocinas de comedores PUCP - A2: Consumo eléctrico. - A3: Transporte público y privado/ transporte aéreo/ Alimentos consumidos en comedores/ Agua de la red pública. <p>Resultados:</p> <p>El uso de vehículos particulares y del transporte público son las actividades que representan un 71.6% del total y el alcance 3 representa un impacto del 91.33%.</p>	0.942
Universidad del Cabo	2077 alumnos y trabajadores	<p>Límites operacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emisiones de energía del campus. - Emisiones de transporte. - Emisiones por consumo y eliminación de materiales. <p>Resultados:</p> <p>Alrededor del 80,5% de las emisiones de carbono de la universidad fue resultante del uso de electricidad.</p>	0.7

Institución	Población	Descripción	Resultado
Universidad Nacional de Ingeniería	1125 alumnos	<p>Límites operacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A1: Emisiones por fuentes móviles propias/ Consumo de Gas Combustible/ Emisiones fugitivas de HFC. - A2: Consumo eléctrico. - A3: Transporte/ Materiales adquiridos y usados/ Consumo de agua/ Residuos sólidos. <p>Resultados:</p> <p>El impacto significativo es por Transporte con un 49.80%, donde el 88% de las emisiones se dan por el alcance 3.</p>	0.49
Universidad Tecnológica de Pereira	1287 alumnos, 210 docentes y 70 funcionarios	<p>Límites operacionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A1: Combustible fósil para equipos móviles y estacionarios/ Emisiones fugitivas de HFC/ Tratamiento de aguas residuales. - A2: Consumo eléctrico. - A3: Manejo de residuos sólidos/ Transporte/ Consumo de papel y de agua/ Aguas residuales no tratadas/ Construcción de infraestructura. <p>Resultados:</p> <p>Alrededor del 97% de las emisiones son causadas indirectamente por actividades no asociado al consumo de electricidad.</p>	0.4