



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Estimación de la Huella de Carbono y Alternativas para su  
Reducción en el Ministerio de Energía y Minas, Lima, 2018 - 2020**

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

**AUTORA:**

Llempén Paredes, Geraldine Xiomara (ORCID: 0000-0002-2747-6645)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático.

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Dedico estas líneas, a la persona que más me apoyó en el proceso, mi madre, por ser el pilar más importante de mi formación profesional, por haber sido mi apoyo durante toda mi carrera universitaria y en cada etapa de mi vida, pues sin ella no lo habría logrado; a mis hermanas que son mi vida y mayor mi motivación para seguir adelante con mis proyectos; no puedo dejar de lado a mi familia que significó un punto de apoyo y retorno cada vez que flaqueaba en mi determinación. Sin ellos esta tesis no existiría.

## **Agradecimiento**

En principio, quiero señalar que el milagro de vivir se lo debo a Dios. A él le agradezco por darme la vida y permitirme poder cumplir con mis metas trazadas. Asimismo, a mi asesor, el Dr. Yimi Tom Lozano Sulca, por haberme guiado durante la elaboración de toda la tesis y ser parte fundamental de otra meta alcanzada.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos .....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos .....	19
IV. RESULTADOS.....	21
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES .....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
ANEXOS .....	52

## Índice de tablas

Tabla 1. Gases de efecto invernadero según la fuente de emisión.

Tabla 2. Alcances de estudio y fuentes de emisión del MINEM

Tabla 3. Datos anuales de consumo de combustible en fuentes móviles del MINEM – 2018.

Tabla 4. Valor calórico neto por tipo de combustible para fuentes móviles.

Tabla 5. Obtención del nivel de actividad final de la gasolina 95.

Tabla 6. Factores de emisión por tipo de combustible en fuentes móviles.

Tabla 7. Emisiones netas de GEI generados por la quema de gasolina 95.

Tabla 8. Potencial de Calentamiento Global para GEIs.

Tabla 9. Emisiones totales de GEI expresado en tCO<sub>2</sub>eq.

Tabla 10. Equipos de aire acondicionado en el MINEM al año 2018.

Tabla 11. Porcentaje de fuga de refrigerante por tipo de uso.

Tabla 12. Datos para la obtención de emisiones de GEI por uso de equipos de aire acondicionado.

Tabla 13. Emisión de tCO<sub>2</sub>eq por fuga de gas refrigerante en equipos de aire acondicionado.

Tabla 14. Consumos mensuales de energía eléctrica – MINEM 2018.

Tabla 15. Factores de emisión por consumo de energía eléctrica.

Tabla 16. Emisiones de GEI en toneladas por uso de energía eléctrica.

Tabla 17. tCO<sub>2</sub>eq por uso de energía eléctrica.

Tabla 18. Consumos mensuales de papel - MINEM 2018.

Tabla 19. Factor de emisión por consumo de papel.

Tabla 20. Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por consumo de papel.

Tabla 21. Consumos mensuales de agua potable – MINEM 2018.

Tabla 22. Factor de emisión por consumo de agua potable de la red pública.

Tabla 23. tCO<sub>2</sub>eq por consumo de agua.

Tabla 24. Generación mensual de residuos sólidos – MINEM 2018.

Tabla 25. Emisiones de CH<sub>4</sub> en toneladas por generación de RR SS.

Tabla 26. Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por generación de RR SS.

Tabla 27. Resultados de la Huella de carbono del MINEM en el año 2018.

Tabla 28. Hallazgos y balances con respecto a la huella de carbono del MINEM en el año 2020.

Tabla 29. Emisiones de GEI – MINEM - 2018 – 2020.

## **Índice de gráficos**

Gráfico 1. Distribución porcentual de emisiones netas por sectores en el Inventario Nacional de GEI 2016.

Gráfico 2. Metodología de implantación de la Norma ISO 14064-1:2006.

Gráfico 3. Criterios de decisión para el uso de factores de emisión y/o conversión.

Gráfico 4. Emisiones por tipo de alcances – MINEM 2018.

Gráfico 5. Participación porcentual de las fuentes de emisión – MINEM 2018.

Gráfico 6. Emisiones por tipo de alcance – MINEM 2020.

Gráfico 7. Participación porcentual de las fuentes de emisión – MINEM 2020.

Gráfico 8. Emisiones de GEI – MINEM – 2018 – 2020.

## RESUMEN

Este estudio se concentró en estimar la Huella de Carbono y proponer alternativas para su disminución en el MINEM durante los años 2018 y 2020, a través del cálculo de sus emisiones directas originadas del uso de combustibles (Alcance 1), emisiones indirectas precedente del consumo de electricidad (Alcance 2) y otras emisiones indirectas provenientes del uso de agua, papel y generación de RR SS (Alcance 3). Para ello, se empleó la metodología propuesta por la Norma ISO 14064-1, el cual contempla la estructura y requisitos para lograr así una medición parametrada de la huella de carbono corporativa.

Asimismo, para realizar la medición y operativización de los nocivos GEIs, se emplearon los factores de emisión definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y factores de conversión propios del país. Los resultados adquiridos evidenciaron que las emisiones de GEI del Ministerio de Energía y Minas durante el año 2018, fue de 18,663.73 tCO<sub>2</sub>eq, siendo el Alcance 1 el más representativo, con una participación del 98.67% respecto de los otros alcances (Alcance 2 y 3). De igual manera, los resultados muestran que, en el año 2020, el Ministerio de Energía y Minas a emitido al ambiente 39,077.68 tCO<sub>2</sub>eq, siendo nuevamente el Alcance 1 el más representativo, con una participación del 99.46%, respecto de los otros dos alcances. Concluyendo, se propusieron alternativas de reducción de emisiones, entre ellas, promover el uso de biocombustibles, dado que el principal emisor de GEI está dado por el consumo de combustibles fósiles (Alcance 1) ya que de esta manera podrá reducir su HdC y hacer frente al cambio climático.

**Palabras clave:** huella de carbono, gases de efecto invernadero, IPCC.

## ABSTRACT

This study focused on estimating the Carbon Footprint and proposing alternatives for its reduction in the MINEM during the years 2018 and 2020, through the calculation of its direct emissions originating from the use of fuels (Scope 1), indirect emissions preceding the consumption of electricity (Scope 2) and other indirect emissions from the use of water, paper and generation of RR SS (Scope 3). For this, the methodology proposed by the ISO 14064-1 Standard was used, which contemplates the structure and requirements to achieve a parameterized measurement of the corporate carbon footprint.

Likewise, to measure and operationalize the harmful GHGs, the emission factors defined by the Intergovernmental Group of Experts on Climate Change (IPCC) and the country's own conversion factors were used. The results obtained showed that the GHG emissions of the Ministry of Energy and Mines during 2018 was 18,663.73 tCO<sub>2</sub>eq, Scope 1 being the most representative, with a participation of 98.67% compared to the other scopes (Scope 2 and 3) . In the same way, the results show that, in 2020, the Ministry of Energy and Mines emitted 39,077.68 tCO<sub>2</sub>eq into the environment, being Scope 1 the most representative, with a participation of 99.46%, with respect to the other two scopes. In conclusion, emission reduction alternatives were proposed, including promoting the use of biofuels, since the main GHG emitter is given by the consumption of fossil fuels (Scope 1) since in this way it will be able to reduce its HdC and face to climate change.

Key words: carbon footprint, greenhouse gases, IPCC.

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático acelerado por la generación cada vez más constante de gases de efecto invernadero (GEI), se va incrementando paulatinamente y sin control originados en principio por el accionar humano desde la era industrial. Es sabido y reportado por una serie de investigaciones precedentes que de no encontrar medidas que restituyan el equilibrio ecológico y que generen restauración y adecuación al cambio climático para el año 2025, las pérdidas económicas, sociales y del medio ambiente estarían por encima del 20% del PBI global, esto si se considera aumentos de temperatura alrededor de los 5 grados centígrados (García, Gutiérrez, Morales, Piscoya y Rueda, p. 21, 2014).

Hoy en día, la protección y conservación del ambiente es uno de los temas más preocupantes y el mayor desafío ambiental para la sociedad actual que busca el desarrollo sostenible. Por esta razón alrededor del globo se han concertado una suma de políticas para reducir los efectos de este flagelo, quizás el mayor de todos estos sea el protocolo de Kioto, que genera un estándar, limitaciones e incentivos que retroalimenten la conservación del medio ambiente y equilibrio ecológicos frágiles, limita el nivel descontrolado de GEIs expulsados al ambiente, entre otras políticas ambientales. En muchos países se está implementando el manejo de buenas prácticas y sumado a ello la importancia de concientizar a sus habitantes sobre las repercusiones que generan las actividades diarias al entorno, es decir, al ecosistema global, razón por la cual se fomenta la identificación y medida de la huella de carbono, con el fin de promover mejores hábitos y generar un impacto en el retroceso y disminución de la polución en el ambiente.

Una de las más últimas herramientas que se nos ofrece en estos tiempos es la huella de carbono, pues nos permite operativizar y cuantificar los GEI que son ocasionados ya sea directa o indirectamente, en unidades de CO2 equivalente, por un individuo o institución. Es un contabilizador ambiental de suma importancia para la correcta direccionalidad técnica tomada en toda administración puesto que allana el camino para esclarecer el verdadero impacto sobre los ecosistemas, del mismo modo, logramos gracias a él, generar a favor de sus usuarios, la imagen de

preocupación o responsabilidad ambiental. También la ciudadanía se beneficia a través de la educación ambiental con respecto de la herramienta.

Existen diversas metodologías para medir la HdC de cada organización, entre ellas se encuentra la ISO 14064-1. Esta última herramienta particular nos especifica los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios con respecto a los GEI para las instituciones. Están contenidos además los criterios que califican como inadmisibles la emisión de GEI, pormenorizar numéricamente las emisiones y capturas para reparar la liberación de GEI de cada institución y mapear las actividades que más producen estos gases, con el único objetivo de elevar el estándar de la administración y gestionar una menor emisión de GEIs a la atmósfera (ISO 14064-1:2006, p.10).

A través de esta modesta investigación universitaria, se busca medir la HdC del MINEM de los años 2018 y 2020, empleando la metodología propuesta por la Norma ISO 14064-1 y basándose también en las teorías de organizaciones tales como el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC siglas en inglés), el Protocolo de Kyoto y el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), con la finalidad de plantear propuestas de mitigación, disminución y neutralización de emisiones de CO<sub>2</sub>eq provenientes de la institución en mención.

Por todo lo anteriormente expuesto es importante realizar la siguiente interrogante: ¿Cuál será la estimación de la huella de carbono y alternativas para su reducción en el Ministerio de Energía y Minas del año 2018 y 2020? Y como problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son los datos de actividad del MINEM correspondiente a los años 2018 y 2020?

PE2: ¿Cuáles son las fuentes de emisión directas e indirectas del Ministerio de Energía y Minas del año 2018 y 2020?

PE3: ¿Qué metodología será apropiada para realizar la estimación de la huella de carbono del MINEM del año 2018 y 2020?

PE4: ¿Cuál será el total de toneladas de CO<sub>2</sub>eq al año que genera el MINEM en los años 2018 y 2020?

PE4: ¿Qué propuestas de acción permitirán mitigar las emisiones de CO2 en el Ministerio de Energía y Minas?

Parcialmente, como objetivo general se propuso: Estimar la huella de carbono y proponer alternativas para su reducción en el Ministerio de Energía y Minas correspondiente a los años 2018 y 2020. Y como objetivos específicos:

OE1: Determinar los datos de actividad del MINEM correspondiente a los años 2018 y 2020.

OE2: Identificar las fuentes de emisión directas e indirectas del Ministerio de Energía y Minas del año 2018 y 2020

OE3: Aplicar la metodología propuesta por la Norma ISO 14064-1 para realizar el cálculo de la huella de carbono del Ministerio de Energía y Minas del año 2018 y 2020.

OE4: Determinar la cantidad total de toneladas de CO2eq anual que genera el MINEM en el año 2018 y 2020.

OE5: Proponer una solución óptima de carbono neutralidad en el MINEM.

## II. MARCO TEÓRICO

La presente investigación tuvo como referentes a los estudios tales como la que propuso Zerón & Arias (2019) que tuvo como principal objetivo dar a conocer un balance de las emisiones de GEI como efecto del uso de diversas fuentes de energía. Los investigadores se propusieron estimar la HdC de la Universidad Peruana Unión, sede Lima en el periodo 2019 (un solo año), mediante la ISO 14064-1. El estudio arrojó que 1,240.14 tCO<sub>2</sub>eq, el cual, en el alcance 1 implican un total el 13.4. % de las emisiones, por otro lado, y de acuerdo al alcance 2, un 0.8% está contenido bajo este parámetro. Para finalizar, pero más relevante, el 85.8% se originan dentro del alcance 3. Así, cuantitativamente, las cantidades de GEI más significativas de la huella de carbono corresponden a este último parámetro.

Por otro lado, Garay (2021) en su investigación estableció como objetivo presentar alternativas para disminuir la HdC en las diversas etapas del proceso de producción cafetalero. Particularmente de acuerdo a Garay, las herramientas de educación y gestión ambiental coadyuvan en las metas de posicionamiento de la producción cafetalera del país ecuatoriano, hablando en términos de sostenibilidad. Dicho estudio se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos por la Norma ISO 14064-1:2018 mediante la cual se obtuvo un neto calculado de 21,663 tCO<sub>2</sub>eq emitidas por la empresa productora de café durante el año 2019. Por último, para alcanzar la meta de la mitigación de la huella de carbono, se establecieron alternativas como un plan estratégico cuyo objetivo era la reducción, aquí se estableció como la salida más adecuada, la adquisición de bonos de carbono, por otro lado, una recomendación simultánea implicaba el uso de fertilizantes de origen natural, la paulatina adecuación a un sistema de energía fotovoltaico y un digestor anaerobio que permita la captación de metano, además de cultivos de cobertura.

Otra investigación fue la de Galarza (2016) como meta se propuso calcular la huella de carbono que produce una fábrica de concreto pre-mezclado. Este producto se realiza bajo los parámetros de la ISO 14064-1, particularmente en el alcance 1 y 2. La Norma ISO 14064-1 fue la que pautó el desarrollo de la investigación, arrojando como resultado un total de 6832.45 tCO<sub>2</sub>e emitidos durante el año 2013,

concluyendo que, con respecto al primer y segundo alcance, tenemos que la actividad propia de la fabricación y del suministro están establecidos dentro del alcance 1, y, el consumo de electricidad en el alcance 2. Finalmente, el autor expuso que la mejor propuesta implicaría una que proyecta hasta un 42.69% estimadamente en la atenuación de las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen por esta labor, es decir: poner en funcionamiento un banco de condensadores.

Por otra parte, Saavedra (2017) en su investigación planteó como objetivo estimar los resultados producidos tras la emisión de GEI. La razón social a cargo de estas emisiones era EDEGEL S.A.A, los parámetros fueron establecidos por la norma ISO 14064-1, con el objetivo de generar un sistema que administre las emisiones, y que además respete las pautas de la norma señalada. El hallazgo fue que, en 2014, la empresa generó 1`810,579.57 tCO<sub>2</sub>-eq. Se identificó que la central termoeléctrica de Ventanilla, cuya participación del 70.77%, la hacía responsable de la mayor parte de la contaminación producida por la empresa, estos resultados debido a la quema de combustible fósil. A partir de los hallazgos se planteó la posibilidad de el desarrollo de proyectos que tengan como objetivos la baja de emisiones, entrando a tallar estratégicamente, las fuentes que determinó el estudio.

Otro estudio que corresponde a Mangia (2017), tenía el objetivo de medir la HdC de RANSA, una empresa dedicada a la prestación de servicios logísticos. El corolario era de una practicidad puntual: generar prácticas de desarrollo empresarial más eco amigable. Así se empleó, teniendo los objetivos anteriormente descritos por la ISO 14064-1:2006. El alcance 1 tiene como característica primordial la identificación de fuentes móviles y también fijas en tanto a las actividades que generan más consumo de CO<sub>2</sub> producto de la quema y uso de combustibles fósiles. Los parámetros del alcance 2, por otro lado, tienen como objetivo calcular la cantidad de tCO<sub>2</sub>eq que se consumen con la energía renovable más accesible: la eléctrica. Como hallazgos reportan que RANSA ha emitido al ambiente por uso de diesel (Alcance 1) 241 tCO<sub>2</sub>eq, por consumo de gasolina (alcance 1) 11 tCO<sub>2</sub>eq y finalmente por consumo de electricidad (alcance 2) 242 tCO<sub>2</sub>eq en el año 2016, concluyendo que la empresa RANSA, al ser examinada energéticamente, tenía diversas actividades que consumían energía y que era necesaria mejorar la cultura

organizacional de los colaboradores para generar el conocimiento de la educación y cultura medioambiental y la eficiencia en el manejo de energía.

Atribuido a términos de huella de carbono, se encuentra la investigación de Ferrer (2021) quien como fines primordiales tuvo contribuir al desempeño sustentable de la Universidad Técnica de Machala de Ecuador. Se midió y evaluó la huella de carbono entre los años 2018, 2019 y 2020. La metodología empleada por el autor fue la establecida por la Norma ISO 14064-1:2006 y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Los resultados obtenidos demuestran que en el año 2018 la institución emitió 16,806 tCO<sub>2</sub>/año, en el año 2019 emitió 15,400 tCO<sub>2</sub>/año y, por último, en el año 2020 emitió 15,203 tCO<sub>2</sub>/año respectivamente. Concluyéndose que el alcance 3 es el de mayor aporte con un total de 94% del total. Ante ello el autor planteó estrategias de mitigación y compensación, tales como: crear un departamento de sostenibilidad, asimismo, crear un programa de reciclaje, promover el reciclaje ciudadano a través de compensaciones, implementación de buenas prácticas operacionales y de mantenimiento de equipos de cómputo y laboratorio, entre otras alternativas.

También es importante conocer las teorías relacionadas al tema, tales como:

### **Huella de carbono (HdC)**

Dados los resultados tangibles del cambio climático en el mundo, se están adoptando formas sistemáticas para mitigar y controlar las emisiones ofreciendo diversas herramientas como gestión en la sustentabilidad y la medida de los estimados de la HdC.

Para Espíndola & Valderrama (2012, p. 164) la huella de carbono es definida como la herramienta más importante para la cuantificación numérica del impacto de toda actividad humana, ya sea esta por elaboración de productos o consumo. Como se sabe el pasivo ambiental genera impactos en el medio ambiente y hoy gracias a esta herramienta, por fin es medible.

Es necesario señalar que, a partir de calcular y medir el impacto a través de la huella de carbono, podemos pasar a otros pasos posteriores de mitigación de los efectos de la actividad humana en el medio ambiente, y así frenar el cambio climático. Para cerrar la sección, se sabe que la HdC es revelado en tCO<sub>2</sub>eq como

numéricamente representativa de los GEI, su determinación nos ayuda a demarcar las metas claras y las acciones a tomar para enfrentar la emisión de GEIs y darle paso a una producción más eficiente energéticamente.

### **Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

Los GEI están presentes en la atmósfera y tienen forma gaseosa. Ya sean estos naturales o antropogénicos. Se encuentran en la atmosfera como vapor del agua, dióxido de carbono, gas metano y óxido nitroso que pueden atrapar la radiación infrarroja, quedándose entonces con el calor de la atmósfera. El llamado *greenhouse effect* o efecto invernadero “implica que las emisiones de esos gases debido a la actividad humana causen un calentamiento global” (IPCC, 2019, p.3)

Siguiendo la línea de uno de los más trascendentes acuerdos climáticos, es decir, el Protocolo de Kioto, los GEIs son:

*Tabla 1. Gases de efecto invernadero según la fuente de emisión.*

<b>Nombre</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Fuentes de emisión</b>
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	Combustibles fósiles (CF), deforestación, cemento
Metano	CH <sub>4</sub>	Rellenos sanitarios, CF
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	CF, fertilizantes, fibras sintéticas,
Hidrofluorocarbonos	HFC	Gases refrigerantes, fundición de aluminio, producción de semiconductores
Perfluorocarbonos	PFC	Producción de aluminio, producción de semiconductores
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	Transmisión y distribución de electricidad, disyuntores, producción de magnesio

Fuente: CEPAL 2013

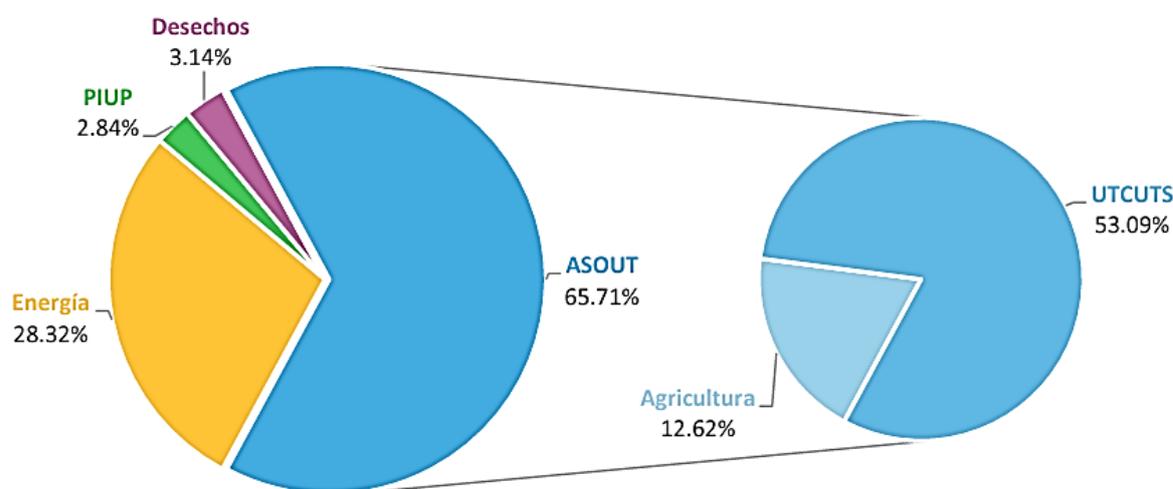
### **Fuente de gases de efecto invernadero**

Se trata de la actividad o desarrollo de actividades que producen GEI y son liberados a la atmosfera (ISO 14064-1:2006, p.10)

## Emisiones de gases de efecto invernadero

En el Perú, las emisiones de GEI al año 2016 fueron 205,294.17 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La fuente más importante de emisiones de GEI a nivel nacional es la categoría de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (llamado por sus siglas ASOUT) con 134,901.58 GgCO<sub>2</sub>eq que simboliza el 65.71% de las emisiones netas. En segundo lugar, la mayor actividad que desgasta el medio ambiente en términos de sus emisiones de GEI, es el sector de Energía con 58,138.54 GgCO<sub>2</sub>eq, que simboliza el 28.32% del total de emisiones nacionales. El tercer y cuarto sector son los sectores de Desechos con 6,437.67 GgCO<sub>2</sub>eq (3.14%) y Procesos Industriales y Uso de Productos con 5,822.37 GgCO<sub>2</sub>eq (2.84%), respectivamente (INGEI 2016 p.17).

*Grafico 1. Distribución porcentual de emisiones netas por sectores en el Inventario Nacional de GEI 2016*



Fuente: INGEI 2016

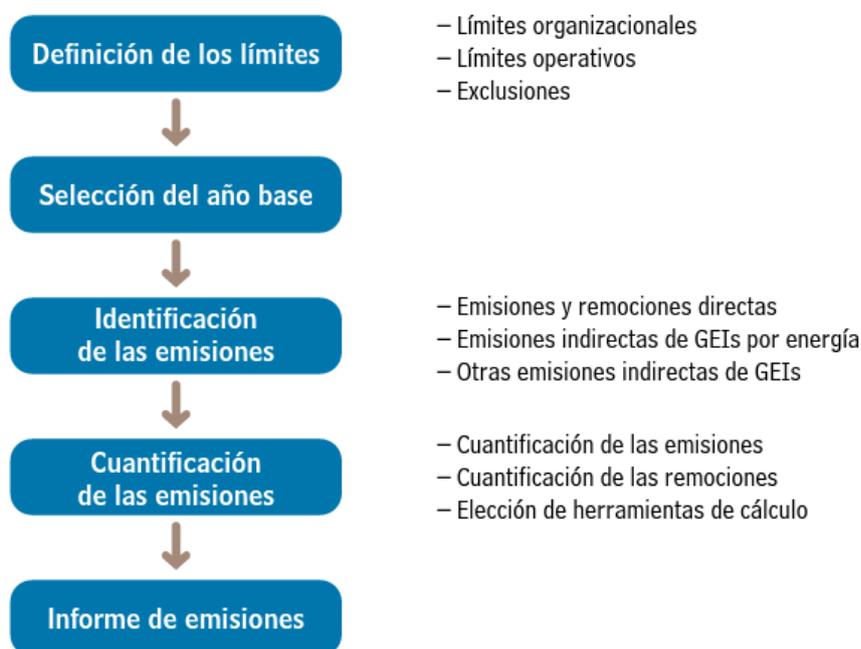
De la figura se aprecia que el Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura son responsables hasta un 53% de la representación en el diagrama de emisión de gases GEI. Esto implica que un total de 108,991.29 Gg de CO<sub>2</sub> son liberados por esta actividad. La agricultura, por otro lado, genera el 12.62% de emisiones, con 25,910.29 GgCO<sub>2</sub>eq.

## ISO 14064-1

Con respecto a la cuantificación en los reportes de emisiones, la norma ISO 14064-1 es clara en lo que concierne a los parámetros y principios para medir cuantitativamente las emisiones y remociones de GEIs. Además, pauta los requisitos para el diseño, funcionamiento y administración de estos gases; da cuenta además de los niveles para diseñar el funcionamiento, gestión e inventario del GEI de cada empresa o institución.

A continuación, se muestra las pautas para su manejo en organizaciones:

*Grafico 2. Metodología de implantación de la Norma ISO 14064-1:2006*



FUENTE: Guía metodológica UNE ISO 14064-1:2006

Para conocer cuantitativamente y estudiar HdC en instituciones, la Norma ISO 14064-1 pauta tres alcances

- **Alcance 1:** Son emisiones o remociones directas de GEIs derivadas de fuentes que le competen o son operadas por la organización.

- **Alcance 2:** Son emisiones indirectas de GEIs producidas por el uso de energía eléctrica y aquellas que requieren energía calorífica, ya sea calor o refrigeración que son empleados dentro de cada organización pero que se emplean fuera de ellas. Las emisiones de estos gases se realizan específicamente en la planta donde se produce la atención o servicios.
- **Alcance 3:** Son otras emisiones indirectas de GEIs diferentes de la emisión por consumo eléctrico, que se dan dentro de las actividades que requiere realizar la institución, pero son ejecutadas y controladas por instituciones externas.

Cabe señalar que para el presente estudio se ha considerado los tres alcances estipulados para medir la HdC del Ministerio de Energía y Minas de los años 2018 y 2020, dado que se cuenta con la data necesaria para realizar el cálculo motivo de esta investigación.

### **Factor de Emisión de GEI**

Un factor de emisión es un valor representativo que vincula las cifras numéricas de una actividad dada, con la cantidad del contaminante emitido a la atmósfera. Estos factores están basados en medidas establecidas por el IPCC. (Directrices del IPCC 2006, p. A3.14)

### **Datos de Actividad**

Son medidas cuantitativas derivadas de una actividad que producen la emisión o remoción de GEIs. Ejemplos clásicos con respecto a las actividades que más emiten estos gases son, el número cuantificable de factores energéticos, combustibles o eléctricos ya sean consumidos, o bienes en producción, servicios prestado o espacios de tierra en la que se impacta. (ISO 14064-1:2006, p.12)

### **Dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq)**

El resultado de las expulsiones de GEI son expresadas (CO<sub>2</sub>eq), esta unidad es empleada para relacionar la fuerza de radiación de un GEI con el CO<sub>2</sub> y se realiza calculando la masa de un GEI determinado multiplicado por su Potencial de Calentamiento Global (PCA o GWP por sus siglas en inglés) el cual está dispuesto por las directrices del IPCC. (ISO 14064:2006, p.12)

## **Neutralidad de carbono**

De acuerdo con (Cancán y Córdova, 2019, p. 28) mencionan que para que una organización logre la carbono neutralidad, debe reducir su impacto en el ambiente, para ello lo primero que debe realizar es el cálculo de lo emitido a través de la herramienta huella de carbono, para después identificar las zonas o partes específicas de sus actividades donde se puede orientar la reducción de la emisión de GEIs.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La presente es de tipo aplicada ya que la característica primordial de este corte de trabajos es el conocimiento de marcos lógicos, saberes metódicamente organizados para poder aplicarlos o ejecutarlos en el campo. El fin de las investigaciones aplicativas es primordialmente obtener soluciones prácticas (Supo & Caverro, 2014, p. 40). Asimismo, este estudio está guiado a estimar la huella de carbono del MINEM por medio de los métodos y parámetros dados por la Norma ISO 14064-1 y brindar una serie de alternativas para su reducción e impacto sobre el ambiente.

Es de carácter no experimental - transversal en base a los objetivos, dado que no se establecieron controles experimentales y además está enfocado a observar y analizar la relación entre variables en un momento determinado sin alterarlos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 147).

Para finalizar, el nivel de investigación se enmarca dentro de las características de un modelo descriptivo debido a que se basó en caracterizar las variables de estudio, motivo de esta investigación. Además, es longitudinal debido a que se procedió a evaluar la información propia del Ministerio de Energía y Minas en 2 momentos: 2018 y 2020.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Debido a la forma del estudio, lo más adecuado a criterio es establecer las siguientes variables de investigación, las que se detallan en la matriz de operacionalización. (Ver anexo 1).

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

##### **Población**

Tanto para el cálculo de la HdC del MINEM de los años 2018 y 2020 se ha considerado como población al promedio de trabajadores al año, pertenecientes a las modalidades de CAP, CAS, destacados, autónomos, práctica, limpieza y

seguridad, de todas las áreas de trabajo que involucra el MINEM los cuales se han tomado en cuenta en su totalidad ya que se trabajará con datos exactos generados por los mismos para llevar en adelante esta investigación.

### **Muestra**

Esta investigación tendrá como muestra los registros de consumo de combustibles, refrigerantes usados para equipos de aire acondicionado, consumo de electricidad, agua potable, papel y generación de RR SS , considerados desde enero a diciembre del año 2018 y 2020 respectivamente.

### **Muestreo**

Para el presente estudio se estableció el muestreo no probabilístico intencional, en el cual el investigador ha decidido establecer y elegir los elementos que componen la muestra. En este caso, el criterio establecido es que se dispone de la data suficiente y necesaria para llevar a cabo el cálculo de la HdC del Ministerio de energía y Minas de los años 2018 y 2020.

## **3.4. Instrumentos y técnicas de recolección de datos**

### **Técnicas de recolección de datos**

#### **Análisis documental:**

- Análisis de los datos de consumo del MINEM correspondiente a los años 2018 y 2020.
- Reconocimiento de la metodología de medición de la HdC según la Norma ISO 14064-1
- Consulta de factores de emisión establecidas por el IPCC por tipo de combustible.
- Establecer el factor de emisión de GEIs por uso de electricidad por medio del cálculo del mix eléctrico de Perú.
- Revisión del Potencial de Calentamiento Global (PCG) para cada contaminante, establecido por el IPCC.

## **Instrumentos de recolección de datos**

### **Ficha de registro:**

- Elaboración de una hoja de cálculo de Excel automatizada para la medición de la HdC del MINEM correspondiente a los años de estudio 2018 y 2020.

## **3.5. Procedimientos**

### **Selección del año base**

Los datos y registros a usar para medir lo emitido de GEI corresponden al año 2018 tomado como año base, y a su vez el año 2020, ya que los inventarios mensuales son de acceso público como también de los variados productos y servicios empleados por el MINEM.

### **Definición de los límites**

La Norma ISO 14064-1 define los límites del inventario de emisiones en dos sentidos:

- **Límites organizacionales**

Con respecto a nivel de organización, se consolidaron las emisiones de los GEI a través del enfoque de control del Ministerio de Energía y Minas.

**Enfoque de control:** Se consideran el total de las emisiones y/remociones de GEIs del MINEM.

- **Límites operacionales**

Se identificaron las emisiones de GEIs del MINEM correspondiente al año 2018 y 2020, según lo parametrado en la Norma ISO 14064-1, las cuales se dividen en emisiones directas (alcance 1), por uso de fuentes indirectas de energía (alcance 2) emisiones indirectas que no entran en las anteriores categorías, no energéticas (alcance 3).

## **Identificación de las fuentes de emisión de GEI del MINEM**

Para dar con las fuentes de emisión de GEIs, se realizó la revisión de la página web institucional del MINEM donde se encuentran los reportes de implementación de medidas de ecoeficiencia anuales, en los que se detalla los registros mensuales de consumo de productos y servicios necesarios para la realización de esta investigación.

En el análisis de este reporte se identificaron aquellas emisiones que se originan por uso de fuentes móviles, o transportes bajo el control del MINEM. Estos vehículos producen liberación de GEIs producto de la combustión de sus motores de gasohol, Diesel 2 (Diesel B5) y GLP, así como aquellas emisiones producidas por el uso de refrigerantes empleados para el uso de termorreguladores ambientales como el aire acondicionado.

Del mismo modo, se considera que las emisiones indirectas originadas por el uso de electricidad de la Red de Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (o por sus siglas SEIN) que abastece al Ministerio de Energía y Minas; igualmente se consideró otras emisiones indirectas derivadas del uso de papel, agua y la creación de residuos sólidos.

A partir del reconocimiento de las fuentes de emisión se continuó a caracterizarlas por alcance respecto a lo señalado por la Norma ISO 14064-1.

### **Recopilación de información**

La información obtenida mediante la página web del MINEM es específica de la institución, dado que ha sido publicada por el mismo y es de libre acceso al ciudadano.

A continuación, se detallan los alcances de estudio respecto de sus fuentes de emisión:

*Tabla 2. Alcances de estudio y fuentes de emisión del MINEM*

<b>Alcance 1</b>	<b>Emisiones directas</b>
Consumo de combustibles de fuentes móviles	Correspondiente al consumo de combustible (gasolina, Diesel, y GLP) de vehículos de transporte.
Refrigerantes	Correspondiente al uso de refrigerantes para equipos de aire acondicionado (tipo de refrigerante R410A).
<b>Alcance 2</b>	<b>Emisiones indirectas</b>
Consumo de energía eléctrica	Correspondiente al consumo total de energía eléctrica del Ministerio de Energía y Minas durante los años de estudio.
<b>Alcance 3</b>	<b>Otras emisiones indirectas</b>
Consumo de papel	Correspondiente al consumo de papel (hoja DIN A4) durante los años de estudio.
Consumo de agua	Correspondiente al consumo de agua potable de la red pública durante los años de estudio.
Generación de residuos sólidos	Correspondiente a la generación de residuos sólidos durante los años de estudio.

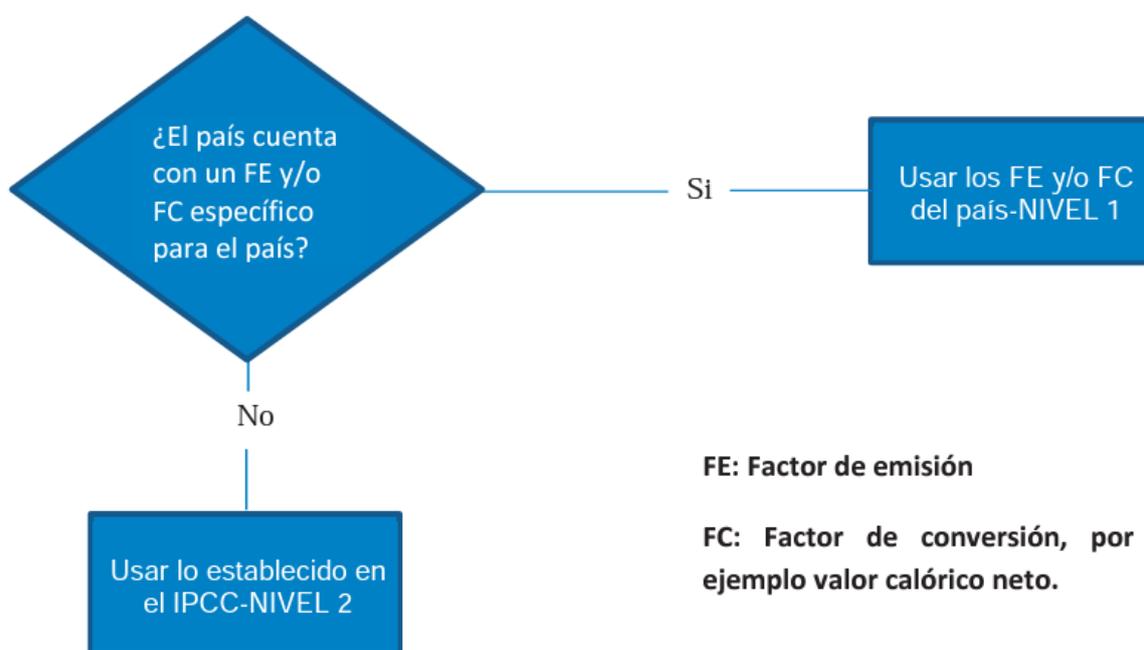
Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Método de análisis de datos**

#### **Cálculo de la huella de carbono del MINEM**

Para poder deducir la HdC del Ministerio de Energía y Minas, se deben seleccionar los factores de conversión, además de los de emisión. Estos están establecidos según los criterios de decisión del IPCC (figura 01). Cabe señalar que, cada país que tenga o presente un factor de emisión o transformación, es preponderante el valor presentado por el país, y de no existir esta data, los valores predeterminados por el IPCC serán tomados en cuenta.

Gráfico 3. Criterios de decisión para el uso de factores de emisión y/o conversión



Fuente: Directrices del IPCC, 2006

Al definir los factores de conversión y de emisión, se registra la data en una hoja de cálculo en formato Excel, así como los datos de actividad para realizar la cuantificación de las emisiones de GEI por nivel de actividad respectivamente.

### Consumo de combustibles fósiles

Con respecto a la energía fósil y su consumo, se procede a medir el equivalente con respecto a cada uno de estos combustibles expresados en Terajoule (TJ), así, se generó una fórmula que implica multiplicar el consumo neto de combustible por cada actividad y su intensidad, manifestada en unidades consumidas, por el valor calórico neto con respecto a cada variedad de combustible.

Todo esto es expresado mediante la ecuación N°1:

$$Q \text{ (Gal)} \times \text{VCN (TJ/Gal)} = E \text{ (TJ)}$$

Donde:

Q = Cantidad de combustible consumido expresado en (Gal)

VCN = Valor Calórico Neto descrito en (TJ/Gal)

E = Consumo energético del combustible descrito en (TJ)

Resuelta la incógnita sobre la cantidad de energía consumida por cada combustible descrita en unidades de energía, se procede a transformar estos resultados en sus equivalentes con respecto a la emisión de GEIs. Se procede así a la multiplicación de los resultados de uso de combustibles expresados en TJ con los factores de emisión o FE, elegidos por la variedad particular de combustible. Los resultados de la operación se describen o traducen en Kg de GEI (contemplando solo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en el caso del cálculo de emisiones por uso de combustible). En la ecuación N°2 se detalla la operación efectuada.

$$\text{Emisión de GEI} = \text{NA} \times \text{FE}$$

Donde:

Emisión de GEI = Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) expresado en Kg.

NA = Nivel de actividad (por consumo de combustible, o según sea el caso) expresado en (TJ)

FE = Factor de emisión enunciado en Kg/TJ para consumo de combustibles.

Habiendo procedido a medir numéricamente las emisiones de GEI expresados en Kg, por otro lado, se continuó a calcular el total de emisiones de GEI en tCO<sub>2</sub>eq. Dicho cálculo se produjo multiplicando las emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) representadas en Kg por su respectivo Potencial de Calentamiento Global (PCG) de GEI. Finalizado el cálculo, se continúa sumando todas las emisiones de GEI y a continuación se divide entre 1000 para obtener el resultado en unidades de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. El procedimiento se muestra en la ecuación N°3:

$$\text{ET de GEI} = \sum [(\text{Emisión de GEI} \times \text{PCG})]/1000$$

Donde:

ET de GEI = Emisiones Totales de GEI enunciado en tCO<sub>2</sub>eq.

Emisión de GEI = Emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O expresado en Tn.

PCG = Potencial de Calentamiento Global de GEI (IPCC)

Cabe resaltar que las últimas ecuaciones antes mencionadas son empleadas también para determinar las emisiones de GEI asociadas al consumo de refrigerantes para equipos de aire acondicionado, electricidad, papel y recursos hídricos, así como también desechos sólidos, detallados más adelante dado que son motivo de la presente investigación.

Con respecto a la evaluación de emisiones de GEI por energía eléctrica, el tema de los factores de emisión se ve mostrado en toneladas de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) sobre Kw/h. Estos factores de emisión están determinados por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.

### **Análisis de información**

La información recopilada fue procesada en hojas de cálculo de Excel, aquí se realizaron los cálculos de la HdC. La forma metodológica elegida fue la orientación dada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), que daban las pautas para la elaboración de los inventarios con los resultados dentro de cada país. Los análisis de estudio corresponden al alcance y conducta de los GEI en el año descrito, además, se presentaron alternativas de mitigación, teniendo a los resultados que el estudio arrojó como base y directriz.

### **3.7. Aspectos éticos**

En esta investigación se respetaron los derechos de propiedad intelectual de las fuentes consultadas, para lo cual se ha empleado el estilo establecido por ISO. Cabe mencionar que la información recolectada para llevar a cabo esta investigación, con respecto a datos propios del MINEM, se encuentran de libre acceso al público en la misma página web del MINEM, por lo cual esta investigación determina una estimación no exacta de los resultados, esto con la finalidad de poner a disposición que, ante una solicitud de información más detallada de los

consumos de dicha entidad del estado se pueden lograr resultados de mayor certeza sobre su cantidad de huella de carbono. Además, se tomó consideración de los principios éticos en la investigación, para obtener finalmente resultados veraces que respondan a los objetivos planteados.

## IV. RESULTADOS

### Emisiones directas por uso de combustibles fósiles (alcance 1)

Los combustibles usados en fuentes móviles por el MINEM en el año 2018, se muestran en la tabla 3:

*Tabla 3. Datos anuales de consumo de combustible en fuentes móviles del MINEM, 2018*

Año base	N° Trabajadores (promedio)	Gasolina 95	Gasolina 97	Diesel 2	GLP	Unidades
2018	944	5,622.83	2,427.01	3,672.69	2,826,515	Gal

Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar los valores calóricos netos empleados para convertir las unidades de combustible (Gal) en unidades de energía (TJ), como se detalla en la siguiente tabla:

*Tabla 4. Valor calórico neto por variedad de combustible para tipos móviles*

Combustible	Composición	Valor Calórico Neto	Unidades
Gasolina 95	Gasohol (92.2%)*	1.28E-04	TJ/gal
	Biogasolina (7.8%)**	8.07E-05	TJ/gal
Gasolina 97	Gasohol (92.2%)*	1.25E-04	TJ/gal
	Biogasolina (7.8%)**	8.07E-05	TJ/gal
Diesel 2	Gasóleo (95%)*	1.36E-04	TJ/gal
	Biodiesel (5%)**	8.07E-05	TJ/gal
GLP	Gas (100%)*	9.96E-05	TJ/gal

\*Petróleos del Perú -Petroperú S.A (SEHS-666-2016)

\*\* Directrices del IPCC, 2006

A continuación, se presenta el cálculo realizado para obtener como resultado el nivel de actividad final por tipo de combustible.

## Gasolina de 95 octanos

Tabla 5. Obtención del nivel de actividad final de la gasolina 95

Combustible	Composición	Cantidad en gal (Q)	Valor Calórico Neto en TJ/gal (VCN)	Nivel de actividad final (Q*FC)	Unidades
Gasolina 95	Gasohol (92.2%)	5184.25	1.28E-04	0.66	TJ
	Biogasolina (7.8%)	438.58	8.07E-05	0.04	TJ
	Total	5,622.83			

Fuente: Elaboración propia

Obtenido el nivel de actividad final, es necesario indicar los factores de emisión por tipo de combustible proveniente de fuentes móviles:

Tabla 6. Factores de emisión por tipo de combustible en fuentes móviles

FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO DEL TRANSPORTE TERRESTRE			
Tipo de combustible	CO2 [Kg/TJ]	CH4 [Kg/TJ]	N2O [Kg/TJ]
Gasolina para motores	69300	33	3.2
Gas/Diesel Oil	74100	3.9	3.9
Gases Licuados de Petróleo	63100	62	0.2
Gas Natural	56126	92	3
Biogasolina/Biodiesel	70800	Camiones: 260	Camiones: 41
		Autos: 18	Autos: n.a.

Fuente: Directrices del IPCC, 2006

Luego se procede a calcular los niveles de actividad de la tabla 5 por los factores de emisión (FE) detallados en la tabla 6, correspondientes al tipo de combustible, para este contexto se tomó los datos correspondientes a biogasolina para autos, para ello es preciso aplicar la ecuación N°2 antes mencionada, obteniéndose como resultados:

Tabla 7. Emisiones de GEI generados por combustión de gasolina 95

Combustible	Composición	Emisiones de GEI		
		CO2 [Kg]	CH4 [Kg]	N2O [Kg]
Gasolina 95	Gasohol (92.2%)	45,848.0	21.8	2.12
	Biogasolina (7.8%)	2,506.9	0.637	-

Fuente: Elaboración propia

Teniendo los resultados de emisiones de GEI por contaminante (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O), expresados en Kg, es importante indicar el Potencial de Calentamiento Global (PCA) con respecto al tipo particular de gas originado. Los datos utilizados se muestran en la tabla a continuación:

*Tabla 8. Potencial de Calentamiento Global para GEIs*

GEI	Potencial de Calentamiento Global (GWP)
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub> *	30
N <sub>2</sub> O	265
HFC	1924

\*Para fuentes biogénicas el GWP del CH<sub>4</sub> es 28

Fuente: GHG Protocol (Valores potenciales de calentamiento global)

Para la obtención de las emisiones totales de GEI expresadas en tCO<sub>2</sub>eq, se empleó la ecuación N°3; los resultados se detallan en la tabla 9:

*Tabla 9. Emisiones totales de GEI expresado en tCO<sub>2</sub>eq*

Combustible	Composición	CO <sub>2</sub> [Kg]	CH <sub>4</sub> [Kg]	N <sub>2</sub> O [Kg]	Emisiones GEI (tCO <sub>2</sub> e)
Gasolina 95	Gasohol (92.2%)	45,848.0	655.0	561.03	47.06
	Biogasolina (7.8%)	2,506.9*	17.8	-	0.018
				<b>Total</b>	47.08

\*Se reporta como fuente informativa en el informe para el inventario de GEI

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se tiene que el aporte de emisiones de GEI por consumo de Gasolina de 95 octanos por el MINEM durante el año 2018 fue de 47.08 tCO<sub>2</sub>eq.

Cabe resaltar que, para el cálculo de la gasolina de 97 octanos, Diesel 2 y GLP, se realizó el mismo procedimiento que se empleó para la obtención de las emisiones de GEI en tCO<sub>2</sub>eq producido por la gasolina de 95 octanos.

## Emisiones directas por uso de refrigerantes para equipos de aire acondicionado (alcance 1)

Al año 2018, el MINEM contaba con 18 equipos de aire acondicionado, cuya capacidad y cantidad de refrigerante por tipo de equipo se detallan en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 10. Equipos de aire acondicionado en el MINEM al año 2018

	12000 BTU/h	18000 BTU/h	24000 BTU/h	36000 BTU/h	48000 BTU/h	60000 BTU/h	Total
N° de equipos de A.A.	3	2	1	5	4	3	18
Refrigerante R410A (Kg)	0.83	1.35	1.7	1.85	2.2	2.7	10.63

Fuente: Elaboración propia

Adicional a ello, es necesario detallar los porcentajes de fuga del refrigerante con respecto a los usos del aire acondicionado.

Tabla 11. Porcentaje de fuga de refrigerante por tipo de uso

Type of equipment	Typical range in charge capacity (kg)	Installation emission factor (% of initial charge)	Operating emissions (% of initial charge/year)	Refrigerant remaining at disposal (% of initial charge)	Refrigerant recovered (% of remaining charge)
Domestic refrigeration	0.05–0.5	0.2–1.0	0.1–0.5	0–80	0–70
Stand-alone commercial applications	0.2–6	0.5–3	1–15	0–80	0–70
Medium & large commercial applications	50–2,000	0.5–3	10–35	50–100	0–70
Transport refrigeration	3–8	0.2–1	15–50	0–50	0–70
Industrial refrigeration (incl. food processing and cold storage)	10–10,000	0.5–3	7–25	50–100	0–90
Chillers	10–2,000	0.2–1	2–15	80–100	0–95
Residential and commercial A/C including heat pumps	0.5–100	0.2–1	1–10	0–80	0–80
Mobile air conditioning	0.5–1.5	0.2–0.5	10–20	0–50	0–50

Fuente. Sustainable retail refrigeration (2015)

Con los datos proporcionados en las tablas 10 y 11, se procedió a realizar la siguiente ecuación dada por el IPCC, ecuación 4:

$$E \text{ GEI tn[HCFC]} = C \times N \times (R+A+T) / 1000$$

Donde:

E GEI tn[HCFC]= Emisiones de GEI en toneladas de hidroclofluorocarbono.

C = Capacidad de carga del equipo de aire acondicionado

N = Número de equipos de aire acondicionado

R = Porcentaje de fuga de gas refrigerante por recarga de equipos de aire acondicionado

A = Porcentaje de fuga de gas refrigerante por funcionamiento de equipos de aire acondicionado

T = Porcentaje de fuga de gas refrigerante por disposición final de equipos de aire acondicionado

Seguidamente, se detalla la siguiente tabla resumen con los datos a tomar para efectuar la operación dada en la ecuación 4:

*Tabla 12. Datos para la obtención de emisiones de GEI por uso de equipos de aire acondicionado.*

Tipo de equipo	Tipo de refrigerante	Número de equipos (N)	Carga o capacidad de carga(C) [Kg/año]	Fuga por funcionamiento(A) [%]
Aire acondicionado	R410A	18	10.63	5%

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que se ha considerado 5% de fuga por funcionamiento ya que se tomó como promedio dentro del rango indicado en la tabla 11, para fugas por emisiones operativas de quipos de aire acondicionado.

Luego de realizar la operación descrita en la ecuación 4, se obtuvo lo siguiente:

$$E \text{ GEI tn[HCFC]} = 10.63 \times 18 (5\%)/1000$$

$$E \text{ GEI tn[HCFC]} = 0.009567$$

Obtenido el resultado, se procedió a multiplicarlo por su Potencial de Calentamiento Global (GWP) correspondiente al tipo de refrigerante, el cual está establecido por el IPCC, para convertirlo a unidades de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. El procedimiento se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 13. Emisión de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por fuga de gas refrigerante en equipos de aire acondicionado*

Emisiones GEI t[HCFC]	Potencial de Calentamiento Global (GWP)	Emisiones GEI t[CO <sub>2</sub> e]
0.009567	1924	18.41

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se tiene que el aporte de emisiones de GEI por uso de refrigerantes para quipos de aire acondicionado en el MINEM fue de 18.41 tnCO<sub>2</sub>eq durante el año 2018.

### **Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica (alcance 2)**

Los consumos mensuales de energía eléctrica del Ministerio de Energía y Minas correspondiente al año 2018, se puede observar en la tabla 14:

*Tabla 14. Consumos mensuales de energía eléctrica – MINEM 2018*

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre	noviembre	diciembre	Consumo anual KWh
108,500	139,000	120,500	113,100	97,800	77,400	71,200	73,600	69,750	77,320	84,850	101,310	1,134,330
<b>Total (MWh)</b>												<b>1,134</b>

Fuente: Elaboración propia

Es necesario también, mencionar los factores de emisión particular para cada tipo de gas emitidos por el consumo de electricidad (alcance 2), los que se detallan a continuación:

Tabla 15. Factores de emisión por consumo de energía eléctrica

EFCO2 [tCO2/MWh]	EFCH4 [tCH4/MWh]	EFN2O [tN2O/MWh]
0.168088403	0.000005552	0.00000066

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2019

A continuación, se procede a multiplicar los factores de emisión por el consumo total de electricidad del año 2018, los resultados son mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 16. Emisiones de GEI en toneladas por consumo de energía eléctrica

	t(CO2)	t(CH4)	t(N2O)
Emisiones GEI	190.67	0.00630	0.000749

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se multiplican las emisiones de GEI mostradas en la tabla 16 por su Potencial de Calentamiento Global (GWP) correspondiente (tabla 8); en la siguiente tabla se puede visualizar el resultado:

Tabla 17. Toneladas de CO2 equivalente por consumo de energía eléctrica

	Emisiones GEI	Potencial de calentamiento global (GWP)	Emisiones de GEI (tCO2e)
t(CO2)	190.6677182	1	190.67
t(CH4)	0.0062978	30	0.1889
t(N2O)	0.000748658	265	0.1984
<b>TOTAL</b>			<b>191.06</b>

Fuente: Elaboración propia

La anterior tabla nos muestra que el resultado por consumo de energía eléctrica en el Ministerio de Energía y Minas correspondiente al año 2018 es 191.06 tCO<sub>2</sub>eq.

Cabe resaltar que el procedimiento para la medición de emisiones de GEI en tCO<sub>2</sub>eq por consumo de energía eléctrica para el año comparativo 2020, es el mismo.

### Otras emisiones indirectas (Alcance 3)

#### - Emisiones indirectas por consumo de papel

En el año 2018, el Ministerio de Energía y Minas a consumido 9,138.60 Kg de papel, los detalles son mostrados en la tabla siguiente:

*Tabla 18. Consumos mensuales de papel - MINEM 2018*

Tipo de hoja	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre	noviembre	diciembre	Consumo anual Kg papel
Hoja DIN A4	498.5	594	706	632	632	583	775	811.6	909.9	971.45	1,051.20	973.95	<b>9,138.60</b>

Fuente: MINEM, 2018.

Asimismo, es importante identificar el factor de emisión correspondiente a las emisiones de GEI por uso de papel, las que se muestran a continuación:

*Tabla 19. Factor de emisión por consumo de papel*

<b>FE papel</b>	<b>0.7955</b>	<b>KgCO<sub>2</sub>/kg papel</b>
-----------------	---------------	----------------------------------

Fuente: UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting

Luego se procede con la multiplicación del consumo total de papel (tabla 18) con su factor de emisión correspondiente (tabla 19), a continuación, los resultados:

*Tabla 20. Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por consumo de papel*

	Consumo anual papel (Kg)	FE papel (KgCO <sub>2</sub> /Kg papel)	Emisiones GEI	unid.
tCO <sub>2</sub>	9138.6	0.7955	7269.76	kgCO <sub>2</sub>
			<b>7.270</b>	<b>tCO<sub>2</sub>e</b>

Fuente: Elaboración propia

Como resultado, se entiende que las emisiones de GEI son representadas en toneladas de CO<sub>2</sub>, en cantidades equivalentes generadas por el MINEM durante 2018, estas fueron 7.270 tCO<sub>2</sub>e.

Dado que el Potencial de Calentamiento Global (PCG) del CO<sub>2</sub> es 1, se mantiene el mismo resultado.

- **Emisiones indirectas por consumo de agua**

En la siguiente tabla se muestra el uso de agua mensual en el Ministerio de Energía y Minas correspondiente al año 2018.

*Tabla 21. Consumos mensuales de agua potable – MINEM 2018*

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	Consumo anual m3
1,479	1,716	1,598	2,194	1,779	1,298	1,585	1,429	1,365	1,482	1,710	1,710	19,345

Fuente: MINEM, 2018.

Asimismo, se detalla el factor de emisión por el uso de agua potable en la tabla siguiente:

*Tabla 22. Factor de emisión por consumo de agua potable de la red pública*

FE agua captada de la red	0.344	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
---------------------------	-------	------------------------------------

Fuente: UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting

Posteriormente se multiplica el consumo anual de agua en m<sup>3</sup> (tabla 21) por su respectivo factor de emisión (tabla 22), los resultados se muestran a continuación:

*Tabla 23. Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por consumo de agua*

	Consumo anual agua (m <sup>3</sup> )	FE agua(KgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	Emisiones GEI	unid.
tCO <sub>2</sub>	19345	0.344	6654.68	kgCO <sub>2</sub>
			<b>6.655</b>	<b>tCO<sub>2</sub>eq</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 22 muestra que las emisiones de GEI expresadas en tCO<sub>2</sub>eq generadas por el uso de agua potable de la red pública en el Ministerio de Energía y Minas fue de 6.655 tCO<sub>2</sub>eq en el año 2018.

Dado que el Potencial de Calentamiento Global (PCG) del CO<sub>2</sub> es 1, se mantiene el mismo resultado.

- **Emisiones indirectas por generación de RR SS**

En el año 2018, el MINEM ha generado una gran cantidad de residuos sólidos, los que se detallan en la siguiente tabla:

*Tabla 24. Generación mensual de residuos sólidos – MINEM 2018*

	<b>Papel/cartón (Kg)</b>	<b>Plásticos (Kg)</b>	<b>Cartuchos de tóner (unid.)</b>
enero	1020	29	17
febrero	0	0	25
marzo	2030	58	25
abril	0	0	17
mayo	748	20	17
junio	0	0	24
julio	807	29	34
agosto	757	29	23
setiembre	757	29	27
octubre	900	28	55
noviembre	900	28	33
diciembre	800	28	25
<b>total</b>	<b>8719</b>	<b>278</b>	<b>322</b>

Fuente: MINEM, 2018

Para la ejecución del cálculo de emisiones de GEI por generación de RR SS. Es importante tener en cuenta la siguiente ecuación:

$$tCH_4 = W \times DOC \times 1/3$$

Donde:

W = Masa de los desechos depositados expresado en toneladas

DOC = Carbono Orgánico Degradable durante el año de deposición

Luego se procede con la multiplicación dada en la ecuación antes mencionada, el cual se muestra a continuación en la siguiente tabla, donde se detalla también el Carbono Orgánico Degradable (DOC) para cada caso:

Tabla 25. Emisiones de CH4 en toneladas por generación de RR SS.

Componente de Residuos	Contenido de DOC de desechos	Peso anual en toneladas (W)	t[CH4]
Papel/cartón	0.40	8.719	1.16
Plásticos	3.42	0.278	0.32
Cartuchos de tóner	0.91	0.29946	0.09
		<b>Total</b>	<b>1.57</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 25 indica el peso anual de los residuos sólidos expresado en toneladas. Cabe resaltar que, para el caso del tóner, se multiplicó por 0.93 Kg ya que es el peso respectivo por cada cartucho de tóner, dado que la cantidad anual proporcionada por el MINEM se encontraba dada por unidades de cartucho de tóner. Finalmente, con los valores convertidos, se ejecutó la ecuación para cada residuo correspondiente, obteniéndose como resultado 1.57 toneladas de CH<sub>4</sub>, el cual será multiplicado por su Potencial de Calentamiento Global (GWP) respectivo para su transformación a toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 26. Toneladas de CO2 equivalente por generación de RR SS

Emisiones CH4 por generación de RR SS (tn)	Potencial de Calentamiento Global (GWP)	t(CO2)eq
1.57	28	<b>43.97</b>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se tiene que el aporte de emisiones, representado en tCO<sub>2</sub>eq, por generación de RR SS en el Ministerio de Energía y Minas durante el año 2018 fue 43.97 tCO<sub>2</sub>e.

A continuación, se muestra la HdC total durante el año 2018 en el MINEM:

Tabla 27. Resultados de la Huella de carbono del Ministerio de Energía y Minas en el año 2018

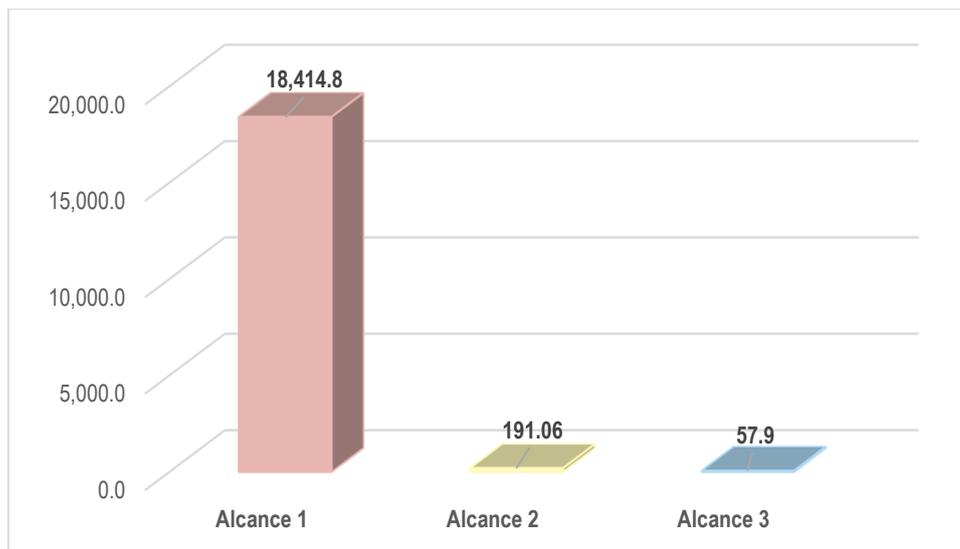
Alcances	Dioxido de carbono [TnCO <sub>2</sub> ]	Metano [KgCH <sub>4</sub> ]	Óxido Nitroso [KgN <sub>2</sub> O]	Hexafluoruro de azufre [tSF <sub>6</sub> ]	Hidrofluorocarbonos [tHFC]	Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e]	Participación general [%]
<b>Alcance 1</b>						<b>18,414.8</b>	<b>98.67%</b>
Consumo de comb. en fuentes móviles (G95)	45.85	21.8	2.12			47.06	0.25%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>		0.64				0.018	0.00%
Consumo de comb. en fuentes móviles (G97)	19.43	9.25	0.90			19.94	0.11%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>		0.28				0.008	0.00%
Consumo de comb. en fuentes móviles (Diesel 2)	35.15	1.85	1.85			35.69	0.19%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>		0.27				0.007	0.00%
Consumo de comb. en fuentes móviles (GLP)	17,755	17,446	56.28			<b>18,294</b>	<b>98.02%</b>
Refrigerantes					0.009567	18.41	0.10%
<b>Alcance 2</b>						<b>191.06</b>	<b>1.02%</b>
Consumo de electricidad del SEIN (en KWh)	190.67	6.30	0.749			191.06	1.02%
<b>Alcance 3</b>						<b>57.9</b>	<b>0.31%</b>
Consumo de agua potable de la red pública (en m3)	6.65					6.65	0.04%
Consumo de papel	7.27					7.27	0.04%
Generación de residuos sólidos		1,570				43.97	0.24%
<b>TOTAL HUELLA DE CARBONO</b>	<b>18,060.37</b>	<b>19,056.43</b>	<b>61.89</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>18,663.73</b>	<b>100.0%</b>

Fuente Informativa	Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e]
Fuentes biogénicas	4.64

La tabla 27 nos muestra que la huella de carbono corporativa del MINEM durante el año base 2018 fue de 18,663.73 tCO<sub>2</sub>e, respecto de sus alcances y fuentes de emisión correspondientes.

A su vez, en el siguiente gráfico se muestran los valores de emisión dado por alcances.

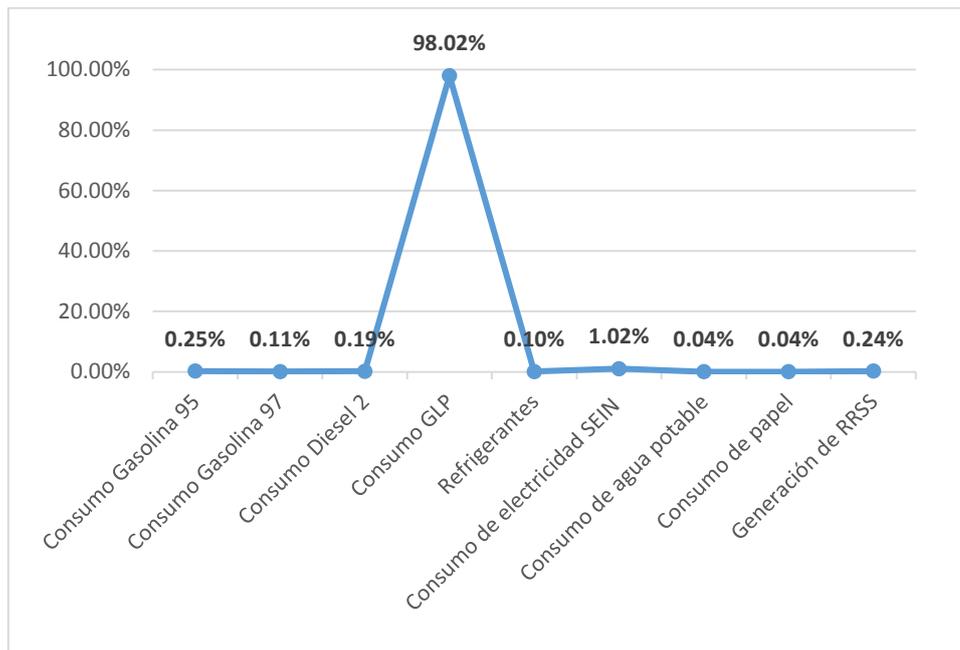
*Gráfico 4. Emisiones por tipo de alcances – MINEM 2018*



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico mostrado líneas arriba, se muestra claramente que el alcance 1 es el principal emisor de GEIs, dado en gran mayoría por el consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para el funcionamiento de los vehículos propios de la institución. En la siguiente gráfica se puede demostrar lo antes mencionado.

*Grafico 5. Participación porcentual de las fuentes de emisión – MINEM 2018*



Fuente: Elaboración propia

Evidentemente el gráfico 4 muestra que la mayor participación porcentual está dado por el consumo Gas Licuado de Petróleo con un 98.02% de emisiones con respecto a otras fuentes de emisión correspondientes al MINEM en el 2018.

Asimismo, es preciso detallar la huella de carbono del MINEM del año 2020 para su posterior análisis comparativo con respecto a los resultados del año base (2018) y evaluar posibles puntos de mejora y alternativas de solución de acuerdo a los resultados obtenidos en el cálculo, el resultado se muestra en la tabla 28:

Tabla 28. Resultados de la Huella de carbono del Ministerio de Energía y Minas en el año 2020

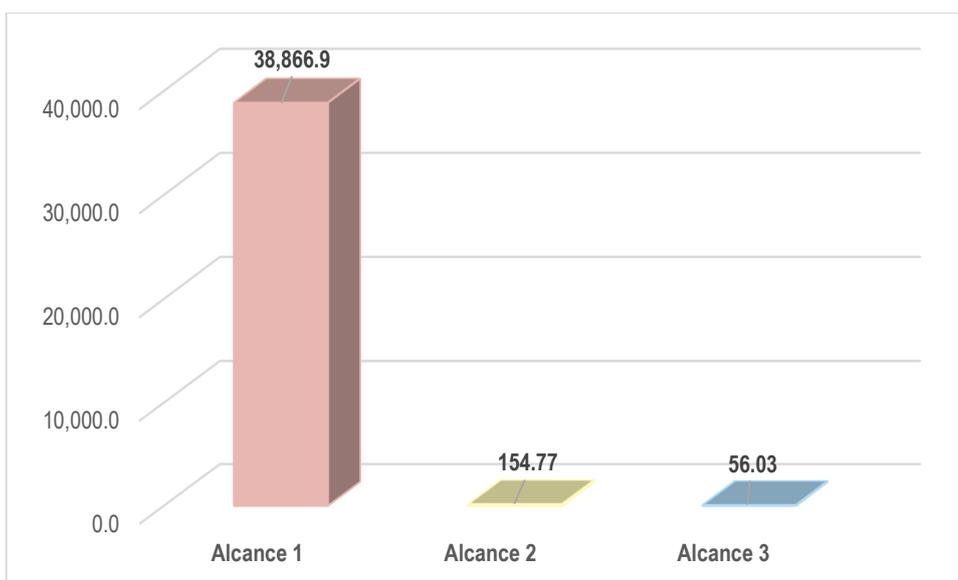
Alcances	Dioxido de carbono [TnCO <sub>2</sub> ]	Metano [KgCH <sub>4</sub> ]	Óxido Nitroso [KgN <sub>2</sub> O]	Hexafluoruro de azufre [tSF <sub>6</sub> ]	Hidrofluorocarbonos [tHFC]	Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e]	Participación general [%]
<b>Alcance 1</b>						<b>38,866.9</b>	<b>99.46%</b>
Consumo de comb. en fuentes móviles (G95)	51.44	24.5	2.38			52.81	0.14%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>		0.715				0.020	0.00%
Consumo de comb. en fuentes móviles (G97)	7.97	3.80	0.37			8.18	0.02%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>		0.113				0.003	0.00%
Consumo de comb. en fuentes móviles (Diesel 2)	68.87	3.6	3.62			69.934	0.18%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>		0.523				0.015	0.00%
Consumo de comb. en fuentes móviles (GLP)	37,563	36,909	119			<b>38,702</b>	<b>99.04%</b>
Refrigerantes					0.018	33.75	0.09%
<b>Alcance 2</b>						<b>154.77</b>	<b>0.40%</b>
Consumo de electricidad del SEIN (en KWh)	154.45	5.10	0.606			154.77	0.40%
<b>Alcance 3</b>						<b>56.03</b>	<b>0.14%</b>
Consumo de agua potable de la red pública (en m3)	5.27					5.27	0.01%
Consumo de papel	5.36					5.36	0.01%
Generación de residuos sólidos		1.62				45.40	0.12%
<b>TOTAL HUELLA DE CARBONO</b>	<b>37,856.71</b>	<b>36,948.97</b>	<b>126.08</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>39,077.68</b>	<b>100.0%</b>

Fuente Informativa	Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e]
Fuentes biogénicas	5.31

La tabla 28 muestra que la huella de carbono corporativa del MINEM en el año comparativo 2020 fue de 39,077.68 tCO<sub>2</sub>eq, respecto de sus alcances y fuentes de emisión correspondientes.

A su vez, en el siguiente gráfico se muestran los valores de emisión dado por alcances.

*Gráfico 6. Emisiones por tipo de alcance – MINEM 2020*

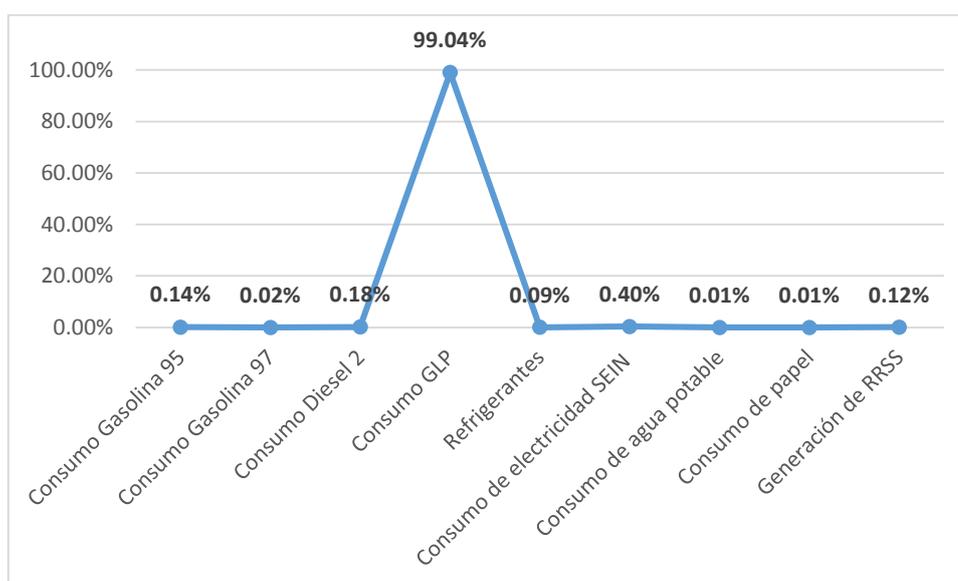


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5 se puede observar una gran diferencia entre el alcance 1 y los alcances 2 y 3, por lo cual el primero representa el mayor emisor de GEIs, dado principalmente con el consumo de Gas Licuado de Petróleo para los vehículos propios de la institución objeto de estudio,

El siguiente gráfico detalla la participación porcentual de cada fuente de emisión:

Grafico 7. Participación porcentual de las fuentes de emisión – MINEM 2020



Fuente: Elaboración propia

Por último, el grafico 6 muestra que la mayor participación porcentual está dada por el uso de Gas Licuado de Petróleo con un 99.04% de emisiones con respecto a otras fuentes de emisión correspondientes al MINEM en el 2018.

## Análisis comparativo

### Emisiones de GEI anuales 2018 – 2020

El MINEM en cuanto al año 2020, y con respecto a su consumo de energía refleja un incremento de emisiones de GEI de  $\Delta 109\%$  con respecto al 2018. El alcance 1 presenta un incremento de  $\Delta 111\%$  respectivamente, mientras que el alcance 2 y 3 reportaron una reducción de  $\Delta 19\%$  y  $\Delta 3\%$ .

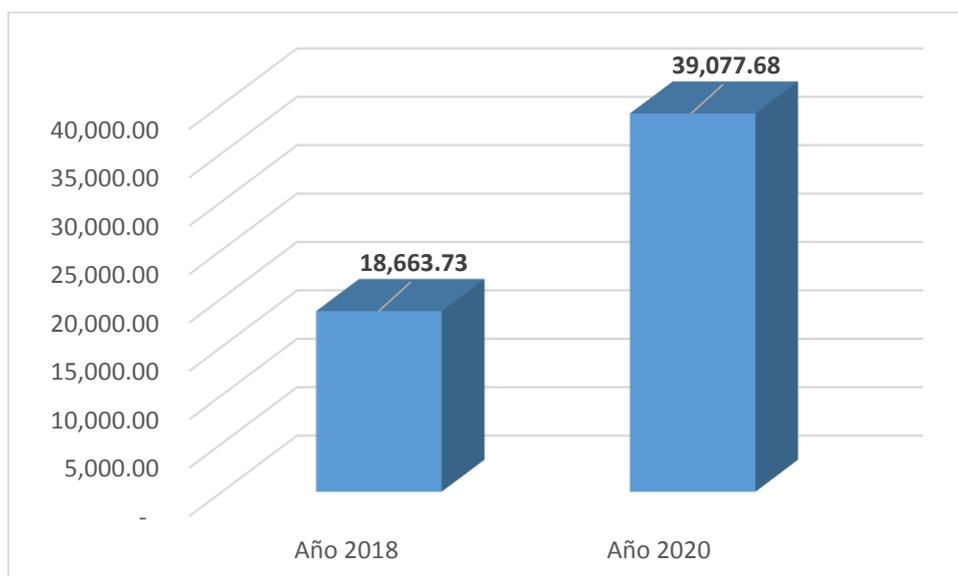
La siguiente tabla y gráfica, presentan las variaciones a lo largo del periodo en el que se desarrolló la tangibilización numérica de la huella de carbono.

Tabla 29. Emisiones de GEI – MINEM - 2018 - 2020

Alcances	Emisiones GEI - 2018 [tCO <sub>2</sub> e]	Emisiones GEI - 2020 [tCO <sub>2</sub> e]	Variación [Δ]
<b>Alcance 1</b>	<b>18,414.8</b>	<b>38,866.9</b>	<b>111%</b>
Consumo de comb. en fuentes móviles (G95)	47.06	52.81	12%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>	0.018	0.020	12%
Consumo de comb. en fuentes móviles (G97)	19.94	8.18	-59%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>	0.008	0.003	-59%
Consumo de comb. en fuentes móviles (Diesel 2)	35.69	69.934	96%
<i>Fuentes móviles biogénicas</i>	0.007	0.015	96%
Consumo de comb. en fuentes móviles (GLP)	<b>18,294</b>	<b>38,702</b>	<b>112%</b>
Refrigerantes	18.41	33.75	83%
<b>Alcance 2</b>	<b>191.06</b>	<b>154.77</b>	<b>-19%</b>
Consumo de electricidad del SEIN	191.06	154.77	-19%
<b>Alcance 3</b>	<b>57.89</b>	<b>56.03</b>	<b>-3%</b>
Consumo de agua potable de la red pública	6.65	5.27	-21%
Consumo de papel	7.27	5.36	-26%
Generación de residuos sólidos	43.97	45.40	3%
<b>TOTAL HUELLA DE CARBONO</b>	<b>18,663.73</b>	<b>39,077.68</b>	<b>109%</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Emisiones de GEI – MINEM – 2018 - 2020



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior se aprecia que:

- En el año 2018 se reporta un total de 18,663.73 tCO<sub>2</sub>e y en el 2020 un total de 39,077.68 tCO<sub>2</sub>e; por lo tanto, se evidencia una variación de 109% respecto del 2018.
- Las emisiones producidas por la fuente consumo de combustibles en fuentes móviles representa una variación del ↑112% respecto al año 2018, puesto que en ese año se reporta un total de 18,294 tCO<sub>2</sub>e y en el año 2019 un total de 38,702 tCO<sub>2</sub>e.
- La fuente de consumo de electricidad presenta una variación de ↓19%, dado que en 2018 reporta un total de 191.06 tCO<sub>2</sub>e y en el 2020, un total de 154.77 tCO<sub>2</sub>e.

### **Alternativas de reducción de emisiones de GEI**

En vista de que la principal fuente de emisión está dada por el alcance 1 proveniente de fuentes móviles, se presentan las siguientes alternativas de reducción, como primer paso en la mitigación de las emisiones del MINEM:

- Estimular el uso de vehículos de transporte de energía limpia, como las bicicletas. Esto a través de campañas al interior, además de proveer infraestructura para su parqueo, créditos y apoyo financiero para la adquisición de estos vehículos, además de otros incentivos económicos.
- Los carros compartidos o carpooling entre los colaboradores de las empresas también generan menor impacto en huella de carbono.
- En el contacto con esta nueva normalidad, se ha visto que el teletrabajo es parcialmente más benéfico en términos de huella de carbono para los colaboradores. Si no a tiempo completo, a tiempo parcial o por días al mes.
- Evaluar la posibilidad de adquirir vehículos eléctricos en reemplazo de los vehículos tradicionales.
- Promover el uso de biocombustibles, ya que son derivados de fuentes renovables.

Asimismo, es preciso señalar algunas opciones de mitigación de emisiones de GEI para el segundo alcance, con respecto al uso de electricidad:

**Por el uso de iluminación:**

- Cambio de luminarias por lámparas LED
- Instalación de luminarias que cuenten con sensores de movimiento en los espacios con limitada a poca movilización de personal (Ej. pasillos y servicios higiénicos).
- Un uso eficiente de la luz natural en el turno de la mañana y la temporada de verano.

**Para uso de equipos de aire acondicionado:**

- Con respecto a los reguladores de la temperatura dentro de un edificio, desarrolla mejores herramientas de control de la climatización.
- Tener asegurado el correcto apagado de los equipos en los lugares en los que no haya empleados o no se requiera el funcionamiento de estos dispositivos.
- Tener por seguro que las puertas y ventanas donde esté operativo cada dispositivo de climatización estén cerradas para optimizar el uso de energía.

**Para uso de equipos electrónicos:**

- Configuración de ahorro de energía en computadoras (sleep mode)
- Tener en cuenta que, al finalizar el día de trabajo, los equipos de computadoras, etc. estén correctamente apagados.
- Se recomienda además la renovación de equipos, pues conforme avanza la tecnología, el uso de energía también es requerido como más eficiente por los fabricantes y las legislaciones que los países en donde son producidos o comercializados.

## V. DISCUSIÓN

Hoy en día existe un número considerable de investigaciones referidas al cálculo de huellas de carbono corporativas, ello ha permitido llevar a cabo la exposición de hallazgos del presente estudio. La huella de carbono total del MINEM del año 2018 fue de 18,663.73 tCO<sub>2</sub>eq, la cual se puede considerar un resultado elevado al contrastarse con la huella de carbono de una empresa que confecciona una pre-mezcla de concreto por Galarza (2016), quien obtuvo un total de 6832.45 tCO<sub>2</sub>eq, esto supondría que por tratarse de una empresa de concreto el resultado sería mayor. Esta variedad de resultados se debe al uso de combustibles fósiles principalmente por el consumo de GLP, lo que hace que el producto de la HdC del MINEM para el año 2018, sea elevada en comparación de otras instituciones. He aquí la necesidad imperiosa de generar nuevos modelos tecnológicos que requieran combustibles que no produzcan un nivel tan alto de contaminación como los combustibles fósiles, tales como energías renovables o el gas natural.

Mención aparte, de acuerdo a Saavedra (2017), la huella de carbono de la empresa EDEGEL, que comercializa, genera, distribuye y administra la energía eléctrica en un sector importante del país, obtiene como resultado un total de 1,810,579.57 tCO<sub>2</sub>eq en el año 2014 a causa de la combustión de energía producto de combustibles fósiles. La empresa en cuestión cuenta con dos centrales térmicas, además de 7 centrales hidroeléctricas y un edificio administrativo. Lo cual hace que el resultado de sus emisiones sea elevado, ya que su nivel de producción y límite operacional es más amplio con respecto a la investigación. Así, se puede deducir que las emisiones siguen un crecimiento proporcional al crecimiento comercial de las empresas.

Cabe resaltar que, considerado como una de las mayores fuentes de generación de GEI del MINEM tanto para el año 2018 como en el 2020, estuvo dado principalmente por el consumo de GLP para vehículos propios del MINEM, teniéndose para el último año en mención un total de 38,702 tCO<sub>2</sub>eq, valor que duplica el resultado arrojado para el año 2018. Es el caso de Mangia (2017) quien realizó la medición de la HdC de los años 2015 y 2016 de la empresa RANSA, la cual es una empresa dedicada a brindar servicios logísticos para el almacenamiento y distribución de productos alimenticios. Obteniendo

como resultados por consumo de diesel 235 tCO<sub>2</sub>eq en el año 2015 y 241 tCO<sub>2</sub>eq en el año 2016, teniendo una mínima variación.

La huella de carbono del MINEM para ambos años de estudio (2018 – 2020) demuestra que la mayor participación de emisiones de GEI está dado por el alcance 1, teniendo en el 2018 una participación porcentual del 98.67% y en el año 2020 una participación porcentual del 99.46% con respecto al alcance 2 y 3 también evaluadas durante la investigación. Por el contrario, Zerón & Arias en su afán por determinar la HdC de la Universidad Peruana Unión en el año 2019, obtuvieron como resultado que la institución emitió en ese año 1,240.14 tCO<sub>2</sub>eq, de las cuales, un 13.4% de las emisiones totales son causadas por lo que se paramera como alcance 1, el alcance 2, por otro lado, cuantifica apenas el 0.8%, y por último el alcance 3 representa el 85.8%, siendo este último, el criterio que más califica como el más contaminante o que arroja GEIs. Ello es debido a que para el alcance 3 consideraron las emisiones móviles de servicios tercerizados, emisiones por uso de agua y por RR SS, lo que hace que el resultado en el cálculo del alcance 3 sea elevado respecto de los otros dos alcances de estudio en ese caso.

Habiendo recurrido a la comparación de los resultados de la HdC del 2018 y 2020 del MINEM, se puede interpretar que existe una variación del 109% en el año 2020 respecto del año 2018. Cabe resaltar que, a inicios del año 2020, el Perú sufrió las consecuencias de la COVID-19, motivo por el cual se paralizaron las actividades en muchos sectores de la industria y grandes empresas, ello supondría que el resultado de la HdC del MINEM para ese año sería menor en comparación con el año 2018, año en el que las actividades productivas aún se mantenían activas. Esto se podría deber a que el MINEM es una entidad pública, la cual brinda servicios al estado y a la nación, motivo por el cual no paralizó al 100% sus actividades durante la pandemia.

De igual manera, en el análisis comparativo de los años 2018 y 2020 de la huella de carbono del MINEM detallada en la tabla 29, se puede resaltar que en el resultado del alcance 2 (dado por consumo de electricidad) del año 2020 hubo una reducción de ↓19%, ya que en el año 2018 se tuvo un total de 191.06 tCO<sub>2</sub>eq, mientras que en el año 2020 se tuvo un total de 154.77 tCO<sub>2</sub>eq. lo mismo se puede indicar para el alcance 3 (dado por el uso de agua potable, uso de papelería y segregación de basura) del año 2020, en

el que hubo una reducción del ↓3% ya que en el año 2018 se emitió 57.89 tCO<sub>2</sub>eq, mientras que en el año 2020 se emitió 56.03 tCO<sub>2</sub>eq.

Al igual que en los casos ya mencionados, es importante recalcar que la huella de carbono es de crucial trascendencia, puesto que en ella radica en poder identificar los puntos críticos en cuanto a emisiones y plantear medidas correctoras en el corto o mediano plazo. En muchas investigaciones se ha optado por medir la HdC de una entidad u organización en años diferentes y de esta manera saber si están reduciendo sus emisiones, esto se puede confirmar mediante el caso de Ferrer (2021) quien determinó la HdC de la Universidad Técnica de Machala en Ecuador, en tres momentos diferentes, siendo estos, los años 2018, 2019 y 2020, obteniendo como resultado que en el 2018 fueron emitidas 16,806 tCO<sub>2</sub>/año, en el año 2019, 15,400 tCO<sub>2</sub>/año y en el año 2020, 15,203 tCO<sub>2</sub>/año, resultados de los cuales se puede deducir que año a año la institución en cuestión ha venido reduciendo sus emisiones. Es así que esta investigación optó por la evaluación del cálculo de la HdC del Ministerio de Energía y Minas de los años 2018 y 2020 a fin de identificar las principales fuentes de emisión de GEI y facilitar la toma de decisiones políticas más efectivas para la reducción de emisiones.

Por todo lo anteriormente mencionado es necesario recalcar la importancia de medir nuestra huella de carbono, ya que a través de ella conoceremos el impacto que estamos generando al ambiente mediante nuestras actividades cotidianas y asimismo aplicar medidas que nos permitan reducir nuestra huella de carbono mejorando nuestros hábitos y contribuyendo cada día al cambio que esperamos en el medio ambiente. Hoy en día, las grandes y hasta las pequeñas industrias han tomado la iniciativa de realizar la medición de su HdC, ya que a través de ella se pueden gestionar estrategias de reducción enfocados en los focos de emisión identificados. Esto podría reconocerse como una oportunidad para realizar proyectos de reducción y eficiencia, promoviendo el trabajo productivo con miras a la carbono neutralidad de la organización interesada.

Es importante resaltar también el gran trabajo de nuestros representantes políticos, ya que, en su esmero por hacer frente al cambio climático, crean nuevas normativas que exigen urgentemente se ejecute un plan de acción por parte de la sociedad en general a fin de que se pueda minimizar el gran impacto que venimos generando al ambiente a través de los años. Es así que se espera que se cumpla con las metas propuestas en la COP 26 en la que se destaca de que el carbón, es la principal fuente del calentamiento

global y existe un compromiso para reducir su uso. Sin embargo, aún estamos en ese camino y como un país comprometido en generar un cambio es que estamos en esa sucesión con el fin de reducir nuestras emisiones y optando por medidas más amigables con el medio ambiente.

## VI. CONCLUSIONES

- En concordancia y estrictamente de acuerdo a la orientación metodológica establecida por los parámetros de la Norma ISO 14064-1, se han reglamentado las pautas básicas para la medición de la HdC. Por otro lado, ha sido necesario el uso de los parámetros de la IPCC en cuanto a su documento de apoyo para la clasificación de los factores de emisión conversión y ecuaciones empleadas en el presente estudio, que están poco detallados, poco precisados en esta norma.
- Determinamos las emisiones de GEI en cuanto al CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O estimados los tres alcances del MINEM. Los hallazgos establecieron que el GEI más significativo para el año 2020 fue el dióxido de carbono con un total de 37,856.71 tCO<sub>2e</sub> y para el año 2018 fue el metano, con un total de 19,056.43 tCO<sub>2e</sub>.
- Del mismo modo, se estableció que el primer alcance por uso de combustibles suele ser el más significativo refiriéndose a las emisiones de GEI originadas en ambos años de estudio.
- El resultado de la HdC generada por el MNEM del año 2018 fue de 18,663.73 tCO<sub>2e</sub> y en el 2020 un total de 39,077.68 tCO<sub>2e</sub>; por lo tanto, se evidencia una variación de 109% respecto del 2018.
- La huella de carbono del MINEM durante los años 2018 y 2020 es producida por el combustible (alcance 1) y responde al 98.67% de emisiones de GEI en el año 2018 y 99.46% en el año 2020. Así mismo, una de las fuentes primordialmente emiten de GEIs en equipos móviles está dado por el consumo de GLP para el transporte y uso de vehículos del MINEM, con un aporte de 98.02% en el año 2018 y 99.04% en el año 2020.
- Con respecto al cálculo de la HdC del Ministerio de Energía y Minas de los años 2018 y 2020 respectivamente, pueden mejorar y dar mayor espacio a las ideas que confluyan dentro de la institución de acuerdo al uso de diferentes bienes y recursos con el propósito de minimizar su HdC.

- La capacitación de los colaboradores acerca de las formas adecuadas de manejo y uso de energía, y su corolario de eficiencia energética, usos de fuentes limpias o con menor impacto implicaría mayores beneficios en cuanto a la institución, ya que esta a su vez permitirá minimizar los costos de facturación de los servicios que requiere.

## VII. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones realizadas líneas arriba, resultan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda llevar a cabo un registro del neto de emisión GEI del MINEM identificando los puntos y aspectos que propician la misma.
- Evaluar estrategias más integrales que eviten el consumo innecesario de combustibles.
- En el futuro, para investigaciones que apunten mayor exactitud en cuanto al cálculo de la HdC, se sugiere considerar las cantidades de recargas de extintores y el tipo de gases empleados en los mismos a fin de tener por segura la recopilación y seguimiento de información para medir los GEIs.
- Asimismo, realizar una medición integrando otras emisiones indirectas correspondiente al alcance 3, tales como el transporte casa-trabajo, transporte aéreo, etc.
- Se recomienda realizar una solicitud de información más detallada de los consumos del MINEM a fin de que se pueden logran resultados de mayor certeza sobre su cantidad de huella de carbono.
- De igual manera se recomienda que más entidades del estado se sumen a calcular su huella de carbono a fin de que puedan dar con sus aportantes de emisión de GEI implementar medidas para su reducción y a su vez obtener algún reconocimiento por parte del Ministerio del Ambiente mediante la plataforma Huella de Carbono Perú.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTIZÁBAL, C. E.; GONZÁLEZ, J. L. Aplicación de la Norma NTC-ISO 14064 en el ITM campus Robledo, para la medición de en la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) y la determinación de su Huella de Carbono (HC).
- ARISTIZABAL, Carlos; MANOSALVA, Jose Luis Gonzalez. Application of NTC-ISO 14064 standard to calculate the Greenhouse Gas emissions and Carbon Footprint of ITM's Robledo campus. *Dyna*, 2021, vol. 88, no 218, p. 88-94.
- CABEZAS PARRAGA, Julián David; CHAVARRO MOLINA, Maria Alejandra. Calculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero. 2020.
- CANCÁN BARDALES, Bryan Oriol; CÓRDOVA CARBAJAL, Kelly Elizabeth. Determinación de la huella de carbono en base a la norma ISO 14064-1: 2006 en una planta de tratamiento de residuos peligrosos en Chilca, Lima. 2019.
- CARDONA TABARES, Ana Maria. Diseño e implementación de la norma NTC-ISO 14064: inventario de gases de efecto invernadero-huella de carbono Asemar. 2020.
- CARRILLO GUARANGA, Diego Armando. Determinación de la huella de carbono bajo los estándares de la norma ISO 14064 en el Laboratorio Químico Ambiental "LABSU". 2019. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial (2013). 7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases efecto invernadero. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- Department for Business, Energy y Industrial Strategy - DEFRA. Government Emission Conversion Factors for Greenhouse Gas Company Reporting. Reino unido 2019. Obtenido de <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>

- Diario Gestión. (2020). Perú pasa del 30% al 40% su meta de reducción de gases de efecto invernadero al 2030. Perú. <https://gestion.pe/peru/peru-pasa-del-30-al-40-su-meta-de-reduccion-de-gases-de-efecto-invernadero-al-2030-noticia/>
- DURAN ALONZO, David Antonio. Factibilidad para el desarrollo de un modelo de unidad verde, en cumplimiento a la norma Técnica ISO 14,064-1 sobre el desarrollo sostenible en un edificio de oficinas. 2020. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- ESPINDOLA, César y VALDERRAMA, José O. Carbon Footprint. Part 1: Concepts, Estimation Methods and Methodological Complexities. *Inf. tecnol.* [online]. 2012, vol.23, n.1 [citado 2021-10-16], pp.163-176. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642012000100017&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100017&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>.
- Escenarios de Mitigación del Cambio Climático en el Perú al 2050. Documento técnico, Planificación al Cambio Climático por Gutiérrez María [et al]. Lima, 2014. 28pp.
- Escenarios de mitigación del Cambio climático en el Perú al 2050. Proyecto planificación ante el cambio climático del Perú, resultados de la fase 1. PlanCC. 2014.
- FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar; HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. Metodología de la Investigación. Editorial McGraw Hill, 2014.
- FERRER-GUTIÉRREZ, Juan Pedro, et al. Huella de carbono de la Universidad Técnica de Machala período 2018-2020. Dominio de las Ciencias, 2021, vol. 7, no 5, p. 78-92.
- FERREIRA TILANO, Beatriz I. Estimación de la huella de carbono de la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla utilizando la NTC-ISO 14064: 2006. 2018. Tesis Doctoral.
- GALARZA BALDEÓN, Cinthia Estefania. Estimación de la huella de carbono según la ISO 14064-1 alcance 1 y 2 de una planta productora de concreto premezclado y prefabricado. 2016.

- GARAY C, Katherine Estephania. Determinación de la huella de carbono en el cultivo y procesamiento del café y estrategias para su reducción. 2021.
- GARCÍA, Naula; MISHELL, Karen. Desarrollo de un sistema integrado de gestión energética y carbono neutro, basado en ISO 14064-1, ISO 50001 y modelación 3D.
- GARCIA CAYLLAHUA, Mauricio David. Cálculo de la huella de carbono en la atención de emergencias ambientales de la oficina de Enlace Espinar–OEFA durante los años 2019-2020. 2021.
- Guía para la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero para el sector de desechos (residuos sólidos). Versión 0. Elaborado por el MINAM – Lima, Perú, 2016.
- Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (2006). Mineral Industry Emissions. Estados Unidos: IPCC.
- HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C., & BAPTISTA, P. (2014). /Metodología de la investigación/ Sexta edición.
- HUAMÁN MIGUEL, Jaison Freddy. “Gestión ambiental de procesos en una organización para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero según la norma ISO 14064-1” caso: B/S/H/Home Appliances Group. 2018.
- INAREJOS, C. A. R., et al. Análisis de la huella de carbono de la ETSIT de la UPM y propuesta de mejora basada en datos de la plataforma IoT Smart CEI Moncloa. En Proceedings of the I Congreso Iberoamericano de Ciudades Inteligentes (ICSC-CITIES 2018). 2018.
- LEAL, JB Carrasco. Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa. línea], Disponible: [https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella\\_carbono/informe\\_gei/6\\_anexo\\_3Factores\\_Emission\\_Herramienta\\_Inventario\\_GEI\\_EAB\\_2014.pdf](https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella_carbono/informe_gei/6_anexo_3Factores_Emission_Herramienta_Inventario_GEI_EAB_2014.pdf), 2015.
- MANGIA AMAGUA, Juan Carlos. Cálculo de la huella de carbono de la empresa de servicios logísticos RANSA y determinación de oportunidades de mejora, para la aplicación de sistema de producción más limpia. 2017.

MORALES BLAS, Rita Esthefany. Huella de Carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la Norma ISO 14064-1: 2006, en el Centro de Producción “Productos Unión”. 2018.

Nota técnica para el uso del precio social del carbono en la evaluación social de proyectos de inversión. Primera versión: julio, 2021. Ministerio de Economía y Finanzas – Perú.

PROAÑO GARCÉS, Álvaro Andrés. Plan de gestión ambiental para la reducción de huella de carbono, mediante la consideración de la norma ISO 14064 y la metodología IPCC en el terminal terrestre de la ciudad de Latacunga. 2018. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica.

SAAVEDRA NAVARRO, Kevin Mario. Cálculo de la huella de carbono de EDEGEL SAA en el año 2014, según metodología de la norma ISO 1406-1. 2018.

ZERÓN, M y ARIAS, J. Huella de Carbono según la ISO 14064-1:2011 de las actividades académicas de la Universidad Peruana Unión, sede Lima. Tesis (Grado en Ing. Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019.

Disponible en:  
[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2898/Migumi\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2898/Migumi_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
<b>INDEPENDIENTE</b>					
Huella de carbono del Ministerio de Energía y Minas	La huella de carbono se define como la cantidad total de GEIs causados directa o indirectamente por una organización, un producto o un servicio (ISO 14064-1:2018).	Herramienta de cálculo utilizada para medir las emisiones de gases de efecto invernadero de fuentes directa e indirectas.	Niveles de emisión directas e indirectas	Toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> (Gasolina, diesel y GLP, consumo de energía eléctrica, agua, papel, y generación de RRSS)	Razón
			Niveles de consumo de recursos	Volúmen de combustible (Gasolina 95, gasolina 97, diesel B5 y Gas Licuado de Petróleo)	
			Niveles de generación de residuos sólidos	Masa de residuos sólidos	
<b>DEPENDIENTE</b>					
Alternativas de reducción	Brindar estrategias de reducción de emisiones de GEI con respecto a los resultados obtenidos en el cálculo de la huella de carbono del MINEM.	Realizar un análisis de resultados e identificar los puntos de mejora de acuerdo a la gestión de emisiones de GEI.	Resultados de la huella de carbono	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente	Nominal
			Plan para la mitigación de emisiones de GEI	Medir, gestionar, compensar	

Fuente: Elaboración propia



## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, Dr. Yimi Tom Lozano Sulca docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: “Estimación de la huella de carbono y alternativas para su reducción en el Ministerio de Energía y Minas, Lima, 2018 – 2020”, del autor GERALDINE XIOMARA LLEMPÉN PAREDES, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 19 de noviembre del 2021

Lozano Sulca, Yimi Tom	
DNI: 41134872	
ORCID: 0000-0002-0803-1261	