

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**



TESIS:

**Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono
del mercado Andrés F. Vivanco, distrito de Ayacucho,
provincia de Huamanga - 2024**

Para optar el grado académico de:
MAESTRO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTADO POR:
Bach. Jimmy VARGAS HUAMAN

ASESOR:
MSc. Jorge Adalberto MÁLAGA JUÁREZ

AYACUCHO - PERÚ

2026

DEDICATORIA

A Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios por brindarme la dicha de contar con mi familia y compartir momentos con ellos. También expreso mi reconocimiento a cada uno de mis seres queridos, quienes han estado presentes respaldando cada paso y decisión en este recorrido. Aunque el trayecto no ha sido fácil, su cariño, generosidad y constante apoyo han aligerado el peso de los desafíos. A mi querida familia, les dejo mi más sincero agradecimiento y todo mi aprecio.

RESUMEN

La presente investigación denominada “Estimación y Propuesta de Mitigación de la Huella de Carbono en el Mercado Andrés F. Vivanco, Ayacucho – 2024” tuvo como finalidad cuantificar el impacto ambiental asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades operativas del mercado Andrés F. Vivanco, así como formular estrategias orientadas a su reducción. Este estudio parte del reconocimiento de que, a nivel global, el incremento de GEI provoca alteraciones climáticas, degradación de ecosistemas y afectaciones en la calidad de vida; mientras que, en el contexto local, los mercados de abastos representan fuentes relevantes de emisiones debido al consumo de energía eléctrica, el uso de combustibles fósiles, la utilización de refrigerantes y la generación de residuos sólidos. Para ello, se aplicó una metodología cuantitativa, con enfoque descriptivo y diseño no experimental, empleando los lineamientos de la norma ISO 14064 y las directrices del IPCC, abarcando los tres alcances de emisión siendo el primero el alcance 1 que son las emisiones directas por combustión de combustibles y fugas de refrigerantes, el alcance 2 son las emisiones indirectas por consumo de electricidad, el alcance 3 son las emisiones indirectas provenientes del transporte y de la gestión de residuos sólidos. Los resultados evidenciaron que las mayores cargas de GEI provienen del uso de GLP, con 90 579,93 kg CO_{2e} , empleado en los puestos de comida; seguidos del consumo eléctrico, con 1 322,5 kg CO_{2e} ; el transporte de mercancías, con 118 980,93 kg CO_{2e} ; y la inadecuada gestión de residuos sólidos, que generó 375 070 kg CO_{2e} . En respuesta a ello, se plantearon diversas medidas de mitigación dirigidas a optimizar el uso energético, promover la incorporación de energías renovables, mejorar los sistemas de manejo de residuos y fomentar prácticas de transporte sostenible. La aplicación de estas estrategias permitiría una reducción significativa de la huella de carbono del mercado y podría replicarse en otros centros de abasto con características similares. Se concluye que es imprescindible que las autoridades locales asuman un rol más activo frente al cambio climático, impulsando transformaciones sostenibles que aseguren un uso eficiente de los recursos y un menor impacto ambiental.

Palabras clave: Huella de carbono, gases de efecto invernadero, mitigación

ABSTRACT

The present research, titled: Estimation and Mitigation Proposal of the Carbon Footprint of the Andrés F. Vivanco Market, Ayacucho – 2024, aims to determine the environmental impact, in terms of greenhouse gas (GHG) emissions, generated by the activities of the Andrés F. Vivanco Market, as well as to propose measures to reduce them. At the global level, the increase in GHG emissions causes climate alterations, ecosystem degradation, and a decline in quality of life. In the local context, the market under study is a significant source of emissions due to electricity consumption, fossil fuels, refrigerants, and the generation of solid waste. The research applied a quantitative methodology, with a descriptive approach and a non-experimental design. To estimate the emissions, the ISO 14064 standard and IPCC guidelines were used, considering the following scopes: Scope 1: direct emissions (such as fuels and refrigerants); Scope 2: indirect emissions from energy consumption; Scope 3: other indirect emissions, such as transportation and waste. The results showed that the main sources of GHG emissions come from the use of LPG in food stalls, electricity consumption, goods transportation, and inadequate solid waste management. The mitigation proposal includes optimizing energy use, incorporating clean energy sources, improving waste treatment, and promoting sustainable transportation. These measures would significantly reduce the carbon footprint and could be replicated in other markets. The research concludes that it is urgent for local authorities to adopt an active role in addressing climate change, promoting sustainable transformations that foster markets with lower environmental impact and greater resource efficiency.

Keywords: Carbon footprint, greenhouse gases, mitigation

ACRÓNIMOS

- APA** – American Psychological Association. Asociación Americana de Psicología.
- CH₄** – Metano.
- CO₂** – Dióxido de carbono.
- CO_{2e}** – Dióxido de carbono equivalente.
- FAO** – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- GEI** – Gases de efecto invernadero.
- HFCs** – Hidrofluorocarbonos.
- IEC** – International Electrotechnical Commission. Comisión Electrotécnica Internacional.
- INEI** – Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú).
- IPCC** – Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.
- ISO** – Organización Internacional de Normalización.
- MINAM** – Ministerio del Ambiente (Perú).
- MTC** – Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú).
- N₂O** – Óxido nitroso.
- ONU** – Organización de las Naciones Unidas.
- PCG** – Potencial de calentamiento global.
- PFCs** – Perfluorocarbonos.
- PNUMA** – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- SF₆** – Hexafluoruro de azufre.
- WBCSD** – World Business Council for Sustainable Development. Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible.
- WRI** – World Resources Institute. Instituto de Recursos Mundiales.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN	xi
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema General.....	3
1.2.2 Problemas Específicos.	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación e importancia	4
1.5 Hipótesis	6
1.5.1 Hipótesis Principal	6
1.5.2 Hipótesis Específicas	6
1.6 Variables de investigación	6
1.6.1 Variable dependiente.....	6
1.6.2 Variables independientes	7
1.6.3 Operacionalización de variables	7
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Antecedentes	8
2.1.1 Antecedentes nacionales	8
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	10
2.2 Bases teóricas.....	11
2.2.1 Gases de efecto invernadero (GEI)	11
2.2.2 Efecto invernadero	16
2.2.3 Huella de carbono	21
2.2.4 Metodologías para la estimación de la huella de carbono.....	22
2.2.5 Organización internacional de normalización (ISO 14064-I).....	26
2.2.6 Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC).....	31
2.3 Definición de términos básicos	32
2.3.1 Huella de carbono	32

2.3.2 Gases de efecto invernadero (GEI)	32
2.3.3 CO ₂ equivalente (CO ₂ eq)	32
2.3.4 Fuentes de emisión.....	32
2.3.5 Alcances de la huella de carbono (según el IPCC)	33
2.3.6 Mitigación	33
2.3.7 Inventario de emisiones	33
2.3.8 Potencial de calentamiento global.....	33
2.3.9 Factores de emisión.....	33
2.3.10 Desarrollo sostenible.....	33
CAPITULO III.....	34
MÉTODOS, AREA DE ESTUDIO Y DATOS	34
3.1. Métodos y alcance de la investigación.....	34
3.1.1. Método de la investigación	34
3.1.2 Nivel y tipo de investigación	34
3.2 Materiales.....	34
3.3. Descripción del área de estudio y datos	35
3.3.1 Ubicación del área geográfica de estudio.....	35
3.3.2 Clima, topográfica y principales actividades	36
3.3.3 Área y datos de estudio del mercado Andrés F. Vivanco	36
3.4. Materiales y equipos	38
3.5. Métodos.....	38
3.5.1 Población y muestra.	38
3.6 Limites organizacionales y operacionales	39
3.6.1 Limites organizacionales.....	39
3.6.2 Selección del año base	40
3.6.3 Limites operacionales	40
3.7 Emisiones directas	42
3.7.1 Emisión por combustión estacionaria	42
3.7.2 Emisión por el uso de refrigerantes.....	45
3.8 Emisiones indirectas	48
3.8.1 Emisión por electricidad	48
3.8.2 Emisión por el traslado de personas y mercaderías	52
3.8.3 Emisión por la disposición de residuos sólidos.....	55
CAPITULO IV.....	64
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	64

4.1 Emisiones directas por combustión estacionaria	64
4.2 Emisiones directas por el uso de refrigerantes.....	69
4.3 Emisiones indirectas por electricidad	71
4.4 Emisiones indirectas por el traslado de personas y mercaderías	73
4.5 Emisiones indirectas por la disposición de residuos sólidos municipales	77
4.6 Reporte de emisiones totales.....	80
4.7 Medidas de mitigación.....	81
4.7.1 Medidas de mitigación por el consumo de electricidad	82
4.7.2 Medidas de mitigación por el traslado de personas y mercaderías	86
4.7.3 Medidas de mitigación por disposición de residuos sólidos municipales.....	87
CAPITULO V	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
5.1 Conclusiones	95
5.2 Recomendaciones	96
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	97
ANEXOS	102
1. Matriz de consistencia.....	102
Independientes	102
Anexo 2: Consumo diario en los puestos de comida de combustible (GLP).....	103
Anexo 3: Cantidad de equipos refrigerantes en la sección carne roja	106
Anexo 4: Encuesta a los comerciantes	112
Anexo 5: Nivel de ocupación según tipo de vehículos	121
Anexo 6: Cálculo para la obtención de CO ₂ e derivados de residuos sólidos	124
Anexo 7: Panel fotográfico.....	118
Anexo 8: Norma ISO 14064.....	124
Anexo 9: Artículo Científico.....	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Modelo idealizado del efecto invernadero.</i>	19
Figura 2	<i>Radiación entre la atmosfera y la tierra</i>	21
Figura 3	<i>Mapa de delimitación y ubicación geográfica del área de estudio.</i>	35
Figura 4	<i>Mapa de ubicación del mercado Andrés F. Vivanco.</i>	37
Figura 5	<i>Movimiento comercial en el mercado Andrés F. Vivanco.</i>	65
Figura 6	<i>Parámetros de HFC-134 para refrigeración estacionaria</i>	47
Figura 7	<i>Sistema eléctrico convencional nacional</i>	49
Figura 8	<i>procesos de emisión de contaminantes en vehículos automotores.</i>	53
Figura 9	<i>Generación diaria de tipos de residuos.</i>	57
Figura 11	<i>Emisiones anuales de GEI por combustión estacionaria</i>	68
Figura 12	<i>Emisiones en anuales por combustión estacionaria expresadas en CO₂eq.</i>	68
Figura 13	<i>Emisiones anuales de gas refrigerante en el mercado Andrés F. Vivanco.</i>	70
Figura 14	<i>Emisiones anuales de gas refrigerante expresadas en CO₂eq.</i>	70
Figura 15	<i>Emisiones de GEI por el uso de electricidad</i>	72
Figura 16	<i>Distribución de comerciantes según el tipo de transporte.</i>	74
Figura 17	<i>Distribución de comerciantes en porcentaje según el tipo de transporte.</i>	75
Figura 18	<i>Emisiones de CO₂ generadas según el tipo de transporte durante el año 2024.</i>	76
Figura 19	<i>Emisiones en porcentaje de CO₂ generadas el tipo de transporte durante el año 2024 ...</i>	76
Figura 20	<i>Emisiones de CH₄ por disposición de residuos sólidos municipales durante el año 2024</i>	78
Figura 21	<i>Cantidad porcentual de emisiones de metano durante el año 2024.</i>	78
Figura 22	<i>Emisiones CO₂eq por disposición de residuos sólidos municipales durante el año 2024.</i>	79
Figura 23	<i>Composición de los residuos reaprovechables y no reaprovechables</i>	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Potencial de Calentamiento Global para los GEI</i>	15
Tabla 2 <i>Fuentes de emisión</i>	16
Tabla 3 <i>Número de Comerciantes de Acuerdo a la Actividad</i>	64
Tabla 4 <i>Alcance de las Fuentes de Emisión</i>	41
Tabla 5 <i>Consumo Total de GLP en los puestos de Comida</i>	43
Tabla 6 <i>Parámetros de Emisión y Valor Calorífico Neto de GLP</i>	44
Tabla 7 <i>Poder de Calentamiento Global de los Principales GEI</i>	44
Tabla 8 <i>Cantidad de equipos Refrigerantes en el Mercado</i>	46
Tabla 9 <i>Consumo de energía eléctrica en el mercado Andrés F. Vivanco , año 2024</i> .	50
Tabla 10 <i>Factores de Emisión por Consumo de Energía Eléctrica</i>	51
Tabla 11 <i>Factores de emisión por tipo de Vehículo en kg/km.</i>	55
Tabla 13 <i>Composición de residuos sólidos en el mercado Andrés F. Vivanco por día.</i>	58
Tabla 14 <i>Parámetros de emisiones de residuos sólidos destinados al relleno sanitario.</i>	62
Tabla 15 <i>Emisiones de GEI por combustión estacionaria</i>	67
Tabla 16 <i>Emisiones anuales de gas refrigerante (HFCs) en el mercado Andrés F. Vivanco</i>	69
Tabla 17 <i>Emisiones de GEI por uso de electricidad</i>	71
Tabla 18 <i>Emisiones totales de GEI en el mercado</i>	81
Tabla 19 <i>Programa de la estrategia de sustitución de luminarias</i>	84
Tabla 20 <i>Programa de la estrategia de la sensibilización de los comerciantes</i>	85
Tabla 21 <i>Programa de la estrategia de uso de bicicleta o caminar.</i>	87
Tabla 22 <i>Generación por clasificación de residuos sólidos</i>	88
Tabla 23 <i>Color del recipiente de almacenamiento</i>	90
Tabla 24 <i>Programa de la estrategia de mejorar la segregación de residuos sólidos</i>	91
Tabla 25 <i>Protocolo de reaprovechamiento de residuos sólidos</i>	93

INTRODUCCIÓN

En marzo de 2023, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático presentó su informe, en el cual se advierte que la temperatura media del planeta ha aumentado aproximadamente 1,1 °C en comparación con los niveles preindustriales (IPCC, 2023). Este incremento se explica, en gran medida, por la creciente concentración de gases de efecto invernadero (GEI) derivados de actividades humanas, cuya intensidad entre los años 2010 y 2019 alcanzó los niveles más altos registrados en la historia moderna. Esta tendencia de calentamiento, lejos de estabilizarse, continúa profundizándose y se manifiesta en efectos cada vez más notorios sobre los ecosistemas y las comunidades humanas. Numerosas investigaciones coinciden en que, si el aumento de la temperatura global supera los 1,5 °C, muchos de los impactos previstos podrían ser irreversibles, como la intensificación de sequías, olas de calor, inundaciones, retroceso de glaciares, alteración de ciclos hidrológicos y pérdida de biodiversidad (IPCC, 2019). Dichas afectaciones repercuten de manera más severa en las poblaciones vulnerables, particularmente en regiones en desarrollo, donde las desigualdades sociales y económicas exacerban la inseguridad alimentaria, hídrica y sanitaria. Frente a este escenario, el IPCC destaca la urgencia de acelerar la transición hacia tecnologías limpias y de fortalecer la protección y restauración de ecosistemas naturales que funcionan como sumideros de carbono y como barreras que reducen la vulnerabilidad frente a desastres climáticos.

El reconocimiento de que el cambio climático es impulsado por las acciones humanas ha llevado a que la cuantificación de las emisiones de GEI se convierta en un componente fundamental para asumir de manera consciente la responsabilidad ambiental de cada organización, territorio o sector productivo (Ihobe, 2013). Medir las emisiones permite conocer el nivel real de impacto generado y constituye el punto de partida para la implementación de políticas de mitigación. En este marco, la huella de carbono se ha consolidado como un indicador clave para evaluar los efectos climáticos derivados de actividades específicas, pues permite integrar en una sola medida todas las emisiones directas e indirectas de GEI expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente, lo que facilita la comparación, el análisis y la toma de decisiones estratégicas. Su uso, además, fortalece la responsabilidad social institucional, impulsa la eficiencia energética y promueve una cultura ambiental tanto en organizaciones como en la ciudadanía.

La importancia de evaluar este problema radica en que los mercados de abasto, por su dinámica funcional intensa, representan escenarios decisivos para promover prácticas

sostenibles que contribuyan a la mitigación del cambio climático. La medición de su huella de carbono no solo permite estimar el impacto ambiental actual, sino también identificar los procesos más emisores, plantear alternativas de reducción y orientar políticas de gestión ambiental local. Asimismo, la implementación de medidas de mitigación en espacios de alta concurrencia poblacional genera beneficios directos, como la disminución de riesgos sanitarios, la optimización del uso de recursos energéticos y el fortalecimiento de la conciencia ambiental entre comerciantes y usuarios.

En la ciudad de Ayacucho, el mercado Andrés F. Vivanco constituye un espacio tradicional de abastecimiento que desempeña un papel económico, social y cultural relevante. No obstante, su funcionamiento cotidiano genera impactos ambientales que requieren atención. El consumo de energía eléctrica para iluminación, conservación de productos y funcionamiento de equipos; la utilización de combustibles fósiles como el GLP en las áreas de preparación de alimentos; el uso de refrigerantes con elevado potencial de calentamiento global en equipos de congelación y refrigeración; así como la gestión deficiente de residuos sólidos, son actividades que incrementan de manera significativa la emisión de GEI en el entorno urbano. Estos factores convierten al mercado en un punto crítico de generación de emisiones, situación que se agrava al no existir estudios previos que permitan conocer la magnitud de su huella de carbono ni diseñar estrategias de intervención adecuadas.

En ese contexto, la presente investigación se desarrolló con el propósito de cuantificar la huella de carbono generada en el mercado Andrés F. Vivanco durante el año 2024 y de proponer estrategias de mitigación fundamentadas en criterios de sostenibilidad y viabilidad técnica. Para ello, se planteó identificar y cuantificar las principales fuentes emitidas por las actividades del mercado, comprendiendo el consumo energético, el uso de combustibles, los sistemas de refrigeración y la generación de residuos. Sobre esa base, se buscaron diseñar alternativas que permitan reducir las emisiones de GEI y sentar las bases para la implementación de mejoras ambientales replicables en otros mercados de la región. Con ello, se espera contribuir a la formulación de políticas locales orientadas a la adaptación y mitigación del cambio climático, reforzando el compromiso institucional y comunitario hacia un desarrollo más sostenible y resiliente.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento del Problema

El cambio climático representa uno de los desafíos más significativos para la humanidad en este siglo, no solo desde el punto de vista ambiental, sino también en términos sociales y económicos. Este fenómeno se ve intensificado principalmente por el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, generado por actividades humanas como el uso extensivo de combustibles fósiles, la destrucción de áreas boscosas, la agricultura a gran escala y el empleo de determinados compuestos industriales (IPCC, 2019).

Desde la era industrial, la emisión de gases como el dióxido de carbono (CO_{2e}), el metano (CHO_4), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los hidrofluorocarbonos (HFCs) ha crecido de manera acelerada, contribuyendo al incremento de la temperatura promedio del planeta. Como consecuencia, se han producido transformaciones climáticas drásticas, tales como el retroceso de glaciares, la elevación del nivel del mar, fenómenos meteorológicos extremos y alteraciones en diversos ecosistemas.

Pese a la existencia de tratados globales como el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, las emisiones continúan aumentando, impulsadas por el desarrollo económico, el uso intensivo de energía y la expansión industrial. Si no se aplican acciones concretas para frenar este crecimiento, las consecuencias sobre la biodiversidad, la seguridad alimentaria y la salud pública podrían volverse irreparables.

Frente a esta situación, es fundamental diseñar e implementar políticas de mitigación y adaptación, que incluyan la promoción de fuentes renovables de energía, el incremento de la eficiencia en el uso energético, la restauración de áreas forestales y el control de emisiones derivadas de productos industriales. Asimismo, se requiere fortalecer los compromisos internacionales y fomentar la conciencia social de la urgencia de actuar frente al cambio climático. En este contexto, la huella de carbono se ha convertido en una herramienta esencial para cuantificar el impacto ambiental que tienen las actividades humanas, productos, organizaciones o países en términos de emisiones de GEI (Ihobe, 2013).

Los centros de abasto cumplen una función relevante en el abastecimiento de productos básicos, pero también generan un considerable nivel de emisiones de GEI. Calcular la huella

de carbono en los mercados de abasto es importante porque permite comprender y gestionar el impacto ambiental real de estos espacios, que suelen concentrar actividades con alto consumo de energía, generación de residuos y uso de refrigerantes. La huella de carbono permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las operaciones del mercado, tanto directas (como el empleo de gases refrigerantes HFC en cámaras y vitrinas) como indirectas (consumo de electricidad, transporte de alimentos, manejo de residuos). Esta cuantificación no solo muestra cuánto se emite, sino también de dónde provienen las emisiones, lo que facilita identificar las actividades críticas y priorizar intervenciones.

El mercado Andrés F. Vivanco se ubica dentro del casco monumental de la ciudad de Huamanga, espacio que posee un alto valor histórico, cultural y social (García, 2022). Debido a esta condición, cualquier propuesta de intervención o mejora en su infraestructura requiere considerar de manera rigurosa la conservación del patrimonio y la protección del entorno. En ese sentido, la estimación de la huella de carbono se convierte en una herramienta esencial, ya que permite orientar acciones que sean ambientalmente responsables y coherentes con la preservación del área. La evaluación de dicha huella facilita la identificación precisa de las principales fuentes de emisiones presentes en el mercado, entre las que destacan el consumo de energía eléctrica para iluminación y ventilación, el uso de sistemas de refrigeración que pueden emplear gases HFC, el transporte de mercancías y usuarios, así como la gestión de los residuos orgánicos generados diariamente. Al cuantificar estas emisiones es posible determinar qué actividades tienen mayor contribución y, por ende, priorizar medidas de mitigación más efectivas. Además, el mercado Andrés F. Vivanco es un espacio donde convergen comerciantes, consumidores, autoridades locales y operadores logísticos; por ello, medir la huella de carbono fomenta una gestión más sostenible y responsable, al generar evidencia científica que respalde decisiones municipales o regionales. Esta información puede integrarse en instrumentos de gestión ambiental, como los planes de ecoeficiencia, los programas de gestión de residuos o, más recientemente, registros nacionales de huella de carbono voluntaria.

Asimismo, contar con información técnica confiable, relacionada con consumos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero, resulta especialmente valioso para la planificación de obras y la gestión de posibles conflictos. Esto se debe a que, en años anteriores, el mercado ha sido objeto de controversias vinculadas a la implementación de equipamientos como frigoríficos o procesos de rehabilitación. Disponer de datos objetivos permite sustentar

adecuadamente las propuestas de mejora, facilita el diálogo con los comerciantes y fortalece la toma de decisiones por parte de las autoridades locales.

En ese sentido, cuantificar la huella de carbono del mercado Andrés F. Vivanco permite no solo identificar áreas donde se puede mejorar, sino también gestionar los recursos de forma más racional, reducir gastos y disminuir el impacto ambiental. La adopción de medidas sostenibles en estos entornos no solo fortalece la lucha contra el cambio climático, sino que también genera beneficios directos para los comerciantes, consumidores y la sociedad en general.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General.

¿En qué nivel el Mercado Andrés F. Vivanco genera Huella de Carbono durante el año 2024 y qué medidas de mitigación pueden aplicarse para disminuir el impacto ambiental asociado a dichas emisiones?

1.2.2 Problemas Específicos.

- ¿Qué actividades del Mercado Andrés F. Vivanco constituyen las principales fuentes de gases de efecto invernadero?
- ¿Qué alternativas de mitigación resultan adecuadas para reducir la Huella de Carbono generada por el mercado?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Cuantificar la Huella de Carbono generada por el Mercado Andrés F. Vivanco en el año 2024 y formular propuestas de mitigación orientadas a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar y medir las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero presentes en las actividades del Mercado Andrés F. Vivanco.

- Diseñar medidas de mitigación técnica y ambientalmente viables para disminuir la Huella de Carbono del mercado.

1.4 Justificación e Importancia

La medición de la huella de carbono se ha convertido en una herramienta fundamental para comprender el impacto ambiental derivado de diversas actividades económicas y sociales. Según Almanza (2024), este indicador permite estimar la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por una organización, proceso o producto, información que es esencial para identificar los principales focos emisores y diseñar estrategias de mitigación efectivas. En el contexto actual de emergencia climática global, disponer de datos precisos sobre las emisiones constituye un requisito indispensable para orientar acciones de reducción y contribuir al cumplimiento de compromisos internacionales como el Acuerdo de París, que exige a los países adoptar medidas concretas para limitar el calentamiento global.

La importancia de evaluar la huella de carbono también se relaciona con el fortalecimiento de las normativas ambientales y la creciente presión de gobiernos, organismos multilaterales y mercados internacionales por avanzar hacia prácticas de producción y consumo sostenibles. Normas como la ISO 14064, junto con las directrices del IPCC (2019), establecen parámetros técnicos para la cuantificación y verificación de emisiones. Su cumplimiento no solo representa un compromiso institucional con la sostenibilidad, sino que permite mejorar la competitividad de las organizaciones al alinearlas con estándares globales exigidos por proveedores, clientes e inversionistas. En este sentido, medir la huella de carbono no es una acción aislada, sino parte de una estrategia más amplia de gestión ambiental y mejora continua.

Sin embargo, la justificación de este estudio se enmarca particularmente en la realidad local del Mercado Andrés F. Vivanco, ubicado en el casco urbano de la ciudad de Huamanga, Ayacucho. Este establecimiento constituye uno de los principales centros de abastecimiento de productos alimentarios y comerciales de la población, concentrando diariamente actividades relacionadas con el consumo energético, la generación de residuos sólidos y el transporte de mercancías. A pesar de su importancia socioeconómica, no se cuenta con evaluaciones previas que determinen la magnitud de sus emisiones de GEI ni el impacto que estas generan en el ambiente urbano. Esta ausencia de información limita la capacidad del gobierno local y de los actores del mercado para formular políticas o acciones correctivas basadas en evidencia.

Asimismo, los mercados de abastos en ciudades intermedias como Huamanga suelen carecer de una adecuada gestión de residuos, infraestructuras eficientes y prácticas sostenibles, lo que intensifica la generación de emisiones. La presencia de cámaras frigoríficas, equipos de refrigeración antiguos, luminarias de bajo rendimiento y un manejo deficiente de residuos orgánicos incrementa significativamente el impacto climático del establecimiento. En este sentido, realizar un estudio de huella de carbono en el Mercado Andrés F. Vivanco permite visibilizar un problema ambiental que pasa desapercibido debido a la falta de monitoreo sistemático, pero que tiene repercusiones directas en la calidad del aire, el consumo energético urbano y la salud pública.

El estudio también es relevante porque el mercado forma parte de una zona con alto valor patrimonial, cultural y turístico. El casco histórico de Huamanga demanda una gestión ambiental más rigurosa, ya que la acumulación de residuos, el uso ineficiente de energía y las emisiones asociadas al transporte comercial contribuyen al deterioro del entorno urbano. Evaluar la huella de carbono en esta área no solo permite conocer la presión ambiental que ejerce el mercado, sino también diseñar medidas que armonicen su funcionamiento con la conservación del patrimonio y las políticas municipales de sostenibilidad.

Desde un enfoque técnico, el análisis de la huella de carbono facilitará la identificación de puntos críticos de consumo energético y generación de residuos en las distintas áreas del mercado, lo que permitirá proponer medidas orientadas a la eficiencia operativa, la reducción de costos y la modernización tecnológica. Por ejemplo, sustituir equipos de refrigeración obsoletos, optimizar el manejo de residuos orgánicos mediante compostaje o biodigestión, o promover el uso de energía renovable son intervenciones viables que pueden generar beneficios ambientales y económicos a mediano plazo.

A nivel social, el estudio aporta a la sensibilización de comerciantes, usuarios y autoridades respecto a su rol en la mitigación del cambio climático, fomentando una cultura de responsabilidad ambiental dentro de uno de los espacios comerciales más concurridos de la ciudad. La disponibilidad de información clara sobre las emisiones generadas permitirá tomar decisiones más conscientes y promover buenas prácticas como la segregación en la fuente, el ahorro energético, la valorización de residuos y la adopción de tecnologías limpias.

Además, la importancia de esta investigación radica en que sus resultados pueden servir de referencia para otros mercados de la región y del país, contribuyendo al diseño de políticas

públicas locales orientadas a la sostenibilidad. La generación de evidencia científica desde contextos reales y cotidianos, como el mercado de abastos, permite articular acciones entre municipalidades, comerciantes, instituciones ambientales y la ciudadanía, fortaleciendo la gobernanza climática a nivel territorial.

Finalmente, la reducción de la huella de carbono no solo representa una mejora ambiental, sino también un acto de equidad social. Las poblaciones más vulnerables, que suelen vivir cerca de zonas comerciales densas o en áreas expuestas a contaminación, son las que sufren en mayor medida los efectos del cambio climático y la degradación ambiental. Por ello, intervenir en espacios como el Mercado Andrés F. Vivanco contribuye a mejorar la calidad de vida de la población, reducir impactos negativos acumulados y avanzar hacia un modelo de ciudad más sostenible y resiliente.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis Principal

La Huella de Carbono generada en el Mercado Andrés F. Vivanco en 2024 es elevada debido al consumo energético, la generación de residuos y el transporte, y puede reducirse significativamente mediante la implementación de prácticas sostenibles, eficiencia energética y una adecuada gestión de residuos.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- Las principales emisiones de GEI del Mercado Andrés F. Vivanco provienen del uso de energía, la producción de residuos sólidos y el transporte de productos hacia y desde el establecimiento.
- La aplicación de medidas de eficiencia energética, reducción y manejo adecuado de residuos, junto con la promoción de medios de transporte sostenibles, permitirá disminuir la Huella de Carbono del Mercado Andrés F. Vivanco

1.6 Variables de Investigación

1.6.1 Variable Dependiente

Huella de Carbono del mercado Andrés F. Vivanco.

1.6.2 Variables Independientes

- Fuentes de emisión de GEI
- Estrategias de mitigación de la Huella de Carbono.

1.6.3 Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Definición operacional
Huella de Carbono del mercado Andrés F. Vivanco (V.D)	Representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2010; Wiedmann, 2009).	Alcance 1 (emisiones directas) Alcance 2 (emisiones indirectas) Alcance 3 (Otras emisiones indirectas)	tCO _{2e} equivalente total	Cuantificar las emisiones de GEI aplicando la norma ISO 14064.
Fuentes de emisión de GEI (V.I)	Actividades relacionadas con el sector energético que representan 26% de las emisiones, seguido del sector industrial (19%), forestal (17%), agrícola (14%), residencial y comercial (8%) y de manejo de desechos (3%) (IPCC, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de combustibles fósiles. • Consumo de energía eléctrica. • Uso de refrigerantes 	Emisiones de GEI por categoría de fuente	Identificar las fuentes de emisiones de GEI siguiendo las directrices del IPCC.
Estrategias de mitigación de la Huella de Carbono. (V.I)	Referido a la implementación de estrategias y acciones destinadas a reducir las emisiones de GEI generadas por actividades humanas. (Moreno et al, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> •Eficiencia energética. •Energías limpias. •Gestión de residuos. •Transporte sostenible 	Numero de estrategias de mitigación de GEI	Diseñar medidas de mitigación, evaluando su impacto en la reducción de la huella de carbono

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Locales

La tesis desarrollada por Ayala Junco y Cordero (2021), titulada “*Estimación de la Huella de Carbono de la Municipalidad Distrital de Tambo-Provincia La Mar-Región de Ayacucho - 2020*”, constituye una investigación aplicada orientada a cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero de la gestión municipal. El estudio emplea metodologías del IPCC y lineamientos nacionales para identificar las principales fuentes emisoras institucionales. Sus resultados permiten establecer una línea base para proponer medidas de mitigación. Además, aporta un referente metodológico útil para gobiernos locales de características similares. Su enfoque resalta la importancia de integrar criterios ambientales en la administración pública.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

El documento desarrollado por el Ministerio del Ambiente (2016) se presenta como un informe técnico de carácter institucional que examina exhaustivamente el comportamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en el territorio peruano durante el periodo comprendido entre los años 2000 y 2012. Este análisis se sustenta en la recopilación y sistematización de datos provenientes de sectores estratégicos, entre ellos energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso del suelo y manejo de residuos. La información generada constituye un soporte científico relevante para la formulación y fortalecimiento de las políticas nacionales orientadas a enfrentar el cambio climático. Asimismo, el inventario cumple un rol clave en la supervisión de los compromisos internacionales asumidos por el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, permitiendo identificar patrones de emisión y establecer prioridades de mitigación dentro de la gestión ambiental pública. Dada su naturaleza oficial, el estudio se consolida como una referencia metodológica para posteriores evaluaciones nacionales en materia de emisiones.

Por su parte, el estudio realizado por Gamarra y Huamán (2018) corresponde a una investigación científica enfocada en la estimación de la huella de carbono de una empresa agroexportadora ubicada en la región Ica. La metodología aplicada se basa en los lineamientos propuestos por el IPCC, considerando tanto emisiones directas como indirectas asociadas a las

actividades productivas. Los resultados del análisis señalan a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y al transporte de productos como las principales fuentes de generación de gases de efecto invernadero. El trabajo pone en evidencia la necesidad de integrar prácticas agrícolas y logísticas más eficientes en sectores orientados a la exportación. Además, ofrece un enfoque metodológico replicable para empresas con alta dependencia de insumos agrícolas, junto con recomendaciones que contribuyen al fortalecimiento de una gestión ambiental empresarial más sostenible.

El trabajo de Gómez y Salazar (2019), constituye un artículo científico que evalúa la huella de carbono del transporte urbano en Lima Metropolitana mediante herramientas que estiman emisiones por tipo de vehículo y combustible. Identificaron que los automóviles particulares y el transporte público representan las mayores fuentes de GEI, revelando la necesidad de políticas de movilidad sostenible. Su estudio aporta información clave para la planificación urbana y el diseño de estrategias bajas en carbono. Además, subraya la importancia de renovar el parque automotor y adoptar tecnologías limpias. La investigación evidencia el impacto ambiental del transporte en las grandes ciudades del país.

La tesis elaborada por Paredes (2021) aborda la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades desarrolladas en el campus de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. El estudio considera variables vinculadas al uso de energía eléctrica, los desplazamientos habituales de estudiantes, docentes y personal administrativo, así como la generación de residuos sólidos. Los resultados obtenidos indican que el consumo energético representa la principal fuente de emisiones, lo que pone de manifiesto la urgencia de implementar medidas orientadas a la eficiencia energética y a la incorporación de fuentes renovables. De manera complementaria, la investigación plantea acciones de mitigación sustentadas en programas de sensibilización ambiental y en la modificación de prácticas institucionales. Este trabajo se posiciona como un antecedente relevante para investigaciones similares en el ámbito de las instituciones de educación superior.

Por otro lado, la investigación desarrollada por Mera (2020) corresponde a una tesis de carácter aplicado centrada en la determinación de la huella de carbono generada durante el proceso de producción de óxido de calcio en una empresa minera localizada en la región Cajamarca. Para ello, se utilizaron los lineamientos del Protocolo de Gases de Efecto

Invernadero junto con los factores de emisión propuestos por el IPCC, lo que permitió estimar una emisión total anual de 24 328,16 toneladas de dióxido de carbono equivalente en el año 2019, predominando las emisiones directas. A partir de estos resultados, se formularon alternativas de mitigación que incluyen la captura de carbono mediante la reforestación con *Polylepis racemosa* y la adquisición de bonos de carbono, alcanzando escenarios de reducción superiores al 20 %. El estudio demuestra la factibilidad de aplicar estrategias de mitigación climática en procesos industriales del sector minero.

2.1.3 Antecedentes Internacionales

Nicholson et al. (2023), se materializa en un informe técnico de carácter institucional elaborado por el National Renewable Energy Laboratory (NREL), cuyo propósito principal fue examinar el comportamiento del consumo energético y la generación de gases de efecto invernadero en el sector petroquímico de los Estados Unidos. La investigación se orienta a reconocer las fuentes predominantes de emisiones vinculadas a los procesos productivos y a analizar las oportunidades de reducción a través del incremento de la eficiencia energética y la electrificación industrial. Los resultados obtenidos ponen en evidencia que avanzar hacia la descarbonización del sector demanda no solo la incorporación de tecnologías modernas, sino también transformaciones estructurales en la matriz energética utilizada. Asimismo, el informe proporciona información técnica clave que sirve de soporte para la planificación de estrategias de mitigación en industrias manufactureras con elevados requerimientos energéticos, consolidándose como un referente para iniciativas de reducción de emisiones en sectores intensivos en energía.

Liu et al. (2024), corresponde a un artículo científico centrado en el análisis de la generación de residuos sólidos y su contribución a la huella de carbono en mercados minoristas de Brasil, con especial atención a los flujos asociados al desperdicio de alimentos. El estudio cuantifica las emisiones derivadas de distintas fracciones de residuos y examina escenarios de reducción mediante la aplicación de prácticas de gestión responsable y un uso más eficiente de los recursos. Los autores concluyen que la adecuada segregación, valorización de residuos y optimización del consumo energético en los mercados permite lograr reducciones significativas de gases de efecto invernadero. Asimismo, subrayan la necesidad de adoptar esquemas de gestión ambiental basados en los principios de la economía circular, aportando evidencia relevante para fortalecer la sostenibilidad de mercados locales y establecimientos comerciales.

En el ámbito institucional, Aristizábal y González (2021) desarrollaron un artículo científico en el que aplican la norma ISO 14064 para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en el campus Robledo del Instituto Tecnológico Metropolitano, ubicado en la ciudad de Medellín. La investigación definió los límites organizacionales e identificó las fuentes correspondientes a los alcances 1, 2 y 3, permitiendo estimar la contribución total de cada uno a la huella de carbono institucional. Los resultados evidencian que la adopción de metodologías estandarizadas mejora la consistencia y transparencia del inventario de emisiones, fortaleciendo los procesos de gestión ambiental. Además, los autores resaltan la importancia de contar con información confiable como base para la formulación de acciones de mitigación y estrategias de sostenibilidad en instituciones educativas, constituyendo un caso representativo de la aplicación de ISO 14064 en organizaciones latinoamericanas.

Sapkota et al. (2022), analiza las oportunidades de mitigación de gases de efecto invernadero en los sectores de agricultura, silvicultura y uso del suelo (AFOLU) en México, utilizando metodologías alineadas con las directrices del IPCC. La investigación evalúa un conjunto de prácticas sostenibles asociadas a la producción agrícola, la actividad ganadera y el manejo forestal, considerando tanto su viabilidad económica como su capacidad de reducción de emisiones. Los resultados demuestran que acciones como la optimización en el uso de nutrientes, la implementación de sistemas silvopastoriles y la conservación de áreas forestales permiten alcanzar reducciones significativas de emisiones. Asimismo, se destaca el rol fundamental de las políticas públicas para promover la adopción de estas prácticas, consolidando el estudio como un insumo técnico relevante para el diseño de estrategias de mitigación en el sector agropecuario y forestal.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Según Gándara (2011), los gases de efecto invernadero (GEI) son gases que al acumularse en la atmósfera impiden el escape de la radiación infrarroja reflejada por la tierra y son los responsables del efecto invernadero. Los principales son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). En el Protocolo de Kioto, también se hace referencia a los hidrofluorocarbonos (HFC), a los perfluorocarbonos (PFC) y al hexafluoruro de azufre (SF_6) como gases que influyen en el fenómeno de efecto invernadero.

Mencionaremos brevemente cada una de ellas:

➤ ***Dióxido de carbono (CO₂)***

Se trata de un gas presente de forma natural en la atmósfera, generado también como resultado de la combustión de combustibles fósiles provenientes de reservas geológicas antiguas, como el carbón, el petróleo y el gas natural. Además, se libera durante la quema de biomasa, modificaciones en el uso del suelo y ciertas actividades industriales. Este compuesto es considerado el principal gas de efecto invernadero generado por actividades humanas, influyendo significativamente en el balance energético del planeta. Debido a su rol predominante, se utiliza como estándar comparativo para evaluar el impacto climático de otros gases de efecto invernadero, asignándole un Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés) de valor 1. (IPCC, 2007)

➤ ***Metano (CH₄)***

Este gas corresponde al compuesto más sencillo dentro del grupo de los hidrocarburos saturados. No posee color ni olor, es menos denso que el aire, presenta baja solubilidad en agua y su fórmula molecular es CH₄. Su simplicidad estructural favorece su presencia extendida en la naturaleza, ya que suele liberarse durante los procesos de descomposición de materia orgánica. El metano se genera a partir de la unión de átomos de carbono e hidrógeno y se utiliza principalmente como fuente energética. Asimismo, forma parte del conjunto de seis gases de efecto invernadero cuya reducción es prioritaria según lo estipulado por el Protocolo de Kioto (Gándara, 2011).

➤ ***Óxido nitroso (N₂O).***

El óxido nitroso (N₂O) forma parte del grupo de seis gases de efecto invernadero cuya disminución está contemplada en las directrices del Protocolo de Kioto. Su principal origen relacionado con la actividad humana proviene del sector agrícola, especialmente por el manejo de suelos y estiércol. No obstante, también existen fuentes relevantes vinculadas al proceso de aguas residuales, la quema de combustibles fósiles y ciertas actividades industriales del ámbito químico. Además, el N₂O es generado de manera natural por diversos procesos biológicos en suelos y cuerpos de agua, siendo particularmente notable

su producción por microorganismos en ecosistemas como los bosques húmedos tropicales (IPCC, 2014).

➤ ***Hidrofluorocarbonos (HFC)***

Clasificados como gases refrigerantes, los hidrofluorocarbonos (HFC) forman parte del conjunto de seis gases de efecto invernadero regulados por el Protocolo de Kioto. Estos compuestos se desarrollaron comercialmente como alternativa a los clorofluorocarbonos (CFC), debido a su menor impacto sobre la capa de ozono. Actualmente, se emplean en grandes volúmenes en sistemas de refrigeración y en la fabricación de componentes electrónicos, como los semiconductores. Su potencial de calentamiento global (GWP) varía ampliamente, situándose entre 1300 y 11,700 (Gándara, 2011).

➤ ***Perfluorocarbonos (PFC)***

Los perfluorocarbonos (PFC), clasificados como gases de efecto invernadero y también utilizados como refrigerantes, están incluidos dentro de los compuestos regulados por el Protocolo de Kioto. Se originan principalmente a partir de procedimientos industriales como la fabricación de aluminio y el enriquecimiento de uranio. En el ámbito tecnológico, se emplean como reemplazo de los clorofluorocarbonos en la fabricación de dispositivos semiconductores. Estos gases poseen un alto potencial de calentamiento global, que oscila entre 6,500 y 9,200 veces superior al del dióxido de carbono (Gándara, 2011).

Según lo indicado por el IPCC (2007), aunque muchos gases de efecto invernadero (GEI) tienen un origen natural, el aumento significativo de sus concentraciones en las últimas dos décadas se debe, en gran parte, a actividades humanas. Existen también ciertos GEI cuya presencia en la atmósfera es exclusivamente consecuencia de procesos antropogénicos. La contribución de cada gas al calentamiento de la tierra depende tanto de cuánto ha cambiado su concentración en el ambiente durante un periodo determinado como de su capacidad para alterar el equilibrio radiativo del planeta. Las concentraciones actuales de estos gases varían ampliamente, en un rango que abarca más de ocho órdenes de magnitud, al igual que su eficiencia radiativa, que puede diferir en más de cuatro órdenes de magnitud. Estas diferencias reflejan la diversidad en sus propiedades químicas y fuentes de origen.

La cantidad actual de un gas en la atmósfera es el resultado de un balance entre las emisiones y los mecanismos de eliminación ocurridos anteriormente. Los gases y aerosoles generados directamente por la actividad humana o formados a partir de otras sustancias precursoras. En la mayoría de los casos, los procesos físicos y químicos en la atmósfera remueven estos compuestos, excepto el CO₂, que presenta un comportamiento más complejo. Para los demás GEI, dichos procesos tienden a remover una fracción constante del gas cada año, por lo que su vida media puede estimarse como el inverso de esta tasa de eliminación. No obstante, en algunas situaciones, la velocidad con la que estos gases se eliminan varía en función de su concentración o de factores ambientales como la temperatura o la composición química del aire.

Los gases de efecto invernadero de larga duración, como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, son químicamente estables y pueden permanecer en la atmósfera desde varias décadas hasta siglos. Esto significa que sus efectos sobre el clima se mantienen a largo plazo. Además, estos gases tienden a mezclarse rápidamente en toda la atmósfera, lo cual permite estimar sus niveles globales con relativa precisión desde unos pocos puntos de muestreo. En el caso del CO₂, no se puede hablar de una vida media definida, ya que su presencia atmosférica está sujeta a un ciclo constante entre la atmósfera, los océanos y la biosfera, involucrando múltiples procesos con diferentes escalas temporales.

En cambio, los compuestos de vida corta, como el dióxido de azufre y el monóxido de carbono, reaccionan con mayor rapidez y son eliminados mediante procesos naturales de oxidación, deposición en superficies terrestres o arrastre por precipitaciones. Esta característica provoca una gran variabilidad en sus concentraciones. El ozono, por su parte, también actúa como GEI, aunque su formación y destrucción dependen de complejas reacciones químicas en la atmósfera. En la troposfera, las actividades humanas afectan principalmente la formación del ozono a través de sus precursores, mientras que en la estratosfera la reducción de su concentración está más relacionada con la emisión de sustancias como los CFC que aceleran su descomposición.

En marzo de 2023, el IPCC publicó el informe de síntesis que concluye el Sexto Ciclo de Evaluación (AR6), el cual resume ocho años de trabajo científico. Este documento enfatiza la gravedad de la crisis climática actual y la necesidad de actuar con urgencia. Según las proyecciones del informe, si no se aplican políticas más ambiciosas, la temperatura global podría incrementarse hasta 3,5 °C hacia el año 2100, con una variabilidad que oscila entre los

2,2 °C y los 3,5 °C, dependiendo de las decisiones que se adopten. El IPCC advierte que incluso con un aumento de 1,5 °C, ya existen límites para la adaptación de diversos ecosistemas y comunidades humanas, y que cada incremento adicional en la temperatura provocará mayores daños y pérdidas.

Entre los impactos asociados al aumento de la temperatura están los cambios en los patrones de humedad y precipitación, aunque también se prevén consecuencias más severas como la extinción masiva de especies, reducción de la biodiversidad, escasez de recursos hídricos y alimentarios, y el incremento de los desplazamientos humanos y conflictos por los recursos naturales. A pesar de las advertencias científicas, los compromisos actuales de reducción de emisiones son todavía insuficientes. Por ello, la COP28, que se celebrará a finales de año en Emiratos Árabes Unidos, se perfila como una cumbre clave, ya que marcará la primera evaluación global de los avances desde la firma del Acuerdo de París en 2015.

Por otro lado, el impacto de cada gas sobre el calentamiento del planeta depende no solo de su concentración en la atmósfera, sino también de su “potencial de calentamiento global” (PCG), que indica cuánto calor puede retener. Un mayor PCG significa un mayor efecto por unidad de masa liberada. Aunque el dióxido de carbono es el GEI más abundante, no es el más potente: ese lugar lo ocupa el hexafluoruro de azufre, que tiene un PCG mucho más elevado (Ihobe, 2013).

A continuación, se presenta tabla 1 que compara los potenciales de calentamiento global de diferentes gases de efecto invernadero.

Tabla 1

Potencial de calentamiento global de los GEI

Gas de efecto invernadero	Potencial de calentamiento global
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21-23
Óxido nitroso (N ₂ O)	239-310
Perfluorocarbonos (PFC)	5 700-11 900
Hidrofluorocarbonos (HFC)	13 000-14 000
Hexafluoruro de carbono (SF ₆)	23 000

Nota: Adaptado de Ihobe, 2013

Los GEI se generan prácticamente por casi todas las actividades humanas y, por tanto, todos los sectores son responsables de su emisión, como se puede verificar en la Tabla 2.

Tabla 2

Fuentes de Emisión de las principales actividades del hombre

Sector	Fuente de emisión	GEI
Residencial	Consumos de combustibles y electricidad	CO ₂
Servicios	Consumos de combustibles y electricidad	CO ₂
Industria	Consumos de combustibles y emisiones de proceso	CO ₂ , CFC, HFC y SF
Agrario	Utilización de fertilizantes sintéticos, fermentación entérica del ganado, gestión de estiércoles y uso de maquinaria agrícola.	CO ₂ , N ₂ O y CH ₄
Transporte	Consumo de combustible	CO ₂
Residuos	Descomposición de materia orgánica en vertederos, incineración de residuos y transporte	CO ₂ y CH ₄
Sumideros	Cambios de uso en el suelo	CO ₂

Nota: Adaptado de Ihobe, 2013

El vapor de agua y el ozono son antropogénicos al igual que los GEI naturales, pero no se incluyen como GEI reconocidos debido a las dificultades, en la mayor parte de los casos, para aislar el componente de origen humano del calentamiento global atribuible a su presencia en la atmósfera.

2.2.2 Efecto Invernadero

De acuerdo con Gándara (2011), efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite que la Tierra conserve una temperatura adecuada para la vida. Este proceso ocurre porque algunos gases presentes en la atmósfera, como el vapor de agua y el dióxido de carbono, capturan una parte significativa de la radiación infrarroja que la superficie terrestre emite al calentarse por la energía solar, impidiendo que toda esa energía escape directamente al espacio exterior. A través de mecanismos como la radiación, las corrientes de aire, la evaporación, la formación de nubes y las precipitaciones, esta energía se redistribuye en la

atmósfera y finalmente se libera. En este sentido, el CO_2 actúa como un filtro unidireccional: deja pasar la luz solar hacia la Tierra, pero bloquea parcialmente la radiación infrarroja que intenta salir de nuevo al espacio. Cuando se incrementan las emisiones de gases por actividades como la combustión de materia orgánica, la cantidad de CO_2 en la atmósfera aumenta y se altera su capacidad de absorción de calor, afectando el balance energético natural del planeta. Si no se reduce la concentración de estos gases, es probable que el sistema climático sufra alteraciones importantes como consecuencia del exceso de energía retenida.

Según el IPCC (2023), el Sol es la fuente primaria que impulsa el sistema climático terrestre, al emitir radiación de onda corta, principalmente en el rango visible y ultravioleta del espectro. Cerca del 30 % de esta energía es reflejada de inmediato al espacio desde las capas superiores de la atmósfera, mientras que el 70 % restante es absorbido por la superficie terrestre y, en menor medida, por la atmósfera misma. Para mantener un equilibrio térmico, la Tierra debe emitir de vuelta al espacio una cantidad de energía equivalente a la absorbida. Sin embargo, como la temperatura de la Tierra es significativamente menor que la del Sol, esta radiación de retorno ocurre en longitudes de onda más largas, mayormente en el infrarrojo. La atmósfera, incluyendo las nubes, absorbe buena parte de esta radiación infrarroja y la reemite hacia la superficie, creando el llamado efecto invernadero. Al igual que el vidrio de un invernadero físico limita el intercambio de aire y eleva la temperatura interna, la atmósfera actúa como una barrera térmica mediante procesos radiativos. Sin este efecto natural, la temperatura media global estaría por debajo del punto de congelación del agua, lo cual haría inviable la vida tal como la conocemos. No obstante, las actividades humanas, principalmente el uso de combustibles fósiles y la deforestación, han intensificado este fenómeno, generando el calentamiento global.

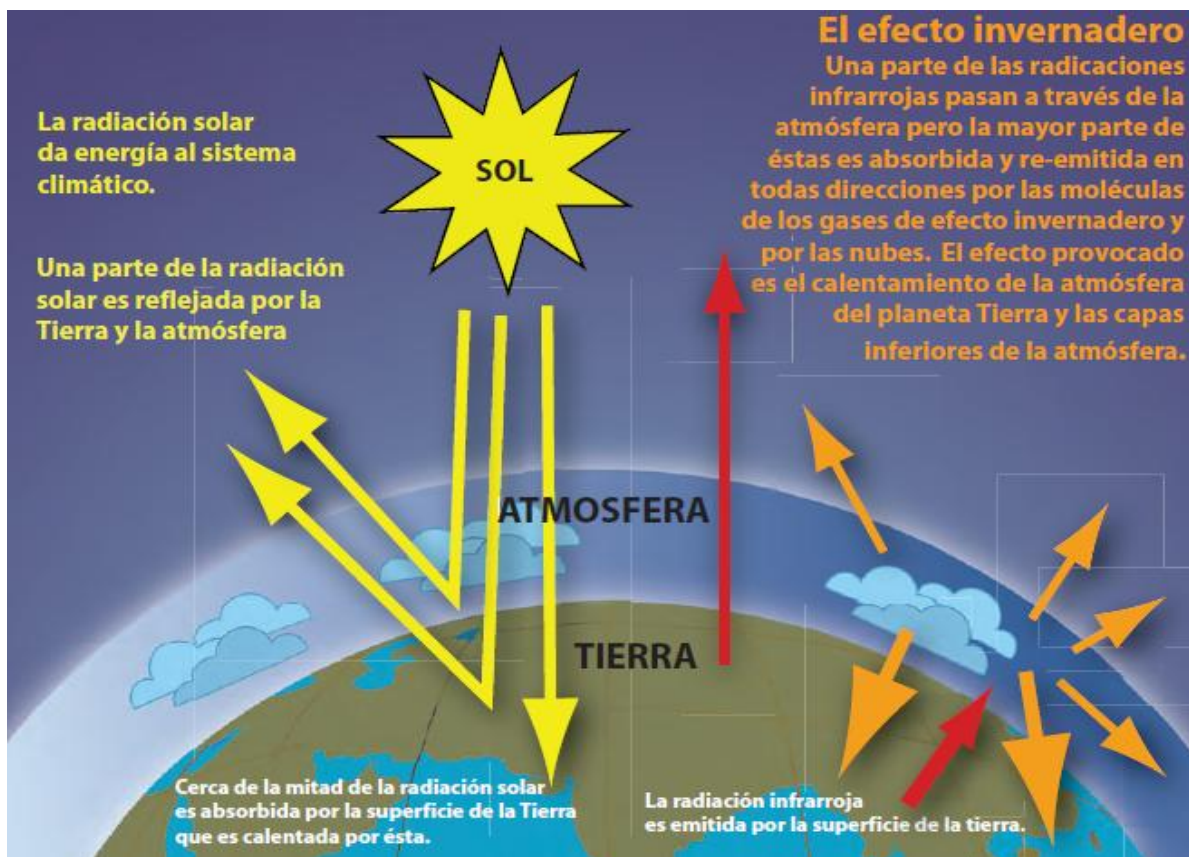
Los gases más comunes en la atmósfera, como el nitrógeno (78 %) y el oxígeno (21 %), no contribuyen significativamente al efecto invernadero (Figura 1). Este se debe a la presencia de gases traza con estructuras moleculares más complejas, como el vapor de agua, que es el más influyente, seguido del dióxido de carbono. Otros compuestos como el metano, el óxido nitroso, el ozono y algunos gases industriales también desempeñan un papel, a pesar de encontrarse en menores concentraciones. En zonas ecuatoriales húmedas, donde ya existe una gran cantidad de vapor de agua, la incorporación adicional de CO_2 o vapor tiene un impacto moderado sobre el balance radiativo. Sin embargo, en regiones frías o en capas atmosféricas superiores con bajo contenido de humedad, incluso pequeñas variaciones pueden provocar

efectos importantes. Elementos del sistema climático como los océanos y los organismos vivos también influyen en los niveles atmosféricos de estos gases. Por ejemplo, las plantas absorben CO₂ y, a través de la fotosíntesis, lo convierten en compuestos orgánicos. No obstante, desde el inicio de la era industrial, las actividades humanas han añadido grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, alterando este equilibrio (IPCC, 2013).

Torres y Lara (2016), explicaron que el incremento de gases como el CO₂ intensifica el efecto invernadero, provocando un aumento en la temperatura global. Este proceso se ve amplificado por diversos mecanismos de retroalimentación. Un ejemplo clave es el ciclo del vapor de agua: al aumentar la temperatura, se incrementa también la cantidad de vapor en la atmósfera, lo que intensifica aún más la capacidad de retención de calor y, por ende, genera un calentamiento adicional. Este ciclo de realimentación puede duplicar el efecto inicial producido por el CO₂. Otro factor relevante es el papel de las nubes. Estas no solo retienen calor al absorber radiación infrarroja, sino que también pueden reflejar la luz solar incidente, enfriando la superficie. Las variaciones en sus características, como tipo, altitud, tamaño de las partículas, contenido de agua o duración, determinan si su efecto es de calentamiento o enfriamiento. Comprender cómo las nubes responderán al calentamiento global es un desafío clave en la investigación climática actual, ya que sus cambios influyen en múltiples procesos de retroalimentación del sistema climático.

Figura 1

Modelo idealizado del efecto invernadero.



Nota: Adaptado de IPCC, 2013

Por otro lado, el balance de energía de la tierra se puede explicar mediante la energía radiante entrante puede ser dispersada y reflejada por nubes y aerosoles o absorbida en la atmósfera. La radiación transmitida es luego absorbida o reflejada en la superficie de la Tierra. La energía solar radiante o de onda corta se transforma en calor sensible, energía latente (que involucra diferentes estados del agua), energía potencial y energía cinética antes de emitirse como energía radiante de onda larga. La energía puede almacenarse durante algún tiempo, transportarse en diversas formas y convertidos entre los diferentes tipos, dando lugar a una rica variedad de fenómenos meteorológicos o turbulentos en la atmósfera y el océano. Además, el equilibrio energético puede alterarse de diversas maneras, cambiando el clima y las condiciones meteorológicas asociadas (Trenberth et al., 2009).

Según Almanza (2024), describe la trayectoria que siguen distintos tipos de radiación en su interacción entre la atmósfera y la superficie terrestre (ver figura 2). Asimismo, se menciona que, en años recientes, regiones como Europa y América del Norte han

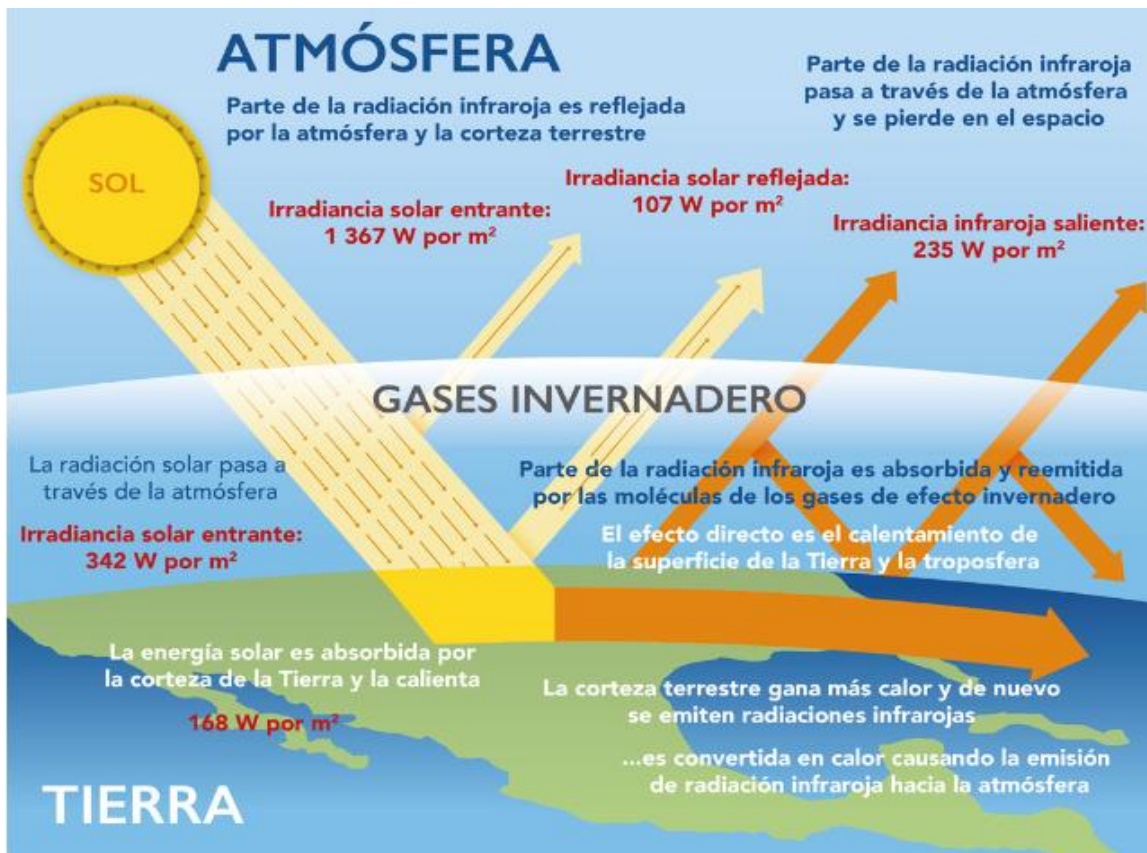
experimentado aumentos significativos en las temperaturas estivales, alcanzando o superando los 40 °C. Este fenómeno está relacionado con el cambio climático, el cual se ve agravado por el incremento en las emisiones derivadas de la combustión de combustibles fósiles, lo que intensifica el efecto invernadero y, en consecuencia, la radiación infrarroja. De ahí la importancia de seguir desarrollando estudios relacionados con la radiación solar, a fin de comprender mejor su comportamiento futuro.

El término “cambio antropogénico” hace referencia a las modificaciones en los parámetros naturales del medio ambiente provocadas directamente por las actividades humanas. El calentamiento global, por su parte, surge como resultado del desequilibrio energético originado por estas transformaciones, principalmente debido al uso intensivo de combustibles fósiles, la degradación de ecosistemas vegetales y forestales, así como la contaminación marina, que impacta negativamente en la productividad del fitoplancton.

El clima global está sufriendo alteraciones, en gran medida, como consecuencia de la acumulación de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero emitidos por el ser humano, especialmente a través de la quema de combustibles fósiles y la deforestación. Estos compuestos pueden permanecer en la atmósfera durante décadas, atrapando la energía solar que luego se convierte en calor, intensificando así el fenómeno del efecto invernadero y elevando los niveles de radiación infrarroja.

Figura 2

Radiación entre la atmósfera y la tierra



Nota: Adaptado de Almanza, 2024

2.2.3 Huella de Carbono

De acuerdo con Saavedra (2020), explica que la Huella de Carbono constituye un indicador ambiental que permite medir con precisión las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas tanto de forma directa como indirecta por distintas acciones humanas. Estas acciones pueden involucrar a entidades públicas o privadas durante la producción de bienes, la prestación de servicios, o el desarrollo de actividades específicas como eventos o proyectos. En esencia, se refiere al total de emanación de GEI proveniente de dichas acciones, reflejadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}). Esta métrica considera seis gases establecidos por el Protocolo de Kioto: CO_2 , CH_4 , N_2O , PFC, HFC y SF_6 .

Antury et al. (2016), señalan que la Huella de Carbono proviene del concepto más amplio de la Huella Ecológica, de la cual representa una fracción significativa, en muchos casos

alcanzando hasta el 50%. Debido a esta considerable proporción, se ha considerado necesario que su análisis sea independiente, permitiendo una evaluación más detallada y especializada que ya no se concibe como parte subordinada de la Huella Ecológica.

La Huella de Carbono de una organización, también conocida como inventario corporativo de GEI, comprende la totalidad de emisiones asociadas a las operaciones de una empresa, ya sean causadas de forma indirecta o directa (Saavedra, 2020). Por otro lado, la Huella de Carbono de un producto o servicio abarca todas las emisiones generadas a lo largo de su ciclo de vida: desde la extracción de materias primas, pasando por su procesamiento, manufactura, distribución y uso, hasta su disposición final, que puede incluir reciclaje, reutilización o depósito (Antury et al., 2016).

Con la implementación del Protocolo de Kioto, muchas organizaciones se han visto impulsadas a gestionar y disminuir sus emisiones de GEI, ya sea por regulaciones obligatorias o por compromisos voluntarios, en un contexto de creciente presión internacional debido a la globalización. Por esta razón, es fundamental conocer las diferentes metodologías disponibles para calcular la Huella de Carbono, tema que será abordado en la sección siguiente.

2.2.4 Metodologías Para la Estimación de la Huella de Carbono

En años recientes, se han creado diversas metodologías orientadas a cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como múltiples normativas y lineamientos técnicos para estimar la Huella de Carbono. Sin embargo, aún no se dispone de un enfoque metodológico único y estandarizado que permita una medición voluntaria adaptada a la naturaleza específica de cada proyecto, cumpliendo con sus propios criterios y procesos de validación. Algunas metodologías se enfocan en aspectos particulares del cálculo, mientras que otras abarcan un enfoque más integral.

Pese a esta necesaria diversidad, especialmente útil en contextos donde los procesos requieren estructuras y datos diferenciados, existen marcos metodológicos ampliamente reconocidos que han influido de manera significativa en el desarrollo actual de estos análisis. Entre ellos, los más utilizados en la medición de la huella organizacional son la norma ISO 14064 y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), que gozan de amplia aceptación internacional. No obstante, también hay otras directrices y normativas relevantes

cuya aplicación resulta esencial para una estimación adecuada de las emisiones (Atance et al., 2012).

A continuación, se presentarán brevemente algunos de las referencias más utilizadas en la estimación de la huella de carbono a nivel organizacional.

GHG Protocol.

Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI, es uno de los estándares más conocidos para el cálculo de Huella de Carbono de Organización, permite cuantificar los seis tipos de GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , PFC_s , HFC_s , y SF_6) enfocándose únicamente en la contabilidad y reporte de las emisiones.

Este protocolo fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), en cooperación con empresas privadas, gobiernos y grupos ambientalistas, publicando su primera edición en septiembre de 2001. Los principios básicos del GHG Protocol son: relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión. (Atance, et al; 2012)

Los pasos a seguir dentro de la metodología del GHG Protocol para llevar a cabo la cuantificación de las emisiones de GEI de la organización son los siguientes:

- Determinación de los límites operacionales
- Determinación de los límites organizacionales
- Establecimiento del año base
- Identificación y cálculo de las emisiones de GEI
- Informe de emisiones de GEI

Norma PAS 2050.

La norma internacional para la gestión de la Huella de Carbono establece una metodología que permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas a lo largo de todo el ciclo de vida de bienes y servicios, es decir, desde la obtención de materias primas hasta la disposición final del producto.

Esta especificación fue elaborada en 2008 por el British Standards Institution (BSI), a solicitud del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Reino Unido, con el respaldo de la organización Carbon Trust. El propósito era

proporcionar a empresas y organizaciones una herramienta clara, estructurada y coherente para la cuantificación de las emisiones asociadas a sus productos y servicios.

Desde su lanzamiento, la norma ha evolucionado gracias a la participación de múltiples actores involucrados en la gestión de emisiones de GEI. En su proceso de elaboración se llevaron a cabo dos rondas de consulta pública, en octubre de 2007 y marzo de 2008, las cuales recopilaban aportes de expertos organizados en grupos de trabajo. Posteriormente, la validez del documento fue verificada mediante su aplicación en empresas piloto bajo la supervisión de dichos grupos.

El contenido de la norma propone un modelo de gestión que contempla: la evaluación interna de las emisiones derivadas del ciclo de vida de productos y servicios, el análisis comparativo con procesos o productos alternativos, el establecimiento de una línea base para formular estrategias de reducción, la posibilidad de comparar diferentes productos bajo criterios homogéneos, y la elaboración de reportes vinculados con la responsabilidad social corporativa.

Esta especificación sigue la estructura habitual de las normas internacionales, diferenciando entre requisitos obligatorios (indicados con “debe”) y recomendaciones sugeridas (formuladas con “debería”). Cabe destacar que, aunque su adopción es voluntaria, su aplicación no exime a ninguna organización del cumplimiento de sus responsabilidades legales. Sin embargo, puede ser utilizada como herramienta de apoyo para gestionar obligaciones normativas. (Atance et al., 2012)

ISO 14064-1 (Norma Internacional, Segunda Edición 2018-12)

La Organización Internacional de Normalización, conocida por sus siglas en inglés como ISO, es una entidad global que agrupa a organismos nacionales responsables de establecer normas técnicas en sus respectivos países. Generalmente, la elaboración de Normas Internacionales se realiza mediante comités técnicos conformados por expertos. Cada país miembro que tenga interés en una temática específica con un comité técnico en funcionamiento puede participar activamente en él. Además, ISO permite la colaboración de entidades internacionales, tanto gubernamentales como no gubernamentales, que tengan relación con el ámbito de trabajo. En cuestiones relacionadas con la normalización en el campo electrotécnico,

ISO mantiene una estrecha cooperación con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) (ISO, 2018).

Por otro lado, el conjunto normativo ISO 14060 proporciona un marco estructurado y transparente para cuantificar, monitorear, reportar, validar y verificar tanto las emisiones como las remociones de gases de efecto invernadero (GEI). Esta familia de normas está orientada a impulsar el desarrollo sostenible, fomentar una economía con bajas emisiones de carbono y ofrecer beneficios tangibles a empresas, desarrolladores de proyectos y demás actores relevantes a nivel global.

El empleo de las normas pertenecientes a la familia ISO 14060 contribuye de manera significativa en diversos aspectos relacionados con la gestión de gases de efecto invernadero (GEI). En particular, permite:

- fortalecer la solidez ambiental en los procesos de cuantificación de emisiones y eliminación de GEI;
- mejorar la confianza, consistencia y claridad en las actividades de medición, monitoreo, reporte, validación y verificación de estos gases;
- apoyar la formulación e implementación de políticas y estrategias enfocadas en la gestión eficiente de los GEI;
- promover iniciativas orientadas a mitigar el cambio climático, ya sea reduciendo las emisiones o incrementando las remociones;
- brindar herramientas para evaluar el rendimiento y los avances logrados en la disminución de emisiones o en el incremento de remociones de gases de efecto invernadero.

La norma ISO 14064-1 establece los principios y criterios necesarios para la elaboración, desarrollo y gestión de inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel organizacional, así como para la elaboración de informes relacionados con dichos inventarios. Esta norma contempla aspectos como la definición de los límites de emisiones y absorciones de GEI, la cuantificación de estas emisiones y remociones, y la identificación de actividades específicas dentro de la organización que permitan optimizar la gestión de los GEI. Además, proporciona lineamientos y requisitos para asegurar la calidad del inventario, la elaboración de informes, la realización de auditorías internas y las responsabilidades vinculadas a los procesos de verificación (ISO, 2018).

Por otro lado, la ISO 14064-2 especifica los principios y requisitos para establecer las líneas base, y para monitorear, cuantificar y reportar las emisiones de proyectos particulares. Está orientada a iniciativas que buscan disminuir las emisiones o elevar la absorción de GEI mediante actividades o proyectos concretos, y ofrece una estructura para la verificación y validación de dichos proyectos (ISO, 2018).

Finalmente, la ISO 14064-3 describe los criterios para la verificación y validación de declaraciones relacionadas con GEI, abarcando inventarios organizacionales, proyectos de GEI y huellas de carbono de productos. Define el proceso completo de verificación o validación, que incluye la planificación, los métodos de evaluación y la revisión de las declaraciones emitidas por organizaciones, proyectos o productos (ISO, 2018).

2.2.5 Organización Internacional de Normalización (ISO 14064-I Norma Internacional, Segunda Edición 2018-12)

La Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) actúa como una entidad global que agrupa a organismos nacionales dedicados al desarrollo de estándares. Generalmente, la creación de normas internacionales se lleva a cabo mediante comités técnicos formados por representantes de estos organismos. Cualquier miembro con interés en un área específica puede integrarse en el comité correspondiente. Asimismo, entidades internacionales, tanto gubernamentales como no gubernamentales, también pueden involucrarse activamente en este proceso. En el ámbito de la normalización electrotécnica, ISO colabora de forma cercana con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Por otro lado, ISO ha producido un documento técnico que constituye los principios básicos, los criterios de diseño, y las directrices necesarias para el desarrollo, implementación y elaboración de informes relacionados con la cuantificación de emisiones de GEI dentro de una organización. Este documento también ofrece orientación para establecer los límites organizacionales sobre los cuales se elaborará el inventario de emisiones, identificando los procesos clave para una gestión más eficiente de los GEI. Además, proporciona un conjunto de métodos destinados a mejorar la precisión de la cuantificación, la presentación de datos, así como los procedimientos de auditoría y verificación internos (ISO, 2018).

La norma ISO 14064-I, describe etapas para cuantificar y reportar las emisiones y remociones de GEI a nivel organizacional, las cuales son:

A. Principios

Pertinencia Seleccionar las fuentes, sumideros, reservorios de GEI, datos y metodologías apropiados para las necesidades del usuario previsto.

Integridad Incluir todas las emisiones y remociones pertinentes de GEI.

Coherencia Permitir comparaciones significativas en la información relacionada con los GEI.

Exactitud Reducir el sesgo y la incertidumbre, en la medida de lo posible.

Transparencia Divulgar información suficiente y apropiada relacionada con los GEI, para permitir que los usuarios previstos tomen decisiones con confianza razonable.

B. Límites de la Organización

Una organización puede estar formada por una o varias instalaciones. Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel de cada instalación pueden originarse en una o múltiples fuentes o sumideros de GEI. Para consolidar estos datos a nivel de instalación, la organización debe utilizar cualquiera de los siguientes métodos:

- Control: la entidad incluye todas las emisiones o también la eliminación de GEI generadas en los lugares donde posee control operativo o control financiero.
- Participación accionaria: la organización reporta la proporción correspondiente a su participación accionaria en las emisiones o también la eliminación de GEI de dichas instalaciones.

C. Emisiones y Eliminación Directas de GEI

La entidad debe calcular de manera individual las emisiones directas de GEI, distinguiendo entre CO_2 , CH_4 , N_2O , NF_3 , SF_6 y otros grupos relevantes de GEI como los HFC y PFC, expresándolas en toneladas equivalentes de CO_2 .

D. Emisiones Indirectas de GEI

La entidad debe establecer y registrar un procedimiento para decidir qué emisiones indirectas serán consideradas dentro de su inventario de gases de efecto invernadero (GEI). En este proceso, es necesario que la organización defina y justifique sus propios criterios previos

sobre la relevancia de estas emisiones indirectas, tomando en cuenta el propósito para el cual se utilizará el inventario. Sin importar el objetivo, dichos criterios no deben emplearse para omitir volúmenes importantes de emisiones indirectas ni para eludir responsabilidades de cumplimiento. Con base en estos lineamientos, la organización debe identificar y evaluar sus emisiones indirectas para determinar cuáles son relevantes.

Es obligatorio cuantificar y reportar aquellas emisiones consideradas significativas, y cualquier exclusión de emisiones indirectas relevantes debe ser debidamente justificada.

E. Inventario de Categorías de GEI

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) deben clasificarse en las siguientes categorías dentro del ámbito organizacional:

- Emisiones y absorciones directas de GEI;
- Emisiones indirectas de GEI derivadas del consumo de energía adquirida;
- Emisiones indirectas relacionadas con el transporte;
- Emisiones indirectas ocasionadas por los productos que utiliza la organización;
- Emisiones indirectas vinculadas al uso de los productos que la organización ofrece;
- Emisiones indirectas provenientes de otras fuentes diversas.

F. Identificación de Fuentes y Sumideros de GEI

La entidad tiene la responsabilidad de reconocer y registrar todas las fuentes y sumideros significativos que se encuentran dentro de sus límites para el reporte. Es necesario que se consideren todos los gases de efecto invernadero relevantes. El nivel de detalle con que se identifiquen y clasifiquen estas fuentes y sumideros debe ser acorde con el método de cuantificación empleado. Sin embargo, la organización puede omitir aquellas fuentes y sumideros de GEI cuya aportación a las emisiones o absorciones sea insignificante.

G. Elección del Enfoque de Cuantificación

La entidad debe elegir y aplicar métodos de medición que reduzcan al mínimo la incertidumbre y aseguren resultados precisos, consistentes y replicables. Además, debe identificar y registrar la información correspondiente a cada fuente o sumidero catalogado como emisión o remoción directa o indirecta. También es fundamental que se definan y

documenten las características de todos los datos relevantes empleados en el proceso de cuantificación.

H. Selección o Desarrollo del Modelo de Cuantificación de GEI

Salvo en los casos en los que se realice una medición directa de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI), las organizaciones están en la obligación de elegir o diseñar modelos adecuados que sirvan como base para la estimación de dichos flujos. Estos modelos actúan como representaciones simplificadas de procesos físicos mediante los cuales los datos recopilados de fuentes o sumideros se transforman en valores de emisiones o remociones, e incluyen ciertas suposiciones y limitaciones inherentes.

Es fundamental que la organización justifique de manera clara y documentada la elección o desarrollo del modelo, teniendo en cuenta aspectos como:

- El nivel de precisión con el que el modelo refleja las emisiones y remociones reales.
- Los contextos o condiciones en los que el modelo puede ser aplicado eficazmente.
- El grado de incertidumbre y el rigor técnico asociados al modelo.
- La capacidad del modelo para generar resultados consistentes y repetibles.
- El nivel de aceptación del modelo dentro del sector o comunidad técnica.
- Su origen y el reconocimiento que ha recibido a nivel nacional o internacional.
- Su adecuación respecto al propósito específico para el cual se emplea.

I. Cálculo de las Emisiones y Remociones de GEI

La entidad debe calcular las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) siguiendo el método de cuantificación elegido. Además, debe especificar el período al que corresponden dichos cálculos.

Cada tipo de GEI debe transformarse a toneladas equivalentes de CO₂ empleando los potenciales de calentamiento global (PCG) adecuados, preferentemente los más recientes publicados por el IPCC. En caso de usar valores distintos, es necesario proporcionar una justificación clara. El período de referencia para los PCG debe ser de 100 años, aunque se pueden aplicar otros horizontes temporales siempre que se informen por separado.

J. Selección y Establecimiento del Año Base

La organización debe definir un año base histórico para las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI), con el fin de facilitar comparaciones, cumplir con los requisitos del programa de GEI o para otros fines relacionados con el inventario. En caso de que no exista información suficiente sobre las emisiones o remociones históricas, puede emplearse el primer período registrado en el inventario de GEI como año base.

Al establecer dicho año base, la organización debe:

- Cuantificar las emisiones y absorciones de GEI utilizando datos representativos de los límites de reporte vigentes, que pueden corresponder a un solo año, un promedio de varios años consecutivos o un promedio móvil;
- Elegir un año base para el cual existan datos verificables sobre emisiones o remociones de GEI;
- Justificar la elección del año base;
- Elaborar un inventario de GEI correspondiente a ese año base, de acuerdo con las normas establecidas.

K. Actividades de Mitigación

La organización puede planificar e implementar iniciativas de reducción de GEI para reducir o provenir las emisiones de GEI o aumentar las remociones de GEI. Si se implementan, la organización debería cuantificar las diferencias de emisiones o remociones de GEI atribuibles a la implementación de iniciativas de reducción de GEI.

Cuando se realice la cuantificación y reporte, la organización debe registrar de manera independiente sus acciones para reducir gases de efecto invernadero (GEI) y las variaciones en emisiones o absorciones relacionadas. Asimismo, debe detallar:

- Las acciones implementadas para la reducción de GEI;
- Los límites geográficos y temporales que abarcan dichas acciones;
- El método utilizado (incluyendo los indicadores pertinentes) para medir las diferencias en las emisiones o absorciones de GEI;
- La forma en que se identifican y clasifican estas variaciones como emisiones o absorciones directas o indirectas atribuibles a las iniciativas de reducción.

2.2.6 Panel Intergubernamental Sobre el Cambio Climático (IPCC)

El panel intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es una entidad creada bajo el auspicio de las Naciones Unidas con el propósito de evaluar el conocimiento científico vinculado al fenómeno del cambio climático. Fue fundado en 1988 a partir de una colaboración entre la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Su función principal consiste en ofrecer análisis científicos exhaustivos sobre los efectos actuales y proyectados del cambio climático, así como proponer medidas de adaptación y estrategias de mitigación.

Cabe destacar que el IPCC no lleva a cabo investigaciones propias ni recopila datos climáticos directamente. En su lugar, se encarga de revisar, sistematizar y valorar la información científica, técnica y socioeconómica más reciente y relevante generada por expertos de todo el mundo. Sus informes se han convertido en herramientas fundamentales para los formuladores de políticas y otros actores de decisión a nivel global.

La finalidad esencial del IPCC es entregar evaluaciones científicas sólidas, imparciales y transparentes. Para ello, se apoya en la revisión crítica de publicaciones científicas y técnicas sobre temas relacionados con el cambio climático, incluyendo:

- El análisis de las causas, consecuencias y posibles escenarios futuros del cambio climático.
- La propuesta de acciones para reducir los efectos negativos y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas.
- El suministro de información técnica confiable que sirva como base para la elaboración de políticas públicas.
- La difusión del conocimiento para aumentar la conciencia y comprensión pública del problema climático.
- La identificación de vacíos de información donde se requiere investigación adicional para fortalecer el conocimiento científico.

Además, el IPCC desarrolla metodologías estandarizadas para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estas guías, denominadas Directrices del IPCC para los registros nacionales de GEI, son empleadas por los países para calcular y reportar sus emisiones y remociones de forma coherente y comparable a nivel internacional.

2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Huella de Carbono

Es la cantidad total de GEI expresada como CO₂ equivalente (CO_{2e}) que son directa o indirectamente generadas por una actividad, producto, organización o evento. En esta investigación, será la suma de las emisiones producidas por las actividades del mercado Andrés F. Vivanco en un periodo específico.

2.3.2 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Son gases que atrapan el calor en la atmósfera, contribuyendo al cambio climático. Los principales GEI son:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido de nitrógeno (N₂O)
- Gases fluorados (HFCs, PFCs, SF₆, NF₃). Estos gases provienen, por ejemplo, de combustibles fósiles, residuos orgánicos, uso de energía eléctrica, refrigerantes, etc.

2.3.3 CO₂ Equivalente (CO_{2e})

Es una medida que unifica los distintos GEI en una sola unidad, considerando su potencial de calentamiento global (PCG). Permite comparar y sumar emisiones de diferentes gases.

2.3.4 Fuentes de Emisión

Son las actividades que generan GEI. En un mercado, las principales podrían ser:

- Consumo de energía eléctrica
- Uso de combustibles (GLP, gasolina, diésel)
- Uso de refrigerantes en cámaras de frío o vitrinas
- Generación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos
- Transporte de productos y personas

2.3.5 Alcances de la Huella de Carbono (según el IPCC)

- **Alcance 1:** Emisiones directas (combustión de combustibles, fugas de refrigerantes)
- **Alcance 2:** Emisiones indirectas por consumo de electricidad
- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas (transporte de productos, generación de residuos, etc.)

2.3.6 Mitigación

Son las acciones o estrategias implementadas para reducir o evitar las emisiones de GEI. En esta investigación, esto podría incluir mejoras en eficiencia energética, gestión de residuos, sustitución de refrigerantes, uso de energías renovables, etc.

2.3.7 Inventario de Emisiones

Es el registro cuantitativo y cualitativo de todas las fuentes de emisión de GEI. Es la base para calcular la Huella de Carbono.

2.3.8 Potencial de Calentamiento Global

Es una medida que compara cuánto calor atrapa un gas en la atmósfera respecto al CO₂ en un periodo de tiempo (generalmente 100 años). Ejemplo: 1 kg de CH₄ = 30 kg de CO_{2e}.

2.3.9 Factores de Emisión

Son coeficientes que permiten estimar las emisiones de GEI a partir de una unidad de actividad (por ejemplo: kg CO₂/kWh, kg CO₂/L de diésel, etc.). Se obtienen de metodologías internacionales (como IPCC 2006/2019, MINAM, etc.).

2.3.10 Desarrollo Sostenible

Es la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos de futuras generaciones. Implica un equilibrio entre lo económico, lo social y lo ambiental.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Alcance y Métodos

3.1.1. Método de la Investigación

El procedimiento de esta investigación se desarrolló en las siguientes etapas: Primero, revisión de literatura científica y normativa internacional y nacional relacionada con la estimación de huella de carbono; segundo, la delimitación del sistema de estudio, estableciendo límites organizacionales y operacionales; la recolección de datos primarios mediante encuestas y entrevistas, y secundarios a partir de registros administrativos y facturación; y por último la cuantificación de las emisiones de GEI aplicando factores de emisión del IPCC (2006; 2019) y del Ministerio del Ambiente; el análisis e interpretación de resultados, identificando las principales fuentes de emisión; y formulación de propuestas viables para el contexto del mercado Andrés F. Vivanco.

3.1.2 Nivel y Tipo de Investigación

La investigación se enmarca dentro de un nivel descriptivo, pues se busca caracterizar las fuentes de emisiones de GEI y su magnitud. El tipo de investigación es básico, porque busca generar conocimiento útil y práctico para resolver un problema en concreto, en este caso es el de reducir las emisiones de GEI y su enfoque es cuantitativo, pues el propósito es el de recolectar, medir y analizar datos numéricos.

3.2 Materiales

Los datos y materiales serán recopilados a través de cuadernillo de observación y encuestas mediante entrevistas. Para la obtención de información incluyen:

- Libros especializados en huella de carbono.
- Tesis relacionadas con ingeniería ambiental y GEI.
- Artículos científicos enfocados en la medición de la Huella de Carbono.

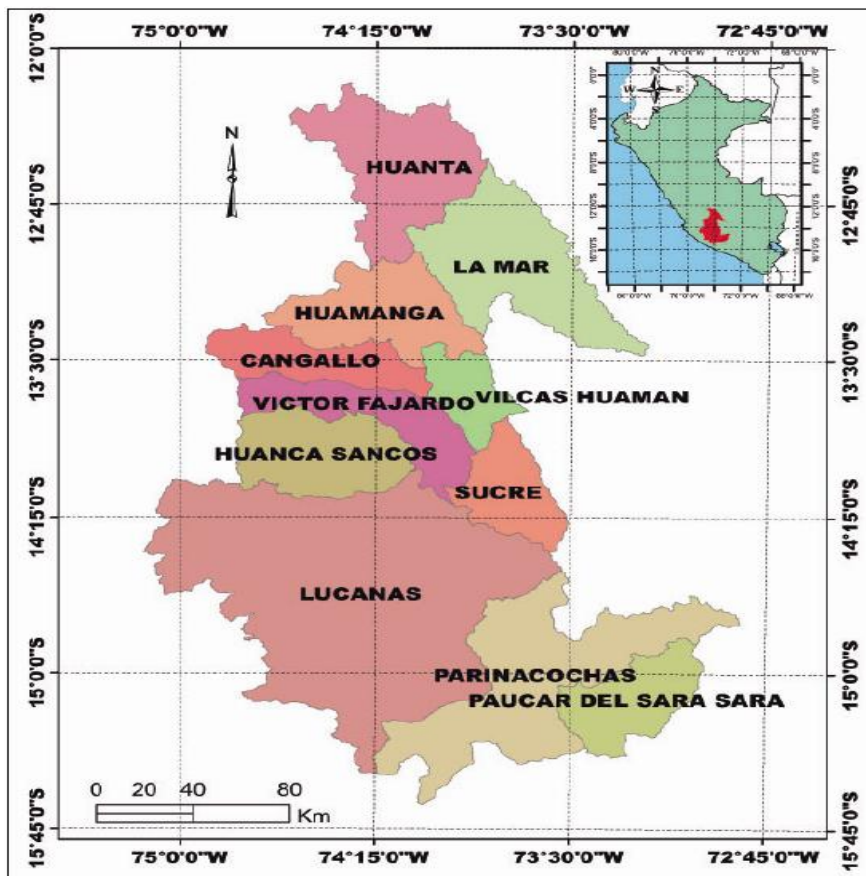
3.3. Datos y Descripción del Área de Estudio

3.3.1 Ubicación Geográfica del Área de Estudio

El departamento de Ayacucho se encuentra situado en la región central de la sierra peruana, a una altitud de 2 761 metros sobre el nivel del mar, ubicado entre las coordenadas 13° 9' 26" latitud sur y 74° 13' 22" longitud oeste, tal y como se ilustra en la figura 3. Está compuesto por 11 provincias y 111 distritos, abarcando un área total de 43 814,80 km². Según estimaciones al 30 de junio del año 2 000, su población asciende a 527 480 habitantes (Huacho & Rosales, 2019).

Figura 3

Representación cartográfica que establece los límites y localización espacial del entorno investigado.



Nota: Adaptado de Torres, 2016

3.3.2 Principales Actividades, Topografía y Clima

La región de Ayacucho, ubicada en la zona sur del país y delimitada al norte y al sur por la cordillera de los Andes, presenta una diversidad climática influenciada por su ubicación latitudinal y altitudinal. Esto da lugar a zonas áridas como Huamanga, áreas húmedas en la ribera del río Apurímac, y territorios y sus condiciones propias de la selva alta. El relieve ayacuchano es irregular, compuesto por múltiples pisos ecológicos que conforman un entorno natural variado, incluyendo nevados, cumbres, llanuras, quebradas, valles interandinos y zonas de transición hacia la selva, lo cual favorece el desarrollo del ecoturismo. En cuanto a la economía regional, las actividades predominantes están centradas en la agricultura, la ganadería, la construcción y el comercio. Estos sectores, en conjunto, representaron el 74,1% del valor agregado bruto (VAB) departamental en el año 2010.

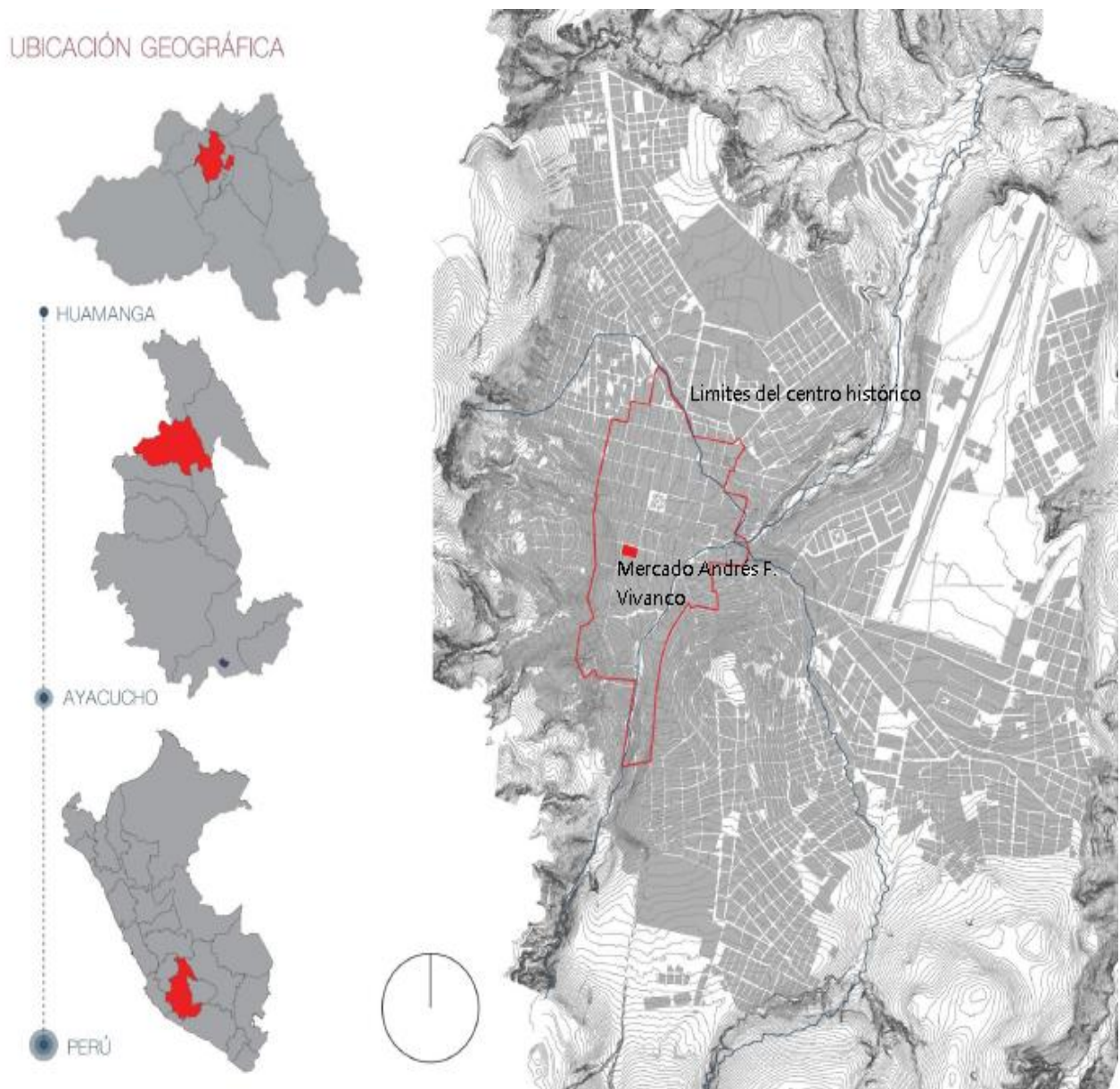
3.3.3 Datos y Área de Estudio

El centro de abasto conocido como Andrés F. Vivanco se encuentra situado en el distrito de Ayacucho, dentro de la provincia de Huamanga, en el departamento homónimo. Este establecimiento comercial, cuya referencia visual se presenta en la figura 4, fue fundado en 1906 y recibe su nombre en honor a Andrés F. Vivanco, quien ejerció como primer gerente general de la Sociedad Anónima Departamental, entidad responsable de su edificación. Actualmente, el mercado ocupa un área aproximada de 4 000 m².

Como ocurre con numerosos centros de abasto a nivel nacional, este mercado evidencia múltiples falencias estructurales y operativas: insuficiencia en la dotación de servicios higiénicos, falta de un programa sistemático de fumigación, inexistencia de protocolos eficaces para la gestión de emergencias, deficiencias en su infraestructura, que en varios sectores representa riesgos para la seguridad, y una distribución espacial poco planificada. A estas condiciones se suma un desarrollo físico y funcional que no ha evolucionado conforme a las demandas actuales de la población. Tales deficiencias han derivado en consecuencias negativas como impactos ambientales significativos y el incremento de situaciones de inseguridad. Uno de los problemas más notorios es la disposición desordenada de los puestos de venta por sectores y la carencia de servicios básicos esenciales, factores que interfieren directamente en el buen desempeño de las actividades comerciales y deterioran la imagen del establecimiento.

Figura 4

Ubicación del mercado Andrés F. Vivanco.



Nota: Adaptado de García, 2022

3.4. Equipos y Materiales

Equipos

- Computadora portátil
- Herramientas de escritorio
- Impresora
- Cámara fotográfica

Materiales

- Formato de resultados
- Cuaderno de apuntes
- Escoba
- Guantes de PVC
- Wincha
- Mascarilla higiénica
- Mandil

3.5. Métodos

3.5.1 Población y Muestra.

Población

De acuerdo con el padrón actualizado de comerciantes correspondiente al año 2024, el mercado Andrés F. Vivanco alberga un total de 534 comerciantes, cifra que sirvió como base para determinar el tamaño de la muestra utilizada en el presente estudio.

Muestra

Para el cálculo de la muestra se tomó en consideración técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa (Rabolini, 2009).

Se recurrió a criterios metodológicos propios de la investigación cuantitativa para establecer el tamaño muestral, tomando como base las orientaciones sobre muestreo propuestas por Rabolini (2009).

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1) E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

n: Muestra de comerciantes

N : Total de comerciantes = 534

$Z_{1-\alpha/2}$: Nivel de confianza 95 % = 1.96 (Valor de distribución normal)

σ : Desviación estándar = 0.25

E: Error permisible = 0.056

$$n = \frac{(1.96)^2 (534) (0.25)^2}{(534-1) (0.056)^2 + (1.96)^2 (0.25)^2} = 67$$

Tamaño de muestra, n = 67

Muestra de contingencia (20% de n) = 13

Total = 80

3.6 Metodología

Para cuantificar la huella de carbono del mercado Andrés F. Vivanco se establece, según la ISO 14064-I Norma Internacional, Segunda Edición 2018-12, las siguientes etapas.

3.6.1 Límites Organizacionales

El centro de abastos Andrés F. Vivanco se encuentra en el distrito, provincia y departamento de Ayacucho. Su fundación data del año 1906 y su nombre rinde homenaje a Andrés F. Vivanco, quien fue el primer gerente de la sociedad departamental, entidad responsable de llevar a cabo su construcción en un espacio de aproximadamente 4000 metros cuadrados.

Al igual que ocurre en numerosos mercados tradicionales del país, este establecimiento enfrenta múltiples deficiencias. Entre ellas destacan la falta de servicios sanitarios en condiciones adecuadas, la ausencia de un programa regular de fumigación, escasa preparación ante desastres, deficiencias estructurales y el incumplimiento de la distribución de los espacios asignados. Además, el crecimiento del mercado no ha ido al ritmo de la demanda actual, lo que agrava los problemas existentes. Estas falencias contribuyen a la generación de impactos negativos como el deterioro ambiental y el incremento de la inseguridad.

Uno de los principales desafíos radica en la distribución desorganizada de los puestos de venta, así como en la falta de infraestructura y servicios básicos que obstaculizan el funcionamiento eficiente de las actividades comerciales y afectan la imagen del mercado. De acuerdo con el registro actualizado para el año 2024, el mercado alberga un total de 534 comerciantes activos.

3.6.2 Elección del Año Base

El tiempo de cuantificación constituye el intervalo temporal durante el cual se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero, con el propósito de evaluar su volumen y proponer medidas de mitigación que permitan reducirlas. En el caso de esta investigación, se ha tomado como referencia el año 2024 para llevar a cabo dicho cálculo. Se asume que durante todo este periodo la organización mantiene sus operaciones de manera continua, respetando su horario habitual de atención. Cabe señalar que este estudio no toma en cuenta las interrupciones ocasionales en la actividad comercial de ciertos puestos, ocasionadas por motivos personales como vacaciones, cierres temporales o celebraciones específicas.

3.6.3 Límites Operacionales

Para que el cálculo de la huella de carbono sea reconocido como válido, es fundamental que se contemplen, como mínimo, las emisiones clasificadas dentro de los alcances 1 y 2, conforme a los límites operativos estipulados por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI). No obstante, se sugiere incorporar también el alcance 3, ya que este suele contener fuentes significativas con gran potencial para disminuir las emisiones de carbono.

De acuerdo con las directrices proporcionadas por el Ministerio del Ambiente (MINAM), los tres niveles de alcance se definen de la siguiente manera:

- **Alcance 1:** Incluye todas las emisiones directas generadas por fuentes que están bajo el control de la organización. Esto abarca, por ejemplo, la quema de combustibles en calderas, hornos o vehículos, así como emisiones derivadas de procesos industriales dentro de las instalaciones propias o administradas por la entidad.
- **Alcance 2:** Comprende las emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica comprada. Es decir, incluye las emisiones originadas en la generación de la electricidad utilizada por la organización, aunque esta se produzca fuera de sus instalaciones.

- **Alcance 3:** Corresponde a emisiones indirectas adicionales, de carácter voluntario, que se vinculan a las operaciones de la organización, pero vienen de fuentes que no se encuentran bajo su control directo. Entre estas se encuentran las relacionadas con la extracción y fabricación de materias primas, el transporte de insumos o productos, entre otros procesos externos.

La tabla 3 presenta las fuentes de emisión seleccionadas, en función de su relación con los gases de efecto invernadero, conforme a las actividades que desarrolla la organización analizada.

Tabla 3

Alcance de las Fuentes de Emisión

Alcance	Reseña	Actividad
Alcance 1: Emisiones directas		
• Emisiones directas por combustión estacionaria	• Emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles	• Consumo de gas licuado de petróleo.
• Emisiones directas por el uso de refrigerantes	• Emisiones de GEI generadas por la liberación de gas refrigerante	• Fuga de gas refrigerante.
Alcance 2: Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica generada por un tercero		
• Emisiones indirectas por electricidad importada	• Emisiones de GEI generadas por el consumo de energía eléctrica SEIN.	• Consumo mensual de electricidad.
Alcance 3: Otras emisiones indirectas		
• Emisiones indirectas por el traslado de personas y mercaderías	• Emisiones de GEI generadas por la combustión vehicular de transporte local.	• Distancias recorridas por modo de transporte.
• Emisiones por la disposición de residuos sólidos.	• Son emisiones de metano que se generan por la descomposición de los residuos sólidos.	• Cantidad y tipos de residuos

Nota: Adaptado de la guía de usuario huella de carbono Perú.

3.7 Emisiones Directas

3.7.1 Emisión por Combustión Estacionaria

El centro de abastos Andrés F. Vivanco alberga un total de 29 establecimientos dedicados a la venta de alimentos. En aquellos negocios que operan de manera continua desde las primeras horas del día hasta la noche, se ha identificado un consumo diario de GLP superior a los 3,5 kilogramos. Por el contrario, en los locales que restringen su atención a horarios matutinos, como los que ofrecen desayunos, o únicamente al horario del almuerzo, se observa una demanda de combustible significativamente menor.

Durante el proceso de levantamiento de información, y con base en las visitas de campo realizadas, se definieron los siguientes supuestos principales:

- El único recurso energético utilizado para la cocción de alimentos por parte de los comerciantes es el gas licuado de petróleo (GLP).
- Este combustible se comercializa en cilindros de 10 kilogramos.
- El análisis comprende la totalidad del año 2024, considerando 365 días de operación habitual del mercado.

En el Perú, según las especificaciones del DS N.º 031-2019-EM (Reglamento de Comercialización del GLP), el gas licuado de petróleo comercial está compuesto principalmente por propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}), en proporciones variables de aproximadamente 40 a 60 % de cada uno, con trazas menores de otros hidrocarburos ligeros.

La estimación del consumo de GLP por parte de los puestos de comida se efectuó a partir de una encuesta aplicadas entre el 20 y el 28 de diciembre de 2024. En el anexo 2 se detalla la duración del uso de cada balón de gas por puesto, así como los patrones de consumo diario, lo que permitió proyectar el requerimiento de combustible para el conjunto de establecimientos. En la tabla 4 se reporta que la demanda total promedio de GLP para todo el mercado asciende a 82,93 kilogramos por día.

Tabla 4*Consumo Total de GLP en los puestos de Comida*

Número de puestos	Consumo de GLP al día (kg)
29	82, 93

De acuerdo con lo establecido en la norma ISO 14064, la utilización de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en actividades de combustión estacionaria da lugar a diversas emisiones directas, siendo las más relevantes el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Entre estos gases, el CO_2 representa el mayor impacto como gas de efecto invernadero.

Los parámetros empleados para estimar las emisiones derivadas de este tipo de procesos de combustión provienen de las directrices metodológicas establecidas por el IPCC en su edición de 2006. En primer término, se hace uso del poder calorífico neto, el cual permite determinar la energía útil generada mediante la quema de combustibles fósiles. De igual modo, se consideran los factores de emisión, los cuales representan la cantidad de gases de efecto invernadero liberados por unidad de energía utilizada. Ambos indicadores han sido tomados en cuenta utilizando los valores predeterminados proporcionados en dicha referencia técnica.

Respecto a la información energética, los datos vinculados a la producción y el consumo de combustibles, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos, se presentan en unidades físicas. Por este motivo, el poder calorífico neto correspondiente al GLP se expresa en terajulios por gigagramo (TJ/Gg), tal como se indica en la tabla 5.

Tabla 5*Parámetros de Emisión y Valor Calorífico Neto de GLP*

Parámetros	Valores
Valor calorífico neto	47,3 TJ/Gg =0,0000473 TJ/Kg
Factor de emisión del CO_2	63100 kg/TJ
Factor de emisión del CH_4	5 kg/TJ
Factor de emisión del N_2O	0,1 kg/TJ

Nota: Adaptado de IPCC, 2006

El potencial de calentamiento es una métrica utilizada para cuantificar el impacto relativo de un gas de efecto invernadero (GEI) en el calentamiento global en comparación con el dióxido de carbono CO_2 , durante un período de tiempo determinado. Es una medida adimensional que indica cuánto calor queda atrapado en la atmósfera por una masa específica de un gas en relación con la misma cantidad de CO_2 . En la tabla 6 se presenta los valores del potencial de calentamiento global de los principales gases de efecto invernadero.

Tabla 6*Poder de Calentamiento Global de los Principales GEI*

Gases de efecto invernadero	Potencial de calentamiento global (PCG)
CO_2	1
CH_4	28
N_2O	265

Nota: Adaptado de Valle, 2014

Después, los datos obtenidos, que se expresa en Kg, aplicamos la ecuación (2) para obtener el total de emisiones de GEI generadas por el consumo de GLP del mercado Andrés F. Vivanco en el año 2024, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}), de la siguiente forma:

$$EDC = \frac{CC \times PCN}{10^3} \times \left(FE_{CO_2} + (FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4}) + (FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O}) \right) \dots (1)$$

Donde:

- *EDC*: Emisiones de GEI de fuentes directas por combustión estacionaria en toneladas de CO_{2eq}
- *CC*: Combustible consumido en Kg
- *PCN*: Valor calorífico neto del tipo de combustible usado en TJ/Kg
- $FE_{CO_2}, FE_{CH_4}, FE_{N_2O}$: factores de emisión de CO_2, CH_4, N_2O del combustible usado, en $\frac{kgCO_2}{TJ}, \frac{kgCH_4}{TJ}$ y $\frac{kgN_2O}{TJ}$, respectivamente
- PCG_{CH_4}, PCG_{N_2O} : potencial de calentamiento global del CH_4 y N_2O .

3.7.2 Emisión por el Uso de Refrigerantes

Esta sección compila la información esencial para calcular las emisiones derivadas del uso de aparatos refrigerantes empleados para conservar productos dentro del mercado. Los factores clave considerados son el número total de equipos, su tiempo de operación y la antigüedad de cada uno. En relación con el primero, la inspección directa en el lugar evidenció que la mayoría de estos aparatos están instalados en las áreas destinadas a carne roja y pollo. Sobre los horarios de funcionamiento, se observó que los equipos permanecen activos de forma continua durante las 24 horas del día, exceptuando los momentos en que se realizan trabajos de limpieza y mantenimiento. Finalmente, por el hecho de que cada comerciante adquiere sus equipos de manera independiente, se presentan notables variaciones en cuanto a la antigüedad de los mismos.

Para llevar a cabo la estimación de emisiones asociadas al uso de gases refrigerantes, se establecieron ciertos supuestos clave durante la recopilación de información. En primer lugar, se parte de la premisa de que cada unidad de refrigeración permanece en funcionamiento continuo las 24 horas del día a lo largo del periodo considerado. En segundo lugar, se asume que todos los equipos comienzan su operación con una carga estándar de gas refrigerante, sin importar variaciones en marca, capacidad o antigüedad. Finalmente, se define como horizonte

temporal de análisis el año calendario 2024, contemplando sus 365 días, durante los cuales el mercado Andrés F. Vivanco mantiene su actividad habitual.

La información referente a la cantidad de equipos refrigerantes fue obtenida mediante inspecciones presenciales, programadas según la conveniencia que permitían las actividades comerciales dentro del mercado. Esta revisión se efectuó entre el 20 y 25 de enero de 2025, focalizada en las secciones de carne roja y pollo, aprovechando la baja afluencia de público durante esos días. En dicha visita se confirmó la cantidad de equipos presentes en cada puesto, se verificó su operatividad y se consultó a los responsables sobre sus horarios de uso. Según los datos recabados (ver Tabla 7), se registraron un total de 96 aparatos refrigerantes con una antigüedad promedio que data del año 2021. Los detalles específicos de los equipos por sección pueden consultarse en las tablas contenidas en el anexo 3.

Tabla 7

Número de equipos Refrigerantes en el Mercado

Sección	Fecha de compra	Nro. de equipos
Carne roja	2021	72
Pollo	2021	24
Total		96

Los parámetros de emisión para los gases refrigerantes que utilizamos en la presente investigación se obtuvieron de la tabla 7.9 IPCC (2019). Se identificaron cinco parámetros fundamentales para la estimación de emisiones provenientes de gases refrigerantes. En todos los escenarios evaluados, se considera el valor promedio obtenido a partir de los límites superior e inferior dentro de la categoría de emisiones atribuibles a usos comerciales.

Primeramente, se determinó que, al inicio de su operación, cada equipo contiene 3,1 kg de gas refrigerante, que se libera de forma gradual cada año. En segundo lugar, se estimó que un equipo tarda aproximadamente 12,5 años en agotar por completo su contenido de gas. En tercer lugar, se calculó que, debido a su funcionamiento normal, los equipos emiten anualmente el 8% del gas disponible al inicio del año. En cuarto lugar, los trabajos de mantenimiento permiten recuperar hasta el 35% del gas, mientras que los equipos generalmente son desechados con al menos el 40% de su contenido original. La tabla 8 detalla los valores máximos, mínimos y media de cada uno de estos parámetros.

Tabla 8

Estimaciones por defecto de carga, vida útil y factores de emisión para sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Sub-aplicación	Carga (kg)	Vida útil (años)	Factores de Emisión (% de la carga inicial/año)		Emisión al Final de la Vida Útil (%)	
	(M)	(d)	Al momento de la carga(k)	Pérdida anual, vida útil operativa(x)	Eficiencia de recuperación	Carga inicial restante(p)
Refrigeración doméstica	$0.05 \leq M \leq 0.5$	$12 \leq d \leq 20$	$0.2 \leq k \leq 1$	$0.1 \leq x \leq 0.5$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Aplicaciones comerciales independientes	$0.2 \leq M \leq 6$	$10 \leq d \leq 15$	$0.5 \leq k \leq 3$	$1 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Refrigeración comercial mediana y grande	$50 \leq M \leq 2000$	$7 \leq d \leq 15$	$0.5 \leq k \leq 3$	$10 \leq x \leq 35$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 100$
Refrigeración de transporte	$3 \leq M \leq 8$	$6 \leq d \leq 9$	$0.2 \leq k \leq 1$	$5 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 90$
Refrigeración industrial (incluye procesamiento de alimentos y almacenamiento en frío)	$50 \leq M \leq 2000$	$15 \leq d \leq 30$	$0.5 \leq k \leq 3$	$7 \leq x \leq 25$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 100$

Nota: Adaptado de IPCC, 2019

Se trabajó con los valores promedio de cada parámetro de HFC para refrigeración estacionaria.

$$Carga\ inicial(M) = 3,1\ kg$$

$$Vida\ util\ (d) = 12,5\ años$$

$$Factor\ de\ emsi\ on\ duran\ te\ operaci\ on\ anual\ (x) = 8\%$$

$$Eficiencia\ de\ recuperaci\ on\ (n) = 35\ \%$$

$$Resto\ de\ la\ carga\ inicial\ (p) = 40\ \%$$

Con los datos proporcionados en la figura 6 y la cantidad de equipos refrigerantes, se procedió a estimar los GEI con la siguiente ecuación dada por el IPCC (2019).

$$E\ tn(HFC) = (Emisiones\ durante\ la\ operaci\ on)$$

$$+ (Emisiones\ al\ final\ de\ la\ vida\ util)$$

$$E\ tn(HFC) = \frac{N}{1000} ((M \times d \times X) + (carga\ final \times n \times p)) \dots \dots \dots (2)$$

Donde

$E_{tn}(HFC)$ = Emisiones de GEI en toneladas de hidrofluorocarbonos.

N: Numero de equipos refrigerantes

Para estimar las emisiones GEI en toneladas de CO_{2e} multiplicamos la ecuación (2) por el potencial de calentamiento global (PCG) del $HFC-134$ que es igual a 1470 (Valle, 2014).

$$E_{tn}(CO_{2eq}) = E_{tn}(HFC) \times PCG$$

3.8 Emisiones Indirectas

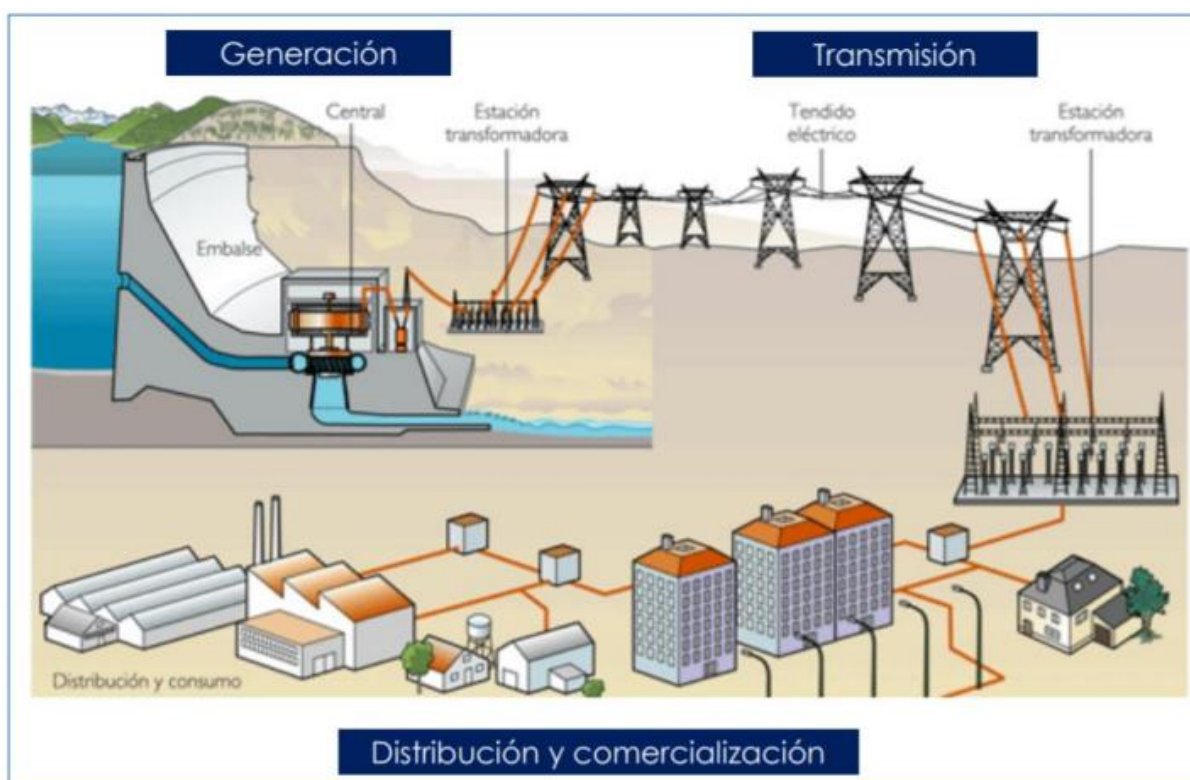
3.8.1 Emisión por Uso de Electricidad

Esta sección reúne la información necesaria para calcular las emisiones asociadas al consumo o uso de energía eléctrica dentro de las actividades del Mercado Andrés F. Vivanco. Los aspectos clave para este análisis son tanto la manera en que se genera la energía como el consumo neto registrado por la organización.

El sector eléctrico comprende tres procesos clave que están interconectados, aunque son administrativamente independientes: generación, transmisión y distribución-comercialización (ver Figura 5). En el Perú, la generación de energía es llevada a cabo por plantas termoeléctricas (que utilizan gas, carbón y diésel), hidroeléctricas y, más recientemente, por fuentes renovables como parques eólicos y granjas solares. Luego de ser producida a un nivel de alta tensión, la electricidad es trasladada a través de extensas redes de transmisión hasta llegar a subestaciones, donde se disminuye su voltaje. Posteriormente, las compañías distribuidoras se encargan de llevar esta energía eléctrica hasta los usuarios finales, incluyendo hasta los hogares (Torres & Junior, 2022).

Figura 5

Sistema eléctrico convencional nacional



Nota: Adaptado de MINEM, 2019

Respecto a la cuantificación de las emisiones vinculadas al consumo eléctrico, se establecen algunos supuestos clave: primeramente, se toma en consideración que toda la energía adquirida por el mercado proviene únicamente de centrales hidroeléctricas; en segundo término, la facturación del consumo eléctrico se realiza mensualmente, con base en los datos registrados por el medidor correspondiente; y tercero, el período de análisis abarca un año completo de 365 días, durante los cuales el mercado Andrés F. Vivanco opera bajo condiciones normales.

El consumo anual de electricidad se expresa en kilovatios-hora (kWh) y corresponde a la suma de los consumos mensuales, los cuales fueron obtenidos mediante una solicitud formal. Dado que las facturaciones no coinciden exactamente con el inicio o fin de cada mes calendario, este estudio ha considerado un ajuste para compensar esa diferencia. Por ejemplo, si las lecturas se realizan el día 21 de cada mes, el consumo correspondiente al primer mes cubre desde el 21 de diciembre de 2023 hasta el 21 de enero de 2024, mientras que el último período abarca del

21 de diciembre de 2024 al 21 de enero de 2025. En la tabla 9 se presenta el total de energía consumida a lo largo del año 2024, que asciende a 7 823 kWh.

Tabla 9

Energía eléctrica utilizada en el mercado Andrés F. Vivanco, año 2024.

Mes	Consumo (kWh)
ENERO	663
FEBRERO	661
MARZO	583
ABRIL	614
MAYO	479
JUNIO	556
JULIO	546
AGOSTO	659
SETIEMBRE	551
OCTUBRE	604
NOVIEMBRE	682
DICIEMBRE	1225
TOTAL	7823

Nota: Obtenido de la oficina de administración y finanzas de la Municipalidad Provincial de Huamanga

Los valores utilizados para calcular las emisiones derivadas del consumo de electricidad se fundamentan en los datos sobre la producción eléctrica en el Perú, específicamente en la energía generada por las centrales hidroeléctricas y las emisiones asociadas a su operación. Para el cálculo de emisiones de GEI por consumo de energía eléctrica se procedió a realizar los siguientes pasos:

- Se registró el uso de energía eléctrica correspondiente al mercado Andrés F. Vivanco. Para recabar esta información se utilizaron los recibos mensuales emitidos por Electrocentro S.A, empresa encargada de distribuir energía eléctrica.
- Se calculó las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica de acuerdo al FONAM, (2009).

$$E_{GEI} = \text{Consumo de electricidad} \times FE_{GEI}$$

Donde:

E_{GEI}: Emisiones de GEI por consumo de electricidad, es el consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN). Esta electricidad es generada por terceros y su unidad es KWh/año o MWh/año

FE_{GEI}: Factor de emisión por consumo de energía eléctrica del SEIN, por tipo de GEI: CO₂, CH₄ y N₂O.

A continuación, se presenta, en la tabla 10, los factores de emisión específicos asociados a cada tipo de gas generado a partir del consumo de energía eléctrica:

Tabla 10

Factores de Emisión por Consumo de Energía Eléctrica

FE_{CO₂}(tonCO₂/MWh)	FE_{CH₄}(tonCH₄/MWh)	FE_{N₂O}(tonN₂O/MWh)
0,168088403	0,000005552	0,00000066

Nota: Adaptado de MINEM, 2019

Luego se procedió a multiplicar los factores de emisión por el consumo total de energía del año 2024, el resultado por cada tipo de GEI se obtiene como se muestra a continuación:

- Emisiones GEI (tonCO₂) = Consumo eléctrico anual x 0,168088403
- Emisiones GEI (tonCH₄) = Consumo eléctrico anual x 0,000005552
- Emisiones GEI (tonN₂O) = Consumo eléctrico anual x 0,00000066

- Luego se procede a calcular en su totalidad las emisiones GEI, generadas por el uso de energía eléctrica.

$$E_{GEI}(\text{tonCO}_{2\text{eq}})$$

$$= \text{Emisiones CO}_2 \times \text{PCG}_{\text{CO}_2} + \text{Emisiones CH}_4 \times \text{PCG}_{\text{CH}_4} + \text{Emisiones N}_2\text{O} \times \text{PCG}_{\text{N}_2\text{O}} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

E_{GEI}: Emisiones indirectas de GEI, expresadas en ton de CO_{2eq}, generadas por el uso anual de energía eléctrica.

CGP_{CO₂}: Potencial de calentamiento global para CO₂

PCG_{CH_4} : Potencial de calentamiento global para CH_4

PCG_{N_2O} : Potencial de calentamiento global para N_2O

3.8.2 Emisión por el Traslado de Mercaderías y Personas

Los vehículos que operan mediante motores de combustión interna producen dos tipos distintos de gases contaminantes, tal como se muestra en la figura 6.

a. Emisiones Evaporativas

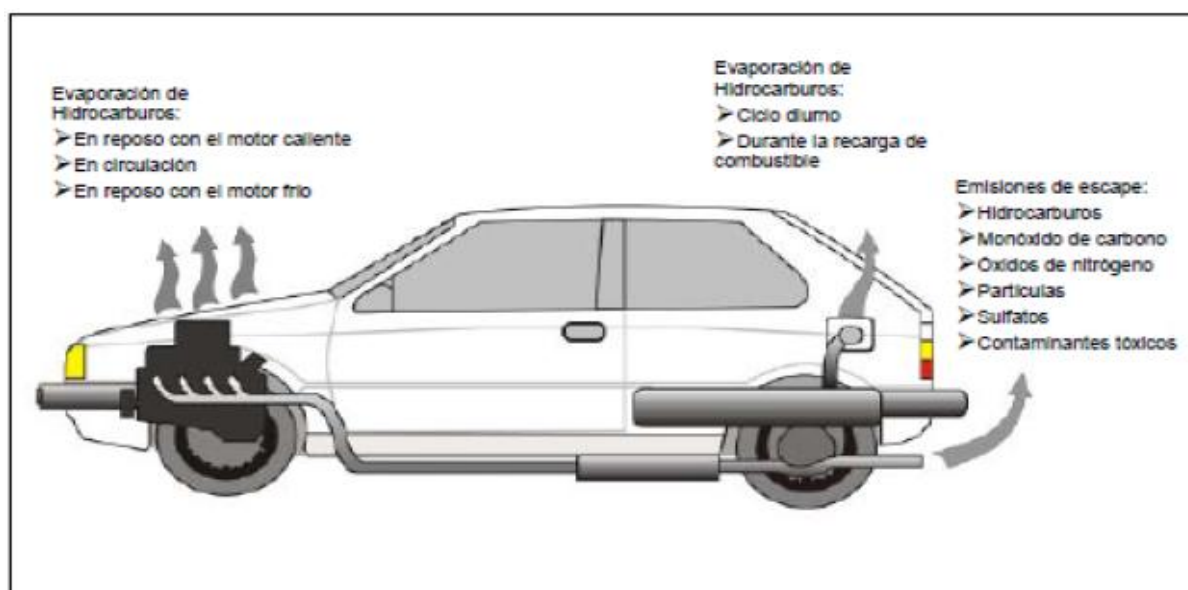
Estas emisiones se originan a partir de la evaporación del combustible, ya sea cuando el vehículo se encuentra en reposo o en movimiento. Su intensidad varía en función de aspectos como las propiedades del vehículo, el tipo de combustible utilizado, así como las condiciones meteorológicas y geográficas (SEMARNAT, 2009).

b. Emisiones por el Tubo de Escape

Este tipo de emisiones resulta de la combustión del combustible y abarca contaminantes tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, azufre y material particulado. La cantidad liberada varía según factores como las condiciones y mantenimiento del vehículo, la tecnología implementada, la frecuencia y duración de su uso, así como los sistemas de control de emisiones instalados. No obstante, los datos indican que, en promedio, los vehículos de mayor peso tienden a emitir mayores cantidades por kilómetro recorrido (SEMARNAT, 2009).

Figura 6

Fases de emisión de gases contaminantes en vehículos automotores



Nota: Adaptado de SEMARNAT, 2009.

3.8.2.1 Cálculo de Emisiones de GEI por el Traslado de Mercaderías y Personas

Para el cálculo de las emisiones indirectas de GEI por el traslado de mercaderías y personas se utilizó la distancia recorrida desde su casa hasta el mercado y viceversa, para ello se realizó una encuesta (anexo 4). Esta incluyó preguntas sobre el recorrido que emplean los comerciantes para su desplazamiento hacia el mercado Andres F. Vivanco y fueron validadas por los expertos, el transporte utilizado, trayectos, origen del movimiento, características de los vehículos, entre otras.

Con base en los datos obtenidos mediante las encuestas, se calcularon las distancias que recorren los comerciantes utilizando Google Maps. Estas distancias fueron luego multiplicadas por los factores de emisión correspondientes a CO₂, CH₄ y N₂O según el tipo de transporte utilizado (ver tabla 10). Finalmente, se cuantificaron las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el traslado de los comerciantes al mercado empleando la siguiente fórmula (WBCSD-WRI, 2011):

$$EI\ GEI(tCO_{2eq}) = \sum \frac{DR_i \times FE_{CO_2}}{n} + \left(\frac{DR_i \times FE_{CH_4}}{n} \right) \times PCG_{CH_4} + \left(\frac{DR_i \times FE_{N_2O}}{n} \right) \times PCG_{N_2O} \dots(4)$$

Donde:

EI GEI(tonCO_{2eq}): Emisiones indirectas de GEI por transporte casa – mercado

DR_i: Distancia recorrida *por un comerciante, en km*

FE_{CO₂}

: Factor de emisión de CO₂ del vehículo utilizado por el comerciante del mercado, en kgCO₂/km

FE_{CH₄}: Factor de emisión de CH₄ del vehículo utilizado por el comerciante del mercado, en kgCH₄/km

FE_{N₂O}: Factor de emisión de N₂O del vehículo utilizado por el comerciante del mercado, en kgN₂O/km

PCG_{CH₄}: Potencial de calentamiento global de CH₄

PCG_{N₂O}: Potencial de calentamiento global de N₂O

n: Número de pasajeros que ocupa el vehículo empleado por el comerciante del para el transporte de su casa al mercado

Se consideró la cantidad de pasajeros que utilizan el medio de transporte (ver Anexo 5), dado que este aspecto afecta directamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por ello, es fundamental incluir la variable “n” en la fórmula, ya que se asume que cada pasajero asume una parte proporcional de las emisiones totales generadas por el vehículo utilizado. Así, únicamente se atribuye al comerciante una porción de las emisiones producidas en el trayecto desde su domicilio hasta el mercado. Para simplificar el cálculo, esta fracción se determina dividiendo la emisión total estimada para ese recorrido entre la cantidad de pasajeros que viajan en la movilidad (WBCSD-WRI, 2011), considerando el caso en que el comerciante viaje solo, es decir, n=1.

Ante la ausencia de factores de emisión diferenciados por tipo de transporte a nivel nacional, se optó por emplear referencias provenientes de publicaciones elaboradas por entidades internacionales de reconocido prestigio. En la tabla 11 se detallan los valores de emisión asociados al CO₂, CH₄ y N₂O, clasificados según la categoría de vehículo.

Tabla 11*Factores de emisión por tipo de Vehículo en kg/km.*

Transporte	Unidad	kg CO ₂	Kg CH ₄	Kg N ₂ O
Motocicleta	km	0,117	0,0022	0,00058
Mototaxi a diesel	Km	0,08499	0,00207	0,0003
Taxi	km	0,1856	0,00019	0,00116
Colectivo	km	0,1856	0,00019	0,00116
Combi	km	0,25529	0,00057	0,00147
Auto promedio a gasolina	km	0,15942	0,00035	0,0005
Auto promedio a Diesel	km	0,18115	0,00001	0,00191
Auto promedio a GLP	km	0,20005	0,00008	0,00064
Auto promedio a GNV	km	0,17748	0,00177	0,00064
Minivan a diésel	km	0,15249	0,00002	0,00187
Coaster	km	0,90374	0,1165	0,000007

Nota: Adaptado de DEFRA, 2016

La determinación de los factores de emisión se basó en ciertas consideraciones respecto a los tipos de transporte analizados. En relación al tipo de combustible, se planteó que tanto las combis como las unidades tipo “coaster” operan con diésel, conforme a lo señalado por Dawidowski et al. (2014). Esta misma suposición se aplicó a los taxis y vehículos de transporte colectivo. En los casos en que no se contaba con información específica sobre la cilindrada del motor, se recurrió al uso de factores de emisión promedio establecidos por DEFRA (2016).

3.8.3 Emisión por la Disposición de Residuos Sólidos

En esta parte del estudio se integran los elementos fundamentales para cuantificar las emisiones generadas por la descomposición de residuos sólidos municipales (RSM), originados a partir de las actividades comerciales desarrolladas en el mercado Andrés F. Vivanco. Entre los factores más determinantes en esta estimación se encuentran el volumen total de residuos generados, su composición y el tipo de manejo aplicado. Para el levantamiento de información se consideraron los siguientes criterios y supuestos principales:

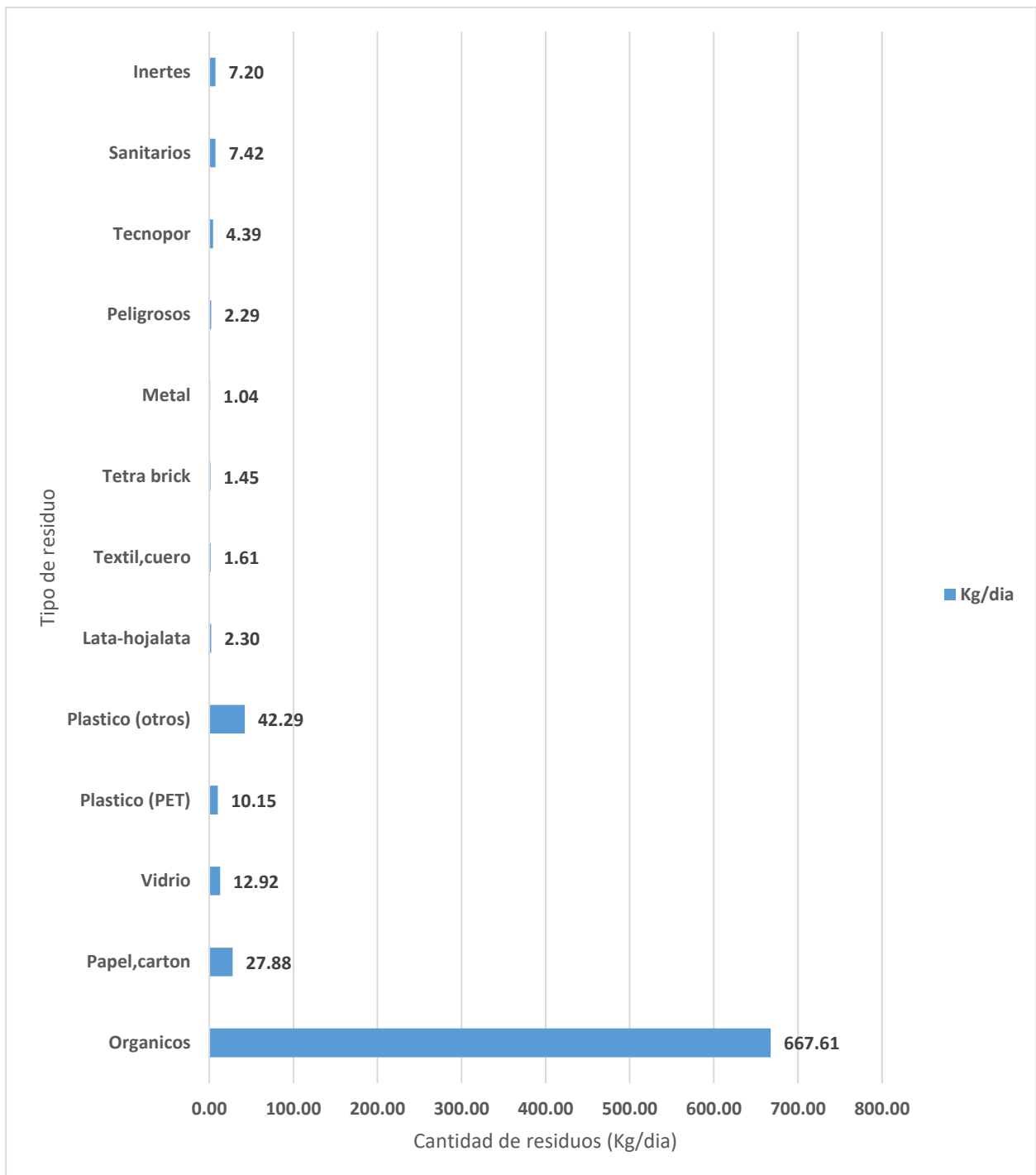
- Todos los desechos producidos por la entidad analizada se clasifican como residuos sólidos municipales.
- Según las directrices metodológicas del IPCC, los residuos se agrupan en once categorías principales: restos orgánicos alimentarios, desechos de jardinería y áreas verdes, papel y cartón, madera, textiles, pañales, cuero y caucho, plásticos, metales, vidrio, y una categoría adicional denominada “otros”.
- Se presume que los residuos correspondientes a cuero y caucho, plásticos, metales, vidrio y otros no aportan emisiones significativas, debido a su escasa fracción de carbono biodegradable.

Por otro lado, la estimación de la generación diaria de residuos sólidos se basó en fuentes bibliográficas y en entrevistas aplicadas al personal de limpieza del mercado. Conforme al estudio de Vargas (2023), quien hizo un estudio de caracterización de residuos sólidos en el mercado Andrés F. Vivanco utilizando la Guía de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales elaborado por el MINAM en el 2018, la cantidad de residuos producidos por día asciende a 763,04 kilogramos (ver tabla 11), lo que representa una generación anual de aproximadamente 278 509,6 kilogramos, es decir, 278,5 toneladas. La generación per cápita fue estimada en 1,6 kilogramos por comerciante al día, siendo los residuos orgánicos los de mayor proporción, con un total de 667,7 kilogramos diarios, lo que equivale al 87,49% del total. Es importante destacar que estas cantidades pueden fluctuar dependiendo de las variaciones en el nivel de ventas, incrementándose en días de alta actividad comercial y disminuyendo en jornadas de menor movimiento.

La figura 7 presenta la generación promedio diaria de cada tipo de residuos generados.

Figura 7

Generación diaria de tipos de residuos sólidos en el Mercado Andrés F. Vivanco



Nota: Esta figura muestra los resultados de la caracterización de residuos sólidos realizados en la investigación desarrollado por Vargas (2023).

Con base en la información recopilada por Vargas (2023) y las observaciones realizadas directamente en el lugar, se procedió a sintetizar datos para estimar los GEI derivados de los

residuos sólidos, tal como se presenta en la Tabla 12. Los resultados revelan que el 85,5 % corresponde a desechos alimentarios, mientras que no se identificaron residuos provenientes de áreas verdes o jardines (0.00 %). En cuanto a otros componentes, se registraron los siguientes porcentajes: papel y cartón 3,1 %, madera 0,83 %, textiles 0,2 %, pañales 0,77 %, cuero y caucho 0,3 %, plásticos 6,9 %, metales 0,1 %, vidrio 1,3 % y una categoría variada clasificada como "otros", con 1,08 %.

Tabla 12

Composición de residuos sólidos en el mercado Andrés F. Vivanco por día.

Tipo	Peso (kg)	Porcentaje
Alimentos	667,61	85,5%
Jardines	0	0,00%
Papel y cartón	27,88	3,1%
Madera	7,20	0,83 %
Textiles	1,61	0,2%
Pañales	7,42	0,77%
Caucho	2,30	0,3 %
Plásticos	52,44	6,9 %
Metales	1,04	0,1 %
Vidrios	12,94	1,3%
Otros	8,28	1,08%
TOTAL		100%

Respecto a los aspectos técnico-operativos en el mercado Andrés F. Vivanco, la gestión de los residuos sólidos abarca todas las etapas del proceso: desde su generación, recolección, transporte y tratamiento, hasta la transferencia y disposición final, así como otras actividades técnicas relacionadas.

La identificación de las principales problemáticas y sus causas permite implementar acciones adecuadas dentro del plan de gestión. Dado que se busca fomentar una cultura de responsabilidad entre los comerciantes del mercado, es esencial contar con su participación activa. Actualmente, existe una intención por parte de estos actores para optimizar el manejo de los residuos; sin embargo, este tema aún no ha sido priorizado por la administración municipal.

El análisis de los problemas comenzó desde las etapas iniciales, como los puntos de generación, pasando por la recolección, el almacenamiento y transporte, hasta llegar a la comercialización y disposición final de los residuos sólidos.

A continuación, se presenta las etapas del proceso de gestión de los residuos sólidos realizadas en el mercado Andrés F. Vivanco.

a. Fuentes de Generación

La principal fuente de generación de residuos en el mercado Andrés F. Vivanco proviene de las actividades desarrolladas por los propios comerciantes. Aunque los clientes también contribuyen en menor medida a la producción de residuos, esta cantidad resulta insignificante en comparación con la originada por los vendedores del establecimiento.

b. Almacenamiento

Los residuos generados por los comerciantes son almacenados temporalmente por cada uno en bolsas ubicadas dentro de sus respectivos espacios de trabajo, sin que se realice ningún tipo de separación o preparación previa. Por otro lado, los desechos que provienen de los clientes son depositados en pequeños contenedores plásticos de aproximadamente 20 litros de capacidad (ver Anexo 6: foto 2). Al finalizar la jornada laboral, los residuos permanecen en los puestos, y es el personal de limpieza quien posteriormente los traslada al contenedor central destinado a la recolección general de basura.

c. Recolección y Transporte

Los trabajadores de limpieza del mercado realizan dos tipos de transporte de los residuos sólidos, que sigue la siguiente secuencia.

Recolección y Transporte Interno

El transporte de los residuos sólidos generados en el mercado es realizado por el personal de limpieza, utilizando contenedores móviles con una capacidad de 1100 litros (ver Anexo 6: foto 3). Este proceso se lleva a cabo desde los diferentes puestos de venta hasta la puerta número 2 del establecimiento. En ese punto, los residuos son entregados al personal de

la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Huamanga, entidad responsable de su traslado final hacia el relleno sanitario.

Recolección y Transporte Externo

La recolección y transporte de los residuos sólidos del mercado Andrés F. Vivanco está bajo la responsabilidad de la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos, una dependencia adscrita a la Gerencia Municipal. Esta unidad tiene como función garantizar el manejo adecuado de los residuos, conforme a las disposiciones legales vigentes, con el objetivo de proteger el entorno ambiental y contribuir a la salud pública y el bienestar de la población.

El personal de esta unidad recoge todos los residuos sin diferenciarlos por tipo, es decir, se recolectan conjuntamente residuos aprovechables y no aprovechables, así como peligrosos y no peligrosos, utilizando un camión recolector. El servicio se presta diariamente, de lunes a domingo, donde el horario comprendido entre las 8:30 y 9:30 p. m.

Cabe señalar que durante la recolección no se realiza ningún tipo de registro sobre el peso o volumen de los residuos, lo cual dificulta el seguimiento y control interno del manejo en el mercado.

d. Comercialización

No se realiza ninguna actividad de venta o aprovechamiento comercial de los residuos sólidos, ya que para ello sería necesario que estos estén correctamente segregados, acondicionados y cumplan con ciertos requisitos mínimos que les otorguen un valor económico.

e. Destino Final

La responsabilidad del destino final de los residuos recolectados en el mercado recae en la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos. En la actualidad, estos desechos son trasladados al relleno sanitario de Huamanga, ubicado en la zona de Lindipampa, dentro del distrito de Tambillo, a aproximadamente 7,3 kilómetros del centro urbano. Esta infraestructura comenzó a operar en el año 2017.

El mercado Andrés F. Vivanco cubre económicamente los servicios relacionados con la recolección, el transporte y la disposición final de sus residuos. Sin embargo, no se dispone de un registro preciso que cuantifique el volumen o peso de los desechos generados, lo cual

representa una limitación para calcular con exactitud tanto la cantidad de residuos producidos como los costos asociados a su manejo.

3.8.3.1 Parámetros de Emisión por Disposición de Residuos Sólidos

Este estudio se apoya en los lineamientos establecidos en el quinto volumen de las guías metodológicas del IPCC (2019). Para el desarrollo del análisis, se estableció un conjunto integral de parámetros considerando tres criterios esenciales. En primer lugar, se estipula que las emisiones comienzan a liberarse aproximadamente seis meses después de la disposición de los residuos en el relleno sanitario, periodo conocido como “tiempo promedio de retraso” o "d". En segundo lugar, se plantea que la reacción inicial, identificada como “M”, tiene lugar siete meses después del inicio del proceso de generación de emisiones, es decir, en el mes número 13. Por último, se contempla que la relación entre los pesos moleculares del metano y el carbono es de 16 a 12, respectivamente.

Según lo presentado en la Tabla 13, todos los parámetros utilizados se basan en las directrices del IPCC de 2019, con la excepción del carbono orgánico degradable (DOC), cuyo valor fue tomado de la edición de 2006, considerando los niveles correspondientes a residuos con alto contenido de humedad. La fracción degradable del carbono orgánico (DOC_f) representa la porción del carbono que puede ser descompuesta biológicamente. El factor de corrección de metano (MCF) se estableció en función del tipo de disposición final de los residuos, la cual se clasifica como gestión profunda, ya que en el caso del mercado los residuos son transportados a un relleno sanitario donde se aplican prácticas de compactación y cobertura parcial diaria. En cuanto a la fracción de metano en el biogás generado (F), se utilizó un valor estándar de 0,5. Por último, al tratarse de una disposición en un sitio sin sistemas de captura o tratamiento del gas, el factor de oxidación (OX) se asumió como cero.

Tabla 13

Parámetros de emisiones de residuos sólidos destinados al relleno sanitario.

Tipos de residuos	DOC	DOCf	MCF	F	OX	R
Residuos de Alimentos	0,15	0,7	0,8	0,5	0	0
Jardines y parques	0,20	0,7	0,8	0,5	0	0
Papel y cartón	0,40	0,5	0,8	0,5	0	0
Madera	0,43	0,1	0,8	0,5	0	0
Textiles	0,24	0,5	0,8	0,5	0	0
Pañales	0,24	0,5	0,8	0,5	0	0

Nota: Adaptado de IPCC, 2019

La fórmula del IPCC, 2019 para calcular las emisiones de los GEI por la disposición final de residuos sólidos en un relleno sanitario se centra en la estimación de emisiones de metano (CH₄), el gas principal generado por la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos. Luego, estas emisiones se convierten en CO₂ equivalente (CO_{2e}) usando el Potencial de Calentamiento Global (PCG) del metano.

La fórmula para las emisiones de CH₄ según el IPCC (2019) es:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F (1 - R)(1 - OX) \left(\frac{16}{12}\right) \dots (5)$$

Donde:

MSWT: Masa total de residuos sólidos municipales generados (Toneladas/año).

MSWF: Fracción de residuos depositados en rellenos sanitarios (sin tratamiento previo).

MCF: Factor de corrección de manejo (varía según el tipo de relleno, con valores entre 0.4 y 1).

DOC: Contenido de carbono degradable (proporción de carbono orgánico en los residuos).

DOCF: Fracción de carbono degradable que se convierte en gas (varía entre 0.5 y 0.8).

F: Fracción de metano en el gas generado en el relleno sanitario (valor típico 0.5).

16/12: Conversión de carbono a metano (basado en la relación entre la masa molar de CH₄ y C).

R: Fracción de metano recuperado y quemado o utilizado (si el relleno tiene sistema de captura de biogás).

OX: Fracción de oxidación del metano en la cubierta del relleno (generalmente entre 0 y 0.1).

Conversión de CH₄ a CO_{2e} :

El metano (CH₄) tiene un Potencial de Calentamiento Global (PCG) de **25** veces el del CO₂ (según el IPCC, aunque puede variar según la versión).

Emisiones de CO_{2e} (toneladas)=Emisiones de CH₄ (toneladas)×GWP de CH₄

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Actualmente, de acuerdo con el padrón de comerciantes actualizado del mercado para el año 2024, se registra un total de 534 comerciantes. Estos comerciantes se encuentran organizados en más de 17 rubros comerciales (ver tabla 14), entre los que se incluyen la venta de carnes rojas, productos lácteos como quesos, frutas, prendas de vestir, calzado, panificados, artículos artesanales, medicina tradicional, alimentos preparados, carne de pollo, abarrotos, bebidas como chichas o refrescos, jugos naturales, vegetales, productos plásticos, artículos de pasamanería, canastas, especias, productos molidos, lana y sandalias. Esta distribución puede observarse gráficamente en la figura 8.

Tabla 14

Número de Comerciantes por actividad

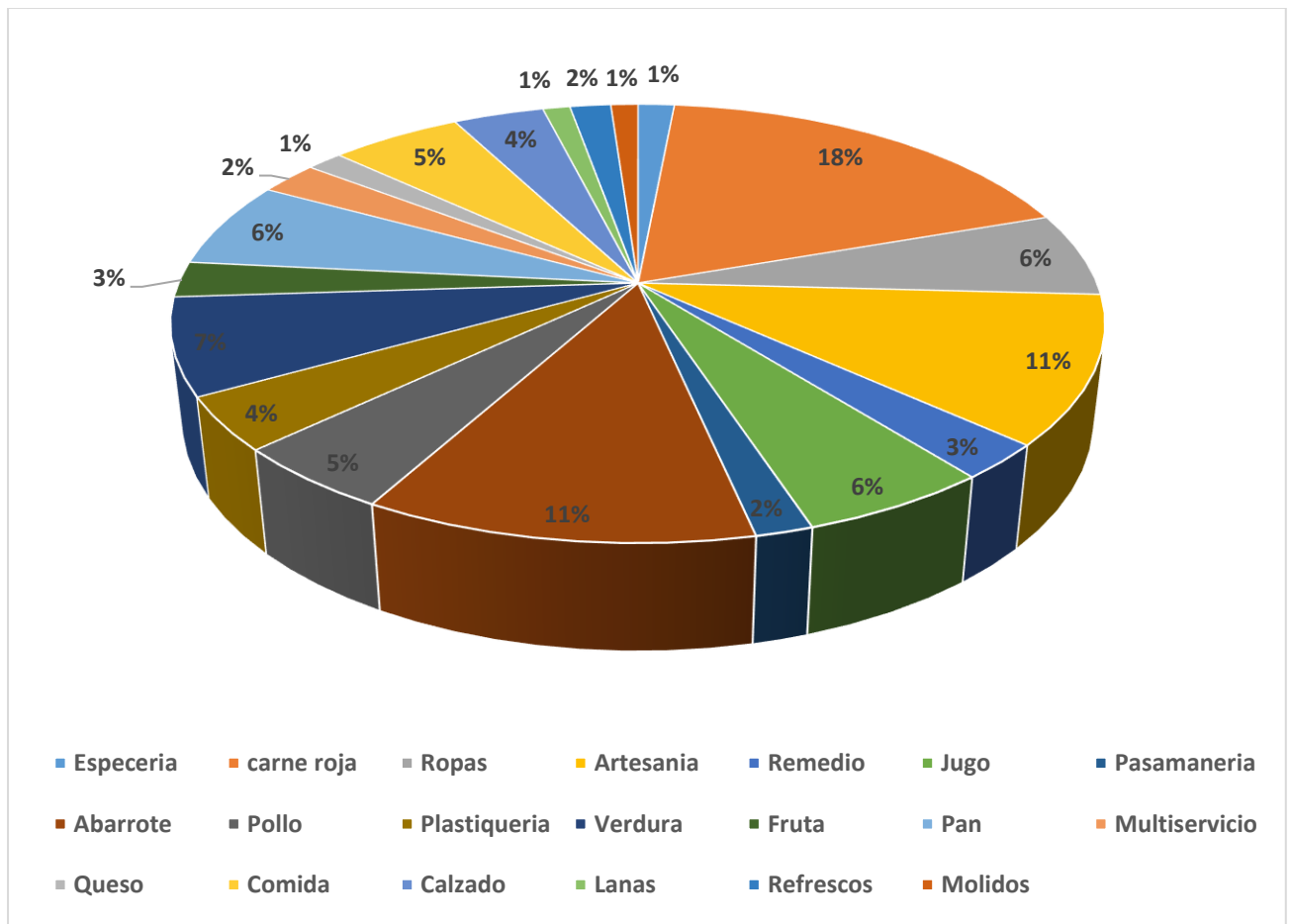
Actividad	Cantidad	Porcentaje(%)
Especeria	7	1,4
Carne roja	97	18,3
Ropa	33	6,1
Artesania	58	10,1
Remedio	14	2,5
Jugos	30	5,7
Pasamaneria	10	1,6
Abarrotos	60	11,5
Carne de Pollo	26	4,8
Plastiqueria	21	3,1
Verduras	37	7,0
Frutas	15	2,7
Pan	35	6,3
Multiservicios	12	2,5
Queso	9	1,4
Comida	29	5,5
Calzados	19	3,6

Lana	7	1,2
Refresco	10	1,6
Molido	5	1,2
TOTAL	534	100

Nota: Datos obtenidos de la Administración del Mercado - Municipalidad Provincial de Huamanga, año 2024.

Figura 8

Actividad económica en el mercado Andrés F. Vivanco



4.1 Emisiones Directas por Combustión Estacionaria

En la Tabla 15 se presenta un resumen detallado de la información relacionada con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas del consumo de gas licuado de petróleo (GLP). En la primera columna se identifica el tipo de gas emitido como consecuencia del uso de este combustible, tomando en cuenta los parámetros establecidos en el análisis correspondiente. Los cálculos que sustentan dichos resultados, así como los datos empleados en el proceso, se encuentran consignados en el Anexo 2, y posteriormente fueron incorporados en la ecuación 2, lo que permitió obtener valores consistentes y verificables.

La segunda columna expone las emisiones anuales estimadas, calculadas a partir de un conjunto de variables que incluyen el consumo promedio diario de GLP, el número total de días considerados en el periodo de evaluación, el poder calorífico neto de este combustible y los factores de emisión aplicables según estándares internacionales. Posteriormente, en la tercera columna se presentan dichas emisiones expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}). Para ello, se aplicaron los potenciales de calentamiento global (PCG) específicos de cada gas, con el fin de homogeneizar los resultados y facilitar la comparación entre diferentes compuestos.

Finalmente, la cuarta columna ofrece la participación porcentual de cada gas respecto al total de emisiones generadas, expresada igualmente en términos de CO_{2e}. Este indicador es particularmente relevante, ya que permite identificar la magnitud relativa de cada gas dentro del conjunto de emisiones, contribuyendo a establecer prioridades de mitigación y a orientar la toma de decisiones hacia la reducción de los impactos más significativos sobre el cambio climático.

Tabla 15*Emisiones de GEI por combustión estacionaria anual- año 2024.*

Clase de gas	Emisión (kg)	Emisión (kg de CO_{2e})	Porcentaje
CO ₂	90341,44	90341,44	99,74%
CH ₄	7,16	200,44	0,22%
N ₂ O	0,14	37,34	0,04%
Total	90348,85	90579,93	100%

Con base en los resultados obtenidos durante el proceso de cuantificación, se calculó que las emisiones generadas anualmente por la combustión o ignición estacionaria en los puestos de venta de alimentos del mercado Andrés F. Vivanco alcanzan aproximadamente las 90,35 toneladas de gases de efecto invernadero (GEI), incluyendo dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). De esta cantidad, el dióxido de carbono representa la fracción dominante, con un total de 90,9 toneladas emitidas, lo que equivale al 99,74% del total en esta subcategoría (ver Figura 9). En cuanto al metano, se estimó una generación anual de 7,16 kilogramos, los cuales corresponden a 200,44 kilogramos de CO_{2e} (Figura 10), representando el 0,22% del total. Por su parte, el óxido nitroso, aunque se libera en una cantidad reducida de 0,14 kilogramos por año, debido a su elevado potencial de calentamiento global, esta cifra representa 37,94 kilogramos de CO_{2e}, correspondiente al 0,04% del total estimado.

Figura 9

Emisión para el año 2024 de GEI debido a combustión estacionaria

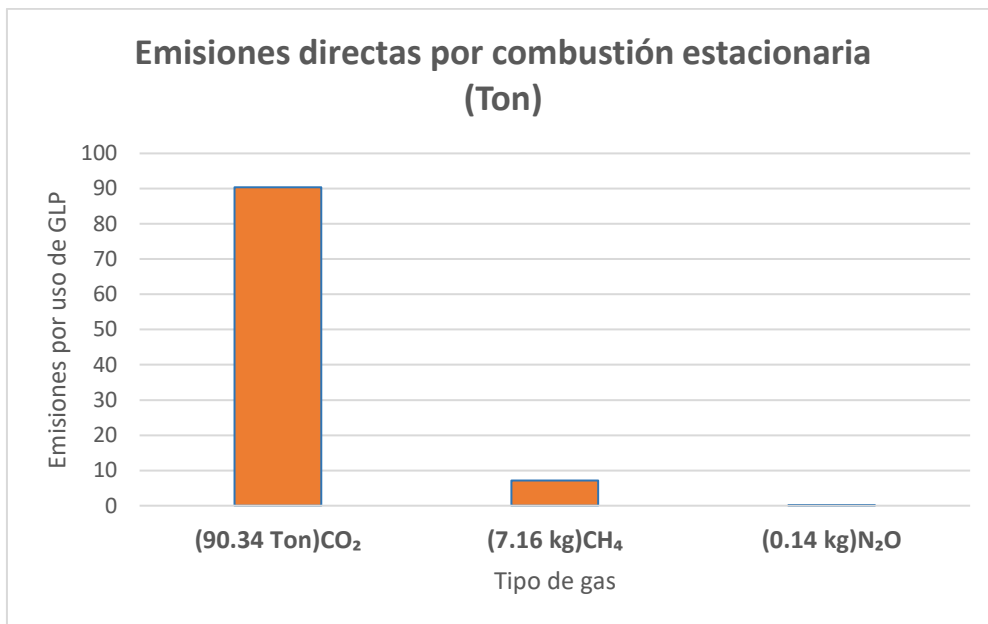
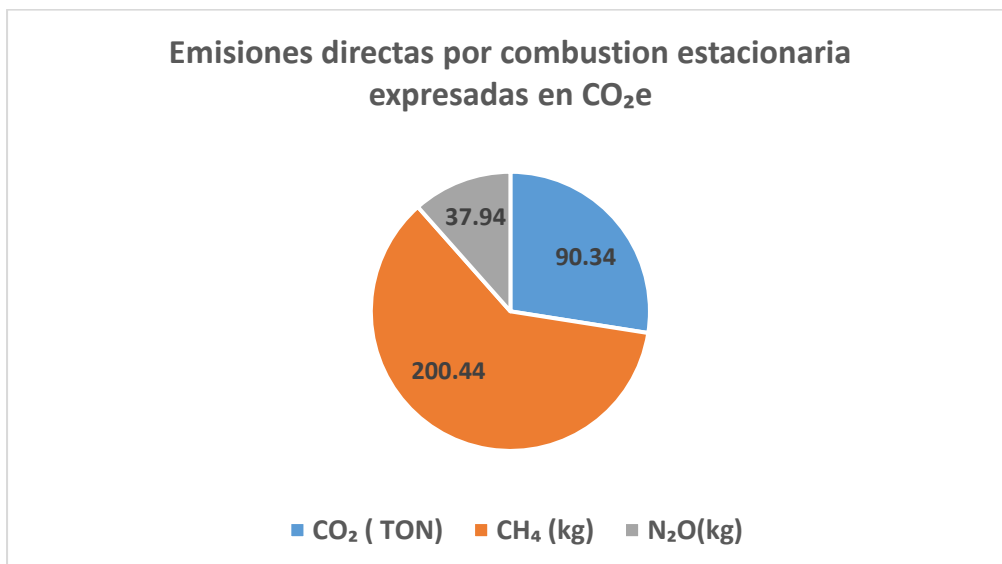


Figura 10

Emisión para el año 2024 por combustión estacionaria expresadas en CO₂e



En el estudio realizado por Quispe (2023), titulado *Implementación de un sistema de gestión integral en el mercado modelo de Huancayo mediante el cálculo de su huella de carbono organizacional*, utilizó el enfoque cuantitativo ISO 14064 para determinar las emisiones directas asociadas al consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP), sus resultados alcanzaron un valor de 78 673,84 kg de dióxido de carbono (CO₂), 6,23 kg de metano (CH₄) y 0,12 kg de

óxido nitroso (N₂O). La suma de estos gases, expresada en términos de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}), dio como resultado un total de 78 854,13 kg de CO_{2e}.

Al comparar esas cifras con las obtenidas en el presente estudio, se observa una diferencia de 11 725,8 kg de CO_{2e}. Este incremento en las emisiones es coherente y se explica principalmente por la variación en el consumo de GLP registrado en ambos casos. En el año de análisis del estudio de Quispe (2023), el mercado modelo de Huancayo reportó un consumo diario de GLP de 72,22 kg. En contraste, en el año 2024, el mercado Andrés F. Vivanco registró un consumo diario de 82,93 kg (ver Tabla 4). Dado que las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la combustión del GLP son directamente proporcionales a la cantidad de combustible utilizado, el mayor consumo observado en el presente estudio con respecto al de Quispe (2023) explica la diferencia encontrada en las emisiones totales de CO_{2e}.

4.2 Emisiones Directas por el Uso de Refrigerantes

La Tabla 16 presenta un resumen del comportamiento anual del flujo de gases refrigerantes en el mercado Andrés F. Vivanco desde el año 2021. En la primera columna se especifica el año correspondiente al periodo analizado. La segunda columna reporta la cantidad de refrigerante contenida en los equipos al inicio del año, es decir, al 1 de enero. La tercera columna detalla las emisiones netas de HFCs liberadas durante los 365 días del año en cuestión. Finalmente, la cuarta columna muestra el volumen de gas restante al cierre del año, el 31 de diciembre, el cual se considerará como valor inicial para el siguiente ciclo anual. Los cálculos, haciendo uso de la ecuación (2), para la estimación de HFCs se puede verificar en el anexo 3.1.

Tabla 16

Emisión anual de gas refrigerante (HFCs) en el mercado Andrés F. Vivanco, año 2024.

Año	Cantidad inicial (kg)	Cantidad emitida (kg)	Cantidad restante (kg)
2021	297,6	23,81	273,79
2022	273,79	21,90	251,89
2023	251,89	20,15	231,74
2024	231,74	18,54	213,20

De acuerdo con los cálculos realizados, se observa una tendencia decreciente en las emisiones de gases refrigerantes provenientes del mercado desde el año 2021 (ver Figura 11). Esta reducción se asocia principalmente a que los equipos utilizados han venido operando con

menores volúmenes de refrigerante con el paso del tiempo, lo que también afecta su rendimiento. En el año 2024, por ejemplo, la cantidad de HFCs disminuyó de 231,74 kg al comenzar el año a 213,20 kg al cierre del mismo, lo que implica un uso efectivo de 18,54 kg. Aunque esta cifra podría parecer baja, al convertirla a dióxido de carbono equivalente, representa una emisión de aproximadamente 27,25 toneladas (ver Figura 12).

Figura 11

Emisión anual de gas refrigerante en el mercado Andrés F. Vivanco, año 2024.

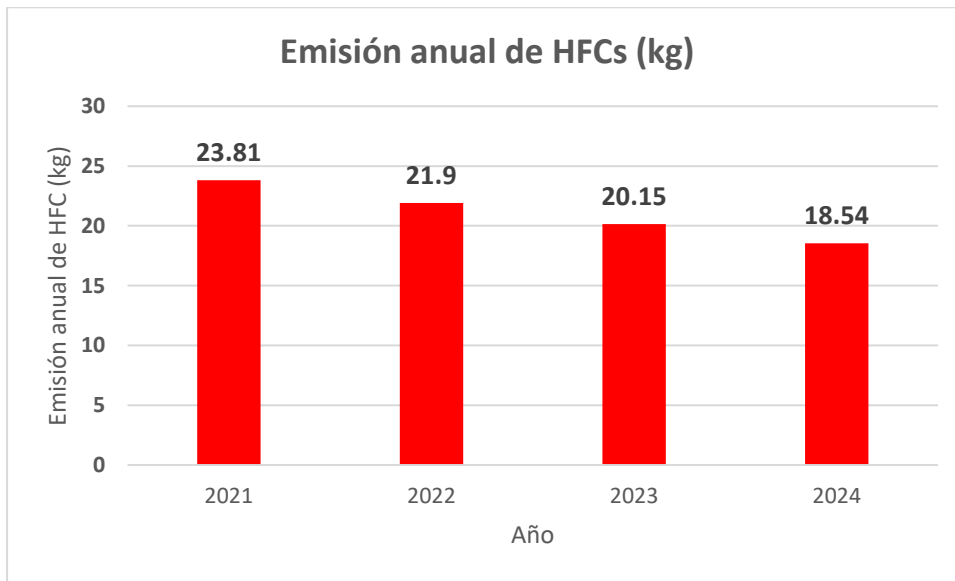
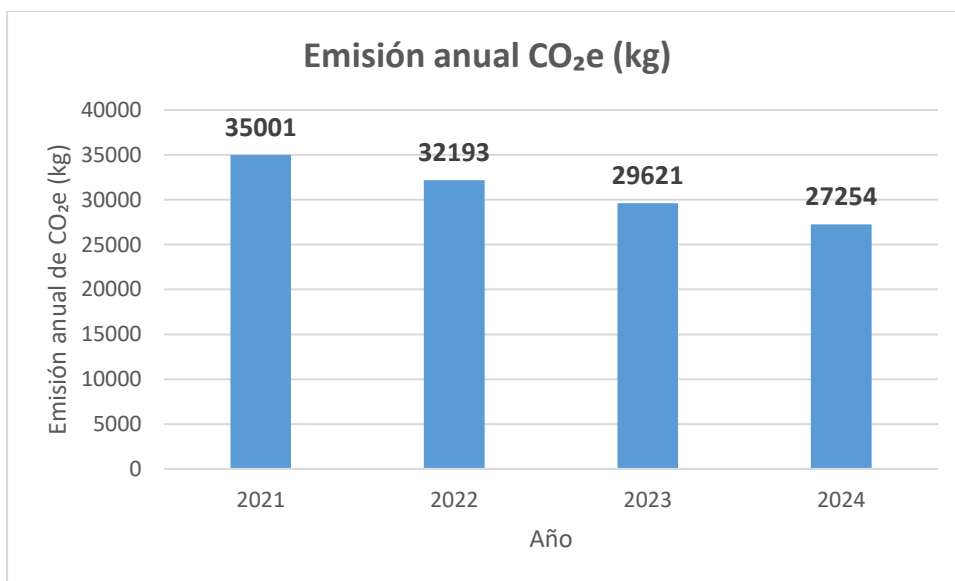


Figura 12

Emisión anual de gas refrigerante en el año 2024, expresadas en CO₂e



Paredes y Xiomara (2020), realizaron el cálculo de la huella de carbono generada por el uso de equipos de aire acondicionado en el Ministerio de Energía y Minas, Lima, 2018. Para ello, aplicaron las directrices establecidas por la norma ISO 14064, la cual proporciona un marco estandarizado para cuantificar y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Como resultado, determinaron que las emisiones asociadas a dichos equipos ascendían a 18 410 kg de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}).

Al comparar este valor con los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa una diferencia significativa de 8 844 kg de CO_{2e}, atribuida al uso de equipos refrigerantes en el mercado Andrés F. Vivanco. Si bien en ambos casos se empleó la misma metodología de cálculo, esta diferencia se explica por las características propias de las fuentes emisoras en cada contexto. En el caso del mercado, se cuenta con un mayor número de equipos refrigerantes, los cuales además tienen más años de uso, lo que reduce su eficiencia energética. A ello se suma que dichos equipos permanecen encendidos durante las 24 horas del día, lo que incrementa de manera considerable el consumo de energía y, en consecuencia, las emisiones totales de GEI.

4.3 Emisiones Indirectas por Electricidad

En la Tabla 17 se detalla, en la primera columna, cada uno de los tipos de gases de efecto invernadero evaluados en esta sección. La segunda columna indica la cantidad de emisiones correspondiente al año 2024, calculada a partir del consumo energético y los respectivos factores de emisión. Posteriormente, en la tercera columna, se muestran estos valores expresados en dióxido de carbono equivalente, estas estimaciones fueron realizadas con los datos de la tabla 8 y el uso de la ecuación (3). Para finalizar la cuarta columna presenta los porcentajes que representa cada uno de estos valores con relación al equivalente total.

Tabla 17

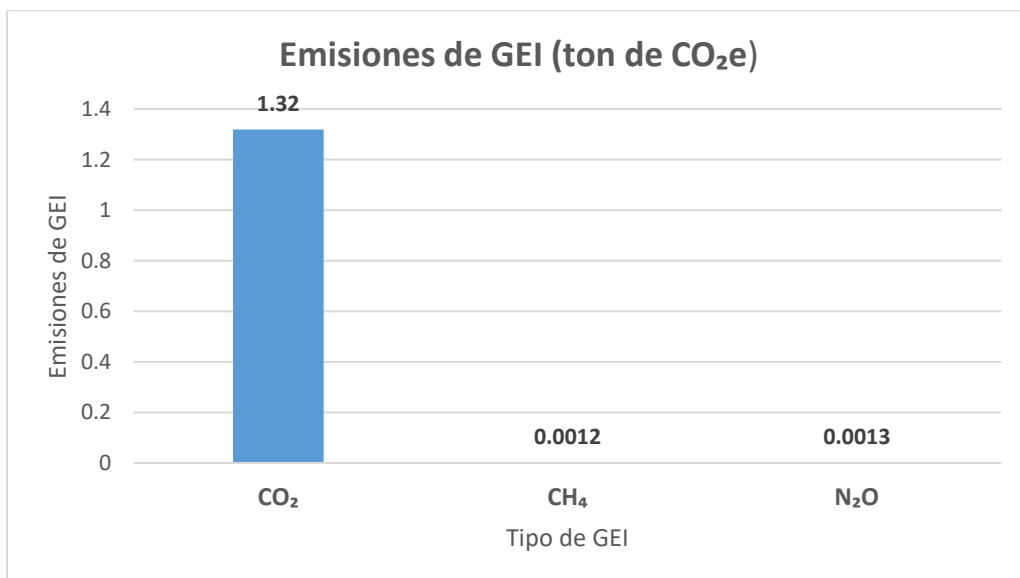
Emisiones de GEI por uso de electricidad para el año 2024.

Tipo de gas	Emisiones (ton)	Equivalencia(ton de CO ₂)	Porcentaje (%)
CO ₂	1,32	1,32	99,81%
CH ₄	0,00004	0,0012	0,09%
N ₂ O	0,000005	0,0013	0,10%
TOTAL	1,320045	1,3225	100%

A partir del consumo de energía eléctrica en el mercado Andrés F. Vivanco, se calcula que cada año se liberan aproximadamente 1,32 toneladas de gases de efecto invernadero (ver Figura 13), cantidad que equivale a 1,3225 toneladas de CO_{2e}. En esta categoría, el dióxido de carbono representa la mayor parte de las emisiones, con una producción anual de 1,32 toneladas, lo que equivale al 99,81% del total. Por su parte, el metano registra emisiones de 0,00004 kg, equivalentes a 0,0012 toneladas de CO_{2e}, lo cual representa el 0,09% del total. Finalmente, las partículas de óxido nitroso generadas alcanzan un valor equivalente a 0,0013 toneladas de CO_{2e}, representando el 0,10% del total de esta categoría.

Figura 13

Emisiones de GEI por el uso de electricidad durante el año 2024



Quispe (2023) llevó a cabo un estudio en el mercado modelo de Huancayo, obteniendo como resultado que, durante el año 2023, las emisiones derivadas del uso de electricidad alcanzaron valores de 41 412,62 kg de dióxido de carbono (CO₂), 501,04 kg de metano (CH₄) y 0,49 kg de óxido nitroso (N₂O). Al aplicar los factores de conversión correspondientes para expresar estos valores en términos de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}), el total ascendió a 53 081,58 kg CO_{2e}. En contraste, en la presente investigación, la cuantificación de las emisiones totales de GEI derivadas del uso de electricidad en el mercado Andrés F. Vivanco para el año 2024 fue considerablemente menor, registrándose 1 320,045 kg CO_{2e}. La diferencia fue de 51 761,535 kg CO_{2e} respecto al estudio de Quispe (2023), esta es significativa y se explica principalmente por las diferencias estructurales y operativas entre ambos mercados. Tal como se detalló en el apartado 4.1, el mercado modelo de Huancayo cuenta con un número mayor de

comerciantes, en consecuencia, la infraestructura es más grande y presenta una elevada densidad de equipos eléctricos y electrónicos en funcionamiento, como radios, televisores, computadoras personales, entre otros, en comparación con el mercado Andrés F. Vivanco, donde la presencia y uso de dichos dispositivos es mucho más limitado. Este contraste refleja cómo el número de usuarios, la disponibilidad tecnológica y la intensidad de uso de los equipos influyen directamente en el nivel de emisiones de GEI asociadas al consumo energético.

4.4 Emisiones Indirectas por el Traslado de Mercaderías y Personas

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo basado en la aplicación de una encuesta (ver Anexo 4.1), las cuales fueron dirigidas a una muestra representativa conformada por 80 comerciantes pertenecientes al mercado Andrés F. Vivanco. Dicho instrumento de recolección de datos fue previamente sometido a un proceso de validación y revisión exhaustiva por parte de especialistas en la materia (ver Anexo 4.2), con el propósito de garantizar su confiabilidad y pertinencia. Las encuestas incluyeron preguntas de carácter estructurado orientadas a obtener información específica sobre el medio de transporte empleado por los comerciantes, la frecuencia de sus desplazamientos y las distancias recorridas de manera habitual. Con el fin de corroborar la veracidad de los resultados, se llevó a cabo un trabajo de observación directa en el propio mercado (ver Anexo 7), lo cual permitió contrastar y complementar la información recopilada. Finalmente, los datos obtenidos fueron procesados a través de técnicas de estadística descriptiva, lo que posibilitó identificar patrones y tendencias en la movilidad de los encuestados. Cabe señalar que en el Anexo 4.3 se incluyen ejemplos de algunas de las respuestas proporcionadas por los participantes durante la aplicación del cuestionario.

A partir de los datos obtenidos (ver Anexo 4.4) y con el uso de la ecuación (4) se realizó los cálculos para estimar la huella de carbono derivadas por el traslado de mercaderías y personas, además generalizando los datos obtenidos de la muestra, permitieron identificar la distribución del transporte usado por los comerciantes del mercado Andrés F. Vivanco (ver figuras 14 y 15):

- **Taxi:** 182 comerciantes (38,08 %)
- **Couster:** 161 comerciantes (30,15 %)
- **Caminata:** 110 comerciantes (20,60 %)
- **Mototaxi:** 40 comerciantes (7,49 %)
- **Motocicleta:** 41 comerciantes (7,68 %)

Se observó que la elección del medio de transporte está influenciada por factores como la accesibilidad, el costo y la rapidez del desplazamiento. La alta preferencia por taxis y cousters sugiere que los comerciantes buscan optimizar su tiempo de traslado, mientras que la caminata es predominante en aquellos que residen cerca del mercado. El uso de mototaxis y motocicletas, aunque menor, se asocia a comerciantes que requieren mayor flexibilidad en su movilidad.

Figura 14

Distribución de comerciantes según el tipo de transporte durante el año 2024.

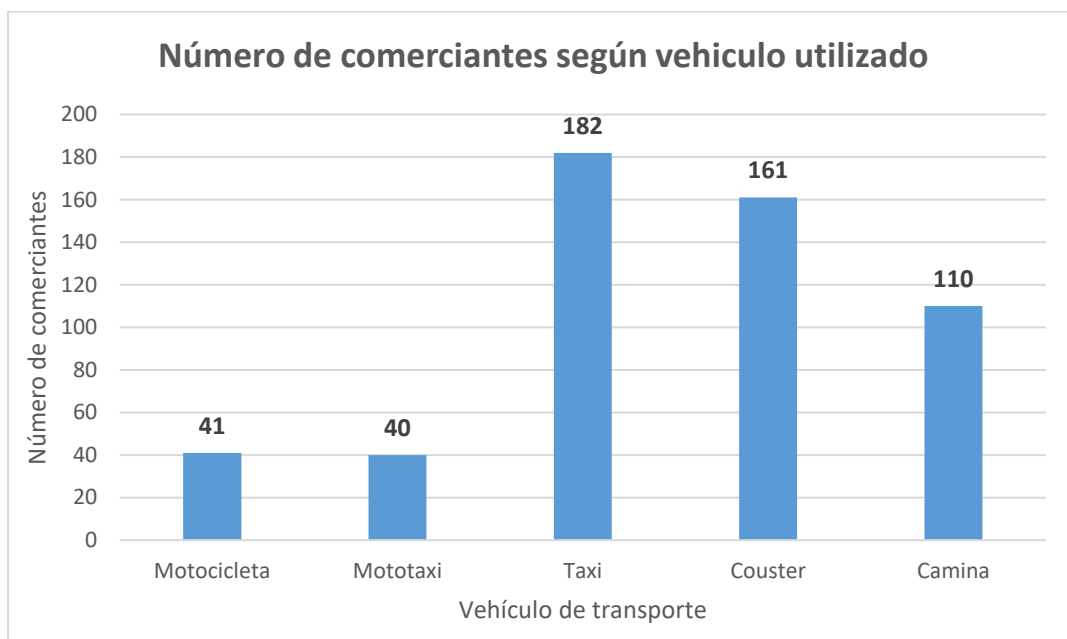
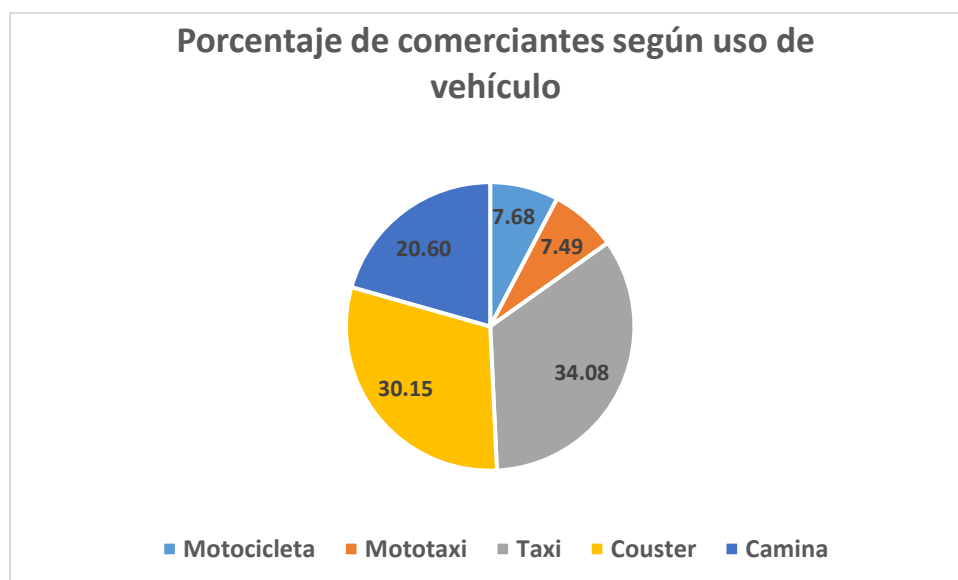


Figura 15

Distribución de comerciantes en porcentaje según el tipo de transporte durante al año 2024



Se analizó la cantidad de emisiones de CO_{2e} generadas por los comerciantes del mercado Andrés F. Vivanco en función del medio de transporte que utilizan. La identificación de estas emisiones permitió proponer medidas para mitigar el impacto ambiental y fomentar alternativas de movilidad más sostenibles.

Se realizó un estudio cuantitativo empleando encuestas dirigidas a una muestra representativa de 534 comerciantes establecidos en el mercado Andrés F. Vivanco, cuya muestra representativa fue de 80 comerciantes (Rabolini, 2009). De esta muestra se recopilaban datos acerca del tipo de transporte utilizado (Figura 14), luego generalizar para todos los comerciantes del mercado Andrés F. Vivanco. Para la estimación de las emisiones de CO_{2e}, se emplearon factores de emisión estándar proporcionados por fuentes reconocidas como el IPCC y DEFRA. Los resultados obtenidos fueron que los 182 comerciantes que se desplazan en taxi emitieron 87,56 toneladas de CO_{2e}, los 161 comerciantes que se movilizan en couster emitieron 15,17 toneladas de CO_{2e}, los 40 comerciantes que utilizan mototaxi emitieron 3,54 toneladas de CO_{2e} y los 41 comerciantes que se desplazan de motocicleta emitieron 12,71 toneladas de CO_{2e}, todo esto durante el año 2024

Se observó que el uso de taxis es el mayor contribuyente a las emisiones de CO_{2e}, representando aproximadamente el 73% del total (Figura 17). Esto sugiere que la dependencia de este medio de transporte podría estar relacionada con la accesibilidad, la rapidez y la disponibilidad. Las cousters, aunque menos contaminantes, siguen aportando una fracción

significativa de emisiones. En contraste, los comerciantes que caminan no generan impacto ambiental, lo que indica que la proximidad al mercado es un factor clave para algunos comerciantes.

Figura 16

Emisiones de CO_{2e} ocasionados según el tipo de transporte durante el año 2024.

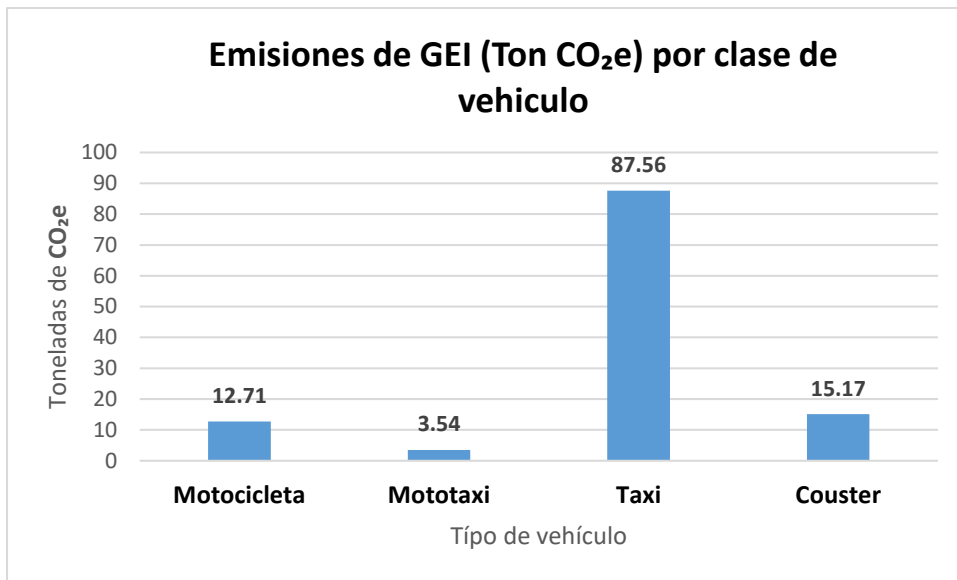
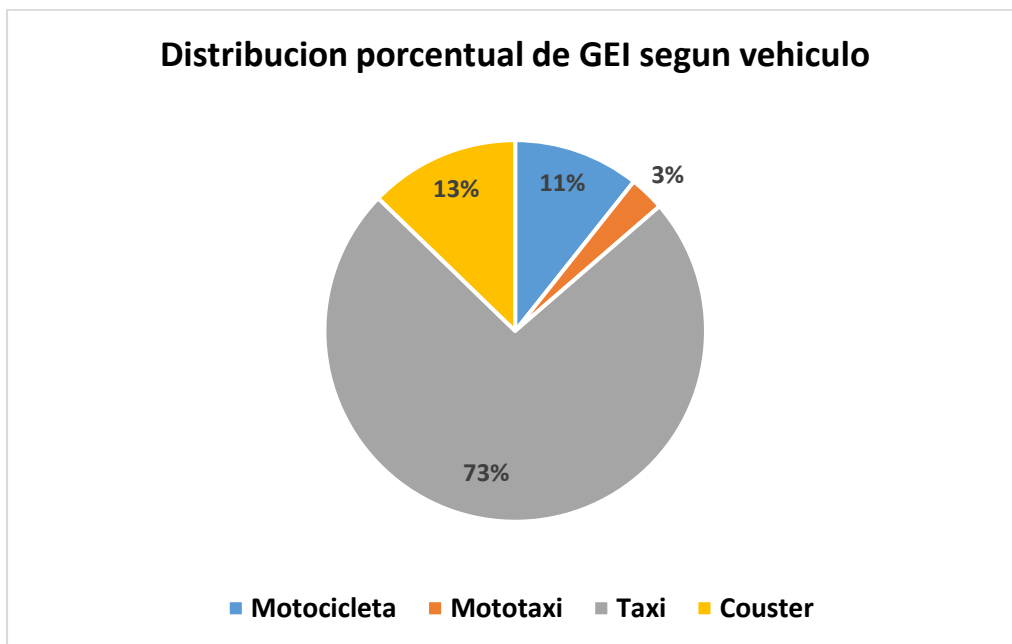


Figura 17

Emisiones en porcentaje de CO_{2e} generadas el tipo de transporte durante el año 2024



En contraste con los resultados obtenidos en la presente investigación, es pertinente señalar lo evidenciado en el estudio desarrollado por Quispe (2023) en el mercado modelo de Huancayo. Dicho autor centró su análisis en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el traslado de personas, considerando como variable principal el tipo de combustible empleado en los vehículos utilizados para dicho desplazamiento. A partir de esta metodología, Quispe determinó un total de 194,14 toneladas de CO_{2e} correspondientes al año 2023. Por otro lado, en la presente investigación se estimaron 118,98 toneladas de CO_{2e} durante el año 2024, lo que representa una diferencia de 75,16 toneladas en relación con el estudio previamente citado, tal diferencia resulta comprensible si se considera que el mercado modelo de Huancayo cuenta con una mayor cantidad de comerciantes y, por ende, con una demanda más elevada en el uso de vehículos de transporte, lo que incrementa de manera significativa la magnitud de las emisiones generadas.

4.5 Emisiones Indirectas por la Disposición de Residuos Sólidos Municipales

La descomposición de residuos generados en el Mercado Andrés F. Vivanco, como alimentos, papel, madera, textiles y pañales, da lugar a una emisión de metano cada año. En particular, los desechos alimenticios son los que más contribuyen, liberando alrededor de 13,65 toneladas anuales de metano (ver Anexo 6), lo que equivale al 94% del total, Estas estimaciones fueron determinadas a partir de la información recopilada (véase la Tabla 11) y de los parámetros de emisión asociados a los residuos sólidos (véase la Tabla 12), en conjunto con la aplicación de la ecuación (5), los cálculos numéricos para la obtención de estos resultados se pueden verificar en el anexo 6. Las emisiones derivadas de la degradación de papel y cartón constituyen la segunda mayor fuente, con 1,09 toneladas por año, representando el 7%. Los pañales generan 0,17 toneladas de metano anualmente, equivalentes al 1%, mientras que los residuos de madera y textiles contribuyen con 0,06 y 0,04 toneladas, respectivamente (véanse Figuras 18 y 19).

Figura 18

Emisiones de CH₄ por disposición de residuos sólidos en el mercado durante el año 2024

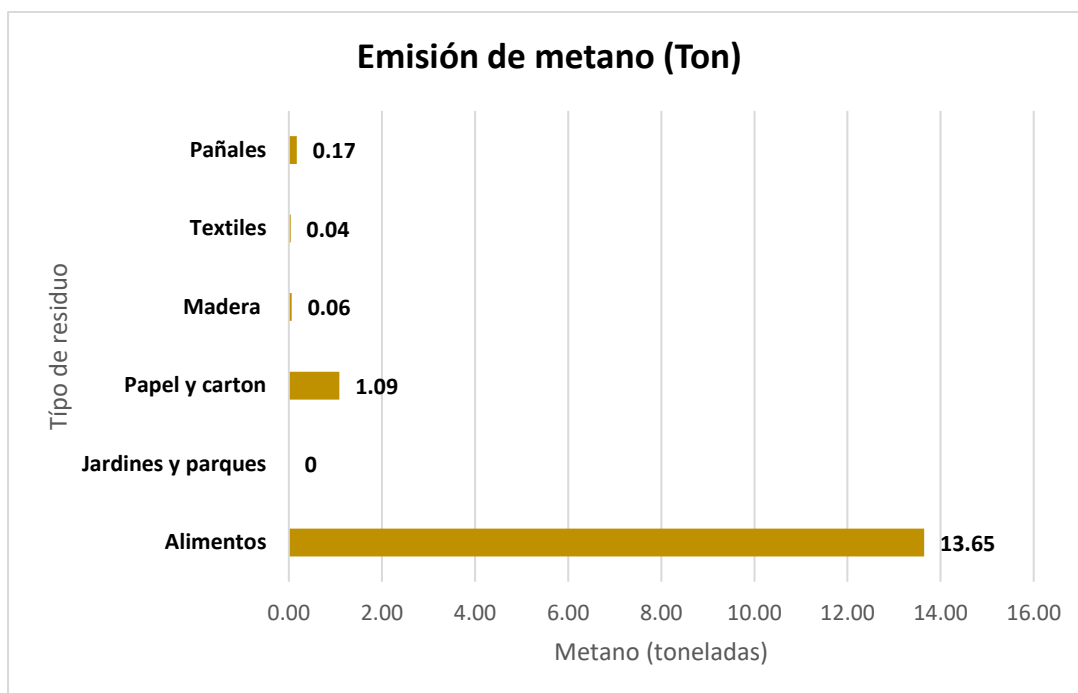
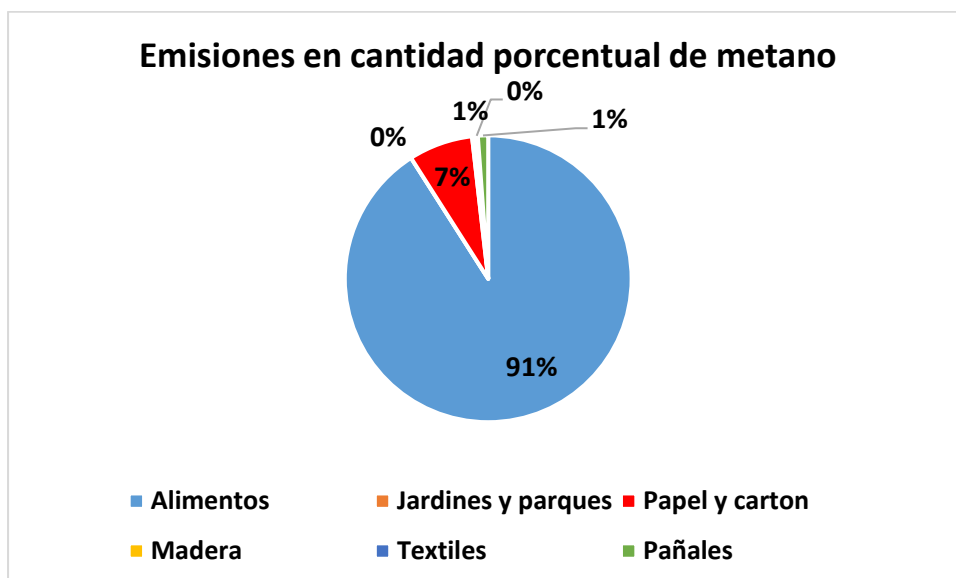


Figura 19

Cantidad porcentual de emisiones de metano durante el año 2024

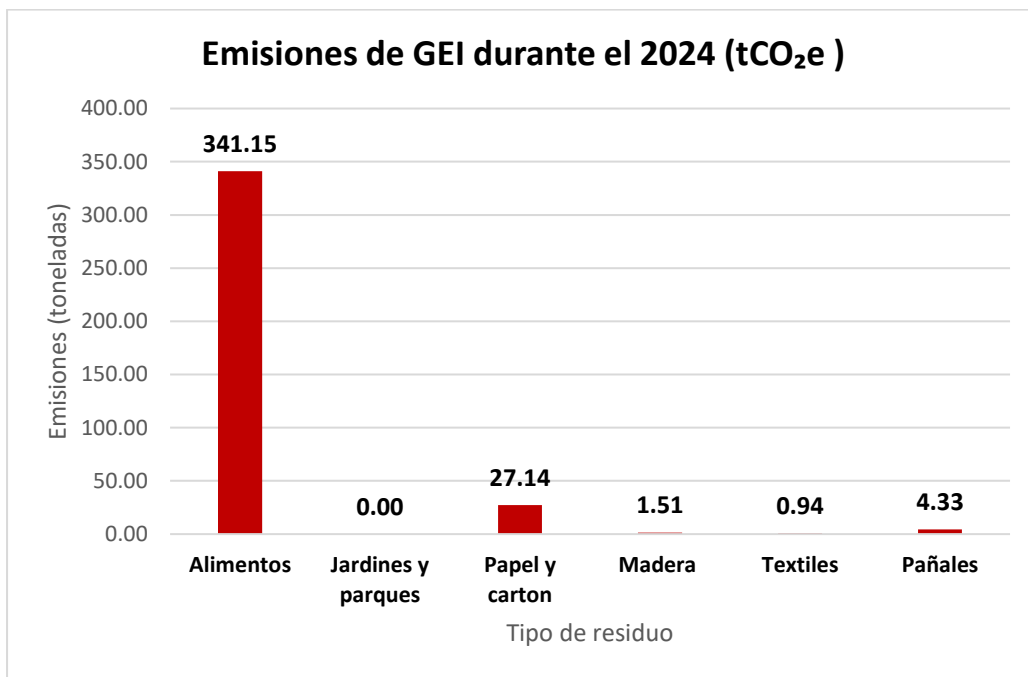


En conclusión, considerando que el metano posee un potencial de calentamiento global (PCG) de 23, las emisiones totales estimadas alcanzan un valor equivalente a 375,07 toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}). Dentro de este total, los residuos alimentarios

representan la fuente principal, con una contribución de 341,15 toneladas de CO_{2e} durante el año 2024. Como se indicó anteriormente, el papel y cartón constituyen la segunda categoría con mayor impacto, generando 27,14 toneladas de CO_{2e}. Le siguen los pañales con 4,33 toneladas, la madera con 1,51 toneladas y, finalmente, los residuos textiles, que aportan 0,94 toneladas de CO_{2e}.

Figura 20

Emisiones CO_{2e} por disposición de residuos sólidos municipales durante el año 2024.



En el caso del mercado modelo de Huancayo, las estimaciones vinculadas a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la disposición final de residuos sólidos evidenciaron un total de 11,75 toneladas de metano durante el año 2024. Cabe destacar que el residuo predominante en dicho contexto fue el de origen alimenticio, el cual resultó ser también el mayor generador de emisiones. Al convertir dicho gas a su equivalente en dióxido de carbono, se alcanzó un valor de 270,1 tCO_{2e}. En contraste, los resultados obtenidos en el mercado Andrés F. Vivanco de Huamanga durante el año 2024 mostraron un escenario más crítico, registrándose 15,01 toneladas de metano. De manera similar al caso de Huancayo, los residuos alimentarios fueron los principales responsables de las emisiones, alcanzando un total de 375,07 tCO_{2e}.

La diferencia identificada entre ambos mercados asciende a 104,97 tCO_{2e}, lo cual refleja una disparidad significativa. Esta variación se explica, en gran medida, por la existencia de una práctica de reciclaje más consolidada en el mercado modelo de Huancayo, donde los comerciantes implementan acciones de segregación y aprovechamiento de materiales, contribuyendo a una reducción sustancial de las emisiones. A diferencia de ello, en el mercado de Huamanga no se realizan procesos de reciclaje, lo que incrementa considerablemente la acumulación de residuos orgánicos y, en consecuencia, la liberación de metano a la atmósfera. En este sentido, los resultados ponen de manifiesto la relevancia de implementar estrategias de gestión de residuos sólidos que incluyan el reciclaje como medida efectiva para mitigar el impacto ambiental asociado a este sector.

4.6 Reporte de Emisiones Totales

El resumen general de las emisiones generadas por el Mercado Andrés F. Vivanco durante el año 2024 se fundamenta en el cálculo de la huella de carbono organizacional desarrollado en este estudio. Se calcula que las cinco fuentes principales contribuyen con aproximadamente 135 885,7 kg de dióxido de carbono, 16 288,95 kg de metano, 73 484,135 kg de óxido nitroso y 18.54 kg de hidrofluorocarbonos. Al convertir todas estas emisiones a su equivalente en CO₂, el total aproximado alcanza los 613 206,43 kg de gases de efecto invernadero. La Tabla 18, que se incluye a continuación, se especifica las emisiones por cada fuente principal y los distintos tipos de gases de efecto invernadero analizados en esta investigación.

Tabla 18*Emisiones totales en el mercado Andrés F. Vivanco durante el 2024.*

Descripción	CO₂ (kg)	CH₄ (kg)	N₂O(kg)	HFCs(kg)	CO₂-eq (kg)
Combustión de GLP	90341,44	7,16	0,14	0,0	90579,93
Emisiones directas por combustión de GLP	90341,44	7,16	0,14	0,0	90579,93
Emisiones de 96 equipos adquiridos en el 2021	0,0	0,0	0,0	18,54	27254
Emisiones directas por uso de refrigerantes	0,0	0,0	0,0	18,54	27254
Consumo de 7823 Kwh de energía eléctrica	1320	0,04	0,005	0,0	1322,5
Emisiones indirectas por electricidad	1320	0,04	0,005	0,0	1322,5
Emisiones por el traslado de personas y mercaderías	44224,26	1271,75	73483,99	0,0	118980
2708.3 kg de residuos de pañales	0,0	170	0,0	0,0	4330
587.65 kg de residuos de textiles	0,0	40	0,0	0,0	940
2628 kg de residuos de madera	0,0	60	0,0	0,0	1510
10176.2 kg de residuos de papel y cartón.	0,0	1090	0,0	0,0	27140
243677.65 kg de residuos de alimentos	0,0	13650	0,0	0,0	341150
0.00 kg de residuos de jardines	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Emisiones por la disposición de residuos sólidos	0,0	15010	0,0	0,0	375070
TOTAL	135885,7	16288,95	73484,135	18,54	613206,43

4.7 Medidas de Mitigación

La mitigación de la huella de carbono comprende un conjunto de medidas y acciones orientadas a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a las actividades humanas, con el fin de reducir su contribución al cambio climático. Estas acciones pueden abarcar desde el aumento en la eficiencia del uso energético y la transición hacia energías renovables, hasta la adopción de prácticas sostenibles en sectores como la industria y la agricultura, así como el diseño e implementación de políticas públicas que incentiven la disminución de emisiones.

Espíndola & Valderrama (2018) profundizan en esta temática, señalando que la huella de carbono funciona como una herramienta clave para medir las emisiones de GEI y resaltar la importancia de su control para promover un desarrollo más sostenible. Los autores sostienen que mitigar esta huella no solo implica reducir las emisiones de forma directa, sino también aplicar mecanismos que permitan su compensación o neutralización, contribuyendo así a una gestión más eficiente de los recursos y al fortalecimiento de la sostenibilidad.

Este estudio plantea una serie de propuestas enfocadas en reducir las emisiones generadas por el funcionamiento del Mercado Andrés F. Vivanco. Debido a las limitaciones propias del contexto del mercado, solo se han considerado medidas orientadas a la disminución de emisiones, sin incluir acciones de remoción. Se han evaluado tres propuestas específicas, a partir de las cuales se han elaborado recomendaciones. Es importante aclarar que el análisis no contempla aspectos financieros como los costos de implementación. En cada medida se estimó únicamente el ahorro en el uso de recursos, la reducción de emisiones de CO_{2e}, y los posibles beneficios económicos.

4.7.1 Medidas de Mitigación por el Consumo de Electricidad

Dentro del análisis de fuentes emisoras de GEI en el mercado Andrés F. Vivanco, esta categoría ocupa el quinto lugar en relevancia, aportando un 0,22% al total de las emisiones generadas. De acuerdo con lo propuesto por Saavedra (2020) y el Ministerio del Ambiente (2009), se sugieren diversas acciones para reducir dichas emisiones, entre ellas: aprovechar la iluminación natural, dar mantenimiento regular a los sistemas de luz, emplear pintura de tonos claros en las paredes para mejorar la reflexión de la luz, fomentar una cultura de uso eficiente de la energía entre el personal, desconectar dispositivos cuando no estén en uso, utilizar luminarias LED en lugar de las tradicionales, optar por equipos que cuenten con certificación de eficiencia energética y revisar el estado de los aparatos para evitar consumos innecesarios.

Tomando como referencia dichas recomendaciones, se han priorizado las siguientes acciones para su análisis e implementación en el mercado: el reemplazo de luminarias fluorescentes por alternativas LED, la progresiva incorporación de equipos de bajo consumo energético (o considerar esta característica al adquirir nuevos aparatos), y campañas de sensibilización dirigidas a los trabajadores para fomentar el ahorro energético.

a. Sustitución de Luminarias

En el mercado Andrés F. Vivanco se ha identificado que aproximadamente el 80 % de los comerciantes aún emplea lámparas fluorescentes para iluminar sus puestos de venta. Según el análisis desarrollado por Saavedra (2019), reemplazar este tipo de luminarias por tecnología LED puede generar una reducción de hasta el 56 % en las emisiones de gases de efecto invernadero. Las bombillas LED presentan múltiples ventajas, entre ellas: un consumo energético notablemente menor (hasta ocho veces menos que una halógena y la mitad que una bombilla de bajo consumo), alta fidelidad en la reproducción de colores, encendido inmediato a plena potencia, mayor durabilidad, menor impacto ambiental por no contener mercurio, plomo ni cadmio, y una reducción considerable de las emisiones de CO₂.

Asimismo, de acuerdo con datos proporcionados por el MINEM, el 31 % de la electricidad producida en el Perú proviene de fuentes fósiles como gas natural, diésel y carbón. En consecuencia, cualquier disminución en el uso de electricidad se reflejará directamente en una baja de las emisiones indirectas de GEI asociadas al consumo energético (Vásquez et al., 2017).

En función de esta realidad, se propone el cambio de las luminarias actuales por luces LED dentro de las instalaciones del mercado. Esta alternativa resulta económicamente accesible y puede ser implementada en un plazo relativamente corto. Según las visitas realizadas al lugar, se identificaron alrededor de 320 comerciantes que desarrollan una mayor actividad comercial y permanecen más horas en sus espacios. A estos comerciantes se les consultó sobre su disposición a cambiar sus luminarias actuales por opciones más eficientes, y la mayoría manifestó su conformidad con la propuesta.

En cuanto a los precios referenciales, se consultó a la tienda Sodimac online (https://www.sodimac.com.pe/sodimacpe?srsltid=AfmBOoraCzgtMX0_W3rXDTIwnEOu4EIYAsF_Yd-UJeFTLqhTCeFGOA7y), encontrando que 120 bombillas LED orange E10 de 10W tienen un costo aproximado de S/ 1260, mientras que seis reflectores LED Philips de 30W (luz blanca), adecuados para los pasillos del mercado, tienen un valor de S/ 444. Estos productos fueron seleccionados considerando las características estructurales y necesidades lumínicas del establecimiento.

Es importante señalar que, conforme a lo establecido en la Ley N.º 27345 para la Promoción del Uso Eficiente de la Energía, y su reglamento aprobado mediante el Decreto

Supremo N.º 053-2007-EM, se encuentran vigentes las fichas técnicas para la homologación de luminarias LED, lo cual facilita y respalda su implementación a nivel institucional.

La tabla 19 presenta la planificación estratégica, detallando los indicadores establecidos, las metas proyectadas, los responsables asignados y los recursos presupuestarios correspondientes.

Tabla 19

Planificación estratégica de sustitución de luminarias

Estrategia	Sustitución de luminarias
Alcance	Instalaciones en los pasillos y puestos
Impacto ambiental asociado	Agotamiento de recursos
Responsables	Administrador/subgerencia de licencias y mercados
Indicador	<i>% de reducción consumo de energía eléctrica</i>
Meta	$= \frac{\text{Consumo energía de año actual} - \text{Consumo energía del año anterior}}{\text{Consumo de energía del año anterior}} \times 100$ Reducir el 30% de consumo de energía eléctrica
Presupuesto	s/1704 % del desarrollo
Acciones propuestas	Analizar y definir el total de puntos de iluminación que deben ser reemplazados (cumplimiento al 100%). Gestionar la solicitud para la adquisición de equipos LED de iluminación (cumplimiento al 100%). Obtener la autorización para la compra e implementación del nuevo sistema de alumbrado. Ejecutar la instalación de las luminarias LED y llevar a cabo las pruebas de funcionamiento.
Tiempo estimado de ejecución	5 meses

b. Sensibilización a los Trabajadores

La concienciación del personal puede llevarse a cabo mediante sesiones formativas o a través de la distribución de material visual como carteles informativos. El objetivo principal de esta acción es promover en los trabajadores una cultura de ahorro energético tanto en el entorno laboral como en sus hogares, fomentando comportamientos responsables y sostenibles en beneficio del medio ambiente (MINAM, 2009). Entre las prácticas recomendadas se encuentran el mantenimiento regular de las luminarias y la preservación adecuada de las instalaciones.

Algunas acciones específicas que pueden implementarse incluyen:

- Activar el modo de ahorro de energía en los equipos informáticos (modo suspensión).
- Verificar que los dispositivos electrónicos y de oficina estén completamente apagados al finalizar la jornada de trabajo.
- Desenchufar los cargadores de teléfonos móviles cuando no se utilicen.
- Observar cuidadosamente los documentos en la computadora antes de proceder con su impresión.

La responsabilidad de llevar a cabo estas capacitaciones recaerá en la subgerencia de Ecología y Medio Ambiente. El cronograma correspondiente a esta estrategia, que incluye los indicadores, metas, responsables y presupuesto estimado, se encuentra detallado en la tabla 20.

Tabla 20

Planificación estratégica de la sensibilización de los comerciantes

Estrategia	Sensibilización de los comerciantes del mercado
Alcance	Comerciantes del mercado
Impacto ambiental asociado	Agotamiento de recursos
Responsables	Subgerente y trabajadores de la subgerencia de Ecología y Medio Ambiente
Indicador	$\% \text{comerciantes sensibilizados} = \frac{\# \text{comerciantes sensibilizados}}{\# \text{total de comerciantes}} \times 100$
Meta	Sensibilizar en su totalidad a los comerciantes
Plan económico	s/ 300
	% desarrollo
	Definir la cruzada de sensibilización 100%

	Efectuar el programa donde se hable el tema de consumo eficiente de energía. 0%
Acciones propuestas	Preparar los afiches y el material para las capacitaciones 0% Ejecutar el programa de charlas y capacitaciones 0%
Tiempo estimado de ejecución	5 meses

4.7.2 Medidas de Mitigación por el Traslado de Personas y Mercaderías

Con una contribución del 19,5% al total de las emisiones generadas, esta categoría constituye la segunda fuente más significativa de gases de efecto invernadero en el mercado Andrés F. Vivanco. Los desplazamientos diarios de los comerciantes entre sus hogares y sus puestos laborales se realizan utilizando medios de transporte como cústers, taxis, mototaxis y motocicletas.

a. Usar Bicicleta o Caminar

En la actualidad, solo un 19% de los comerciantes del mercado se desplazan caminando, y no se registra el uso de bicicletas como medio de transporte hacia o desde el centro de abastos. Este valor podría incrementarse mediante la implementación de medidas que fomenten el uso de modos de transporte sostenibles, como caminar o utilizar bicicleta. Dado que la ciudad de Ayacucho posee una geografía urbana compacta, en muchos casos resulta más eficiente trasladarse a pie que emplear vehículos motorizados.

La propuesta está dirigida especialmente a aquellos comerciantes que residen a menos de 15 minutos o dentro de un radio de 3 kilómetros del mercado. De adoptarse esta alternativa, se estima una posible reducción de 25,24 toneladas de CO_{2e}, lo que representaría una disminución considerable de las emisiones en este sector. Aunque una parte significativa de los vendedores supera los 45 años, varios de ellos ya se desplazan caminando. Sin embargo, esta estrategia busca principalmente impactar en los trabajadores jóvenes, quienes, a pesar de vivir relativamente cerca, optan por el uso de transporte motorizado.

Adicionalmente, resulta fundamental que la administración del mercado Andrés F. Vivanco delimite áreas exclusivas para el estacionamiento de bicicletas, como parte del incentivo a este cambio de hábitos.

La planificación de esta estrategia se encuentra detallada en la tabla 21, donde se indican los indicadores correspondientes, las metas establecidas, los responsables designados y los recursos presupuestarios requeridos.

Tabla 21

Planificación estratégica de uso de bicicleta o caminar.

Estrategia	Uso de bicicleta o caminar
Alcance	Comerciantes del mercado
Impacto ambiental asociado	Agotamiento de recursos, Contaminación del aire
Responsables	Administrador del mercado y trabajadores de la subgerencia de Ecología y Medio Ambiente
Indicador	$\% \text{viajes por mes} = \frac{\# \text{viajes este mes} - \# \text{viajes mes anterior}}{\# \text{viajes mes anterior}} \times 100$
Meta	Reducir al 60 % viajes por semana
Presupuesto	s/ 0 (en caso de caminar), s/ 500 (en caso de bicicleta)
	% desarrollo
	Planificar la iniciativa a la administración 100%
	Determinar las rutas donde se podría trasladar las bicicletas 0%
Acciones propuestas	Determinar un bono para los comerciantes que usen bicicleta 0%
	Ejecutar el programa de charlas sobre el uso de la bicicleta 0%
Tiempo estimado de ejecución	2 meses

4.7.3 Medidas de Mitigación por Disposición de Residuos Sólidos Municipales.

Esta categoría ocupa el primer lugar en la generación de gases de efecto invernadero en el mercado Andrés F. Vivanco, representando el 61,2% del total de emisiones. Según Samaniego et al. (2017), la producción de residuos sólidos contribuye con un 3% a las emisiones totales de GEI en el Caribe y América Latina, por lo que es fundamental implementar una gestión integral de residuos que abarque desde la reducción en la fuente hasta su valorización, reutilización, reciclaje y disposición final en rellenos sanitarios. Es importante destacar que la liberación de gases de efecto invernadero en los rellenos sanitarios puede ser

mitigada mediante sistemas de captura y combustión de metano, práctica que actualmente no se realiza en el relleno sanitario de Huamanga.

a. Mejorar la Segregación de Residuos Sólidos.

Al clasificar los residuos sólidos según su tipo, material o propiedades específicas (como peligrosos, orgánicos o plásticos), se previene su contaminación y se garantiza un manejo adecuado para cada categoría, además de disminuir el volumen de desechos que llegan al relleno sanitario. Conforme a los estudios realizados, se presenta a continuación la Tabla 22 la comparación visual en la Figura 22.

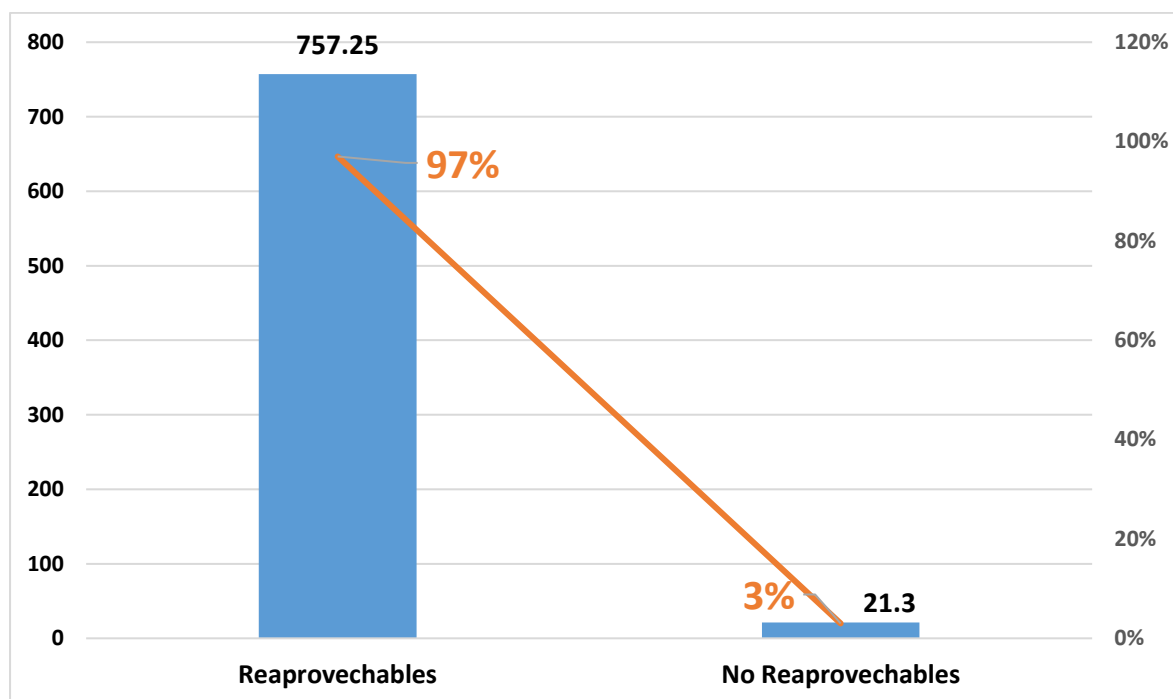
Tabla 22

Generación por clasificación de residuos sólidos

Residuo	Generación (kg/día)	Generación (kg/mes)	Generación (kg/año)	Generación (%)
Residuos aprovechables (papel, vidrio, orgánicos, PET, textil, metal)	757, 24	22 718,6	276 396,24	96
Residuos No aprovechables (tecnopor, sanitarios, inertes, peligrosos, bolsas con comida)	21,2	640	7 774,6	4

Figura 22

Comparación de la composición de los residuos no reprovechables y reprovechables



A partir de los resultados obtenidos, se elaboró un esquema de separación en origen para ser aplicado en el mercado Andrés F. Vivanco. Esta propuesta tiene como finalidad clasificar los residuos desde el punto de generación, diferenciando entre aquellos que pueden ser reutilizados y los que no, con el objetivo de facilitar su gestión y posible comercialización.

Para lograr una implementación efectiva, es fundamental la colaboración activa tanto de los comerciantes como del personal encargado de la limpieza. En este sentido, se recomienda llevar a cabo capacitaciones periódicas, tales como talleres y charlas, orientadas a fortalecer la conciencia ambiental y mejorar las prácticas de manejo de residuos. Además, se sugiere que los vendedores se comprometan a depositar correctamente sus residuos en los recipientes públicos dispuestos para tal fin, los cuales deben estar diferenciados por color y tipo de residuo, y ubicados de manera estratégica en distintos puntos del mercado, a fin de evitar su mal uso.

Por su parte, la Municipalidad Provincial de Huamanga tendrá la responsabilidad de instalar al menos diez contenedores para residuos sólidos, los cuales deberán contar con una señalización adecuada. Estos depósitos, con capacidades que oscilen entre 300 y 500 litros, deberán cumplir con ciertas especificaciones, entre ellas:

- Estar diseñados conforme a las condiciones operativas y características del entorno local.
- Presentar colores y rotulación que sigan los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 900.058.2005 (Tabla 23).

Tabla 23

Color del recipiente de acopio

Color del equipo de almacenamiento	Los residuos se colocan en el centro de acopio
<p>Amarillo</p> 	Metales: envases utilizados para café, recipientes de bebidas gaseosas o alcohólicas, cubiertas metálicas, y envolturas alimenticias o de líquidos, entre otros.
<p>Verde</p> 	Vidrio: contenedores empleados para almacenar bebidas como gaseosas, licores o cervezas; envases de uso alimentario; recipientes de perfumes y otros artículos similares.
<p>Azul</p> 	Papel y cartón: abarca materiales como publicaciones impresas, documentos copiados, hojas sueltas, sobres, embalajes de cartón, directorios telefónicos, así como folletos informativos y catálogos, entre otros
<p>Blanco</p> 	Plástico: comprende empaques utilizados para productos lácteos y comestibles, además de utensilios descartables como vasos, platos y cubiertos. También se consideran botellas de bebidas, envases para aceite vegetal, productos de higiene como champú y detergentes, así como envoltorios o bolsas destinadas al transporte de frutas, verduras, huevos, entre otros.
<p>Marrón</p> 	Orgánico: desechos provenientes de la cocina, alimentos, jardinería y materiales afines
<p>Negro</p> 	Generales: se refiere a aquellos residuos que no pueden ser reciclados ni clasificados como peligrosos, tales como desechos provenientes de la limpieza doméstica e higiene personal, como pañales, toallas sanitarias, colillas de cigarro, telas usadas para aseo, envoltorios decorativos, calzado y artículos de cuero, entre otros
<p>Rojo</p> 	Baterías automotrices, acumuladores, cartuchos de impresora, envases de productos químicos, entre otros. También se incluyen escombros, medicamentos vencidos, jeringas de un solo uso, etc.

Nota: Adaptado de Vargas, 2023.

El plan de la estrategia se aprecia en la tabla 24 donde se especifica el indicador, meta, responsables y presupuesto.

Tabla 24

Plan de la estrategia de mejorar la segregación o separación de residuos sólidos.

Estrategia	Mejorar la segregación de residuos.
Alcance	Instalaciones del mercado
Impacto ambiental asociado	Contaminación del suelo, contaminación del aire, daños a la salud
Responsables	Administrador del mercado y trabajadores de la subgerencia de Ecología y Medio Ambiente
Indicador	$\%de\ RRSS\ segregados = \frac{Residuos\ solidos\ segregados}{Residuos\ solidos\ generados} \times 100$
Meta	Segregar al 90 % de los residuos sólidos generados
Presupuesto	s/ 3200
	% del desarrollo
Acciones propuestas	Reconocer la cantidad de puntos de acopio 100% Compra y acondicionamiento de contenedores 0% Implementación de los puntos de acopio con su señalización 0% Ejecutar las capacitaciones de gestión de residuos sólidos 0%
Tiempo estimado de ejecución	6 meses

b. Valorización de Residuos Sólidos Aprovechables.

Los residuos no peligrosos pero reutilizables son comercializados mediante una empresa dedicada a la gestión de residuos sólidos (EC-RS), la cual debe contar con la siguiente documentación para operar:

- Guía de remisión que acredite el destino final de los residuos sólidos trasladados.
- Certificado de reaprovechamiento que confirme el peso y volumen de los residuos comercializados.
- Licencia de funcionamiento para las instalaciones donde se almacenan los residuos reaprovechables.
- En caso de que los residuos se vendan a fabricantes, estos deben contar con su respectiva licencia de operación.

Es fundamental que la municipalidad de Huamanga, como ente encargado de la gestión de residuos sólidos en el mercado, impulse la integración de asociaciones informales dedicadas al reciclaje. Estas iniciativas podrían incorporarse dentro de estrategias de educación ambiental, a través de talleres, charlas informativas y actividades de capacitación enfocadas en el adecuado manejo de desechos, además de fomentar espacios para la investigación y la aplicación de soluciones sostenibles.

El aprovechamiento de los residuos genera diversos impactos positivos, entre ellos, la disminución de la contaminación y el fortalecimiento de relaciones armónicas con las comunidades. En cuanto a la generación de residuos en el mercado Andrés F. Vivanco, se calculó que los materiales reutilizables tienen la siguiente distribución: materia orgánica 85,5 %, papel y cartón 3,1 %, vidrio 1,3 %, botellas PET 1,6 %, metales 0,1 %, y elementos textiles y de cuero 0,2 %.

Se observó que los residuos orgánicos son los más comunes, siendo recomendable tratarlos mediante procesos como el compostaje o la lombricultura. El compostaje es un proceso biológico aeróbico que transforma los restos orgánicos en un abono natural con alto contenido nutritivo, útil en prácticas agrícolas, jardinería y otros usos asociados a la mejora del suelo.

Este insumo derivado de la materia orgánica puede ser empleado en entornos rurales para enriquecer cultivos, generar biogás o incluso como complemento en la alimentación de animales.

En contraste, los residuos inorgánicos como plásticos, vidrio y papel presentan tiempos de degradación prolongados, especialmente los plásticos, que durante ese proceso liberan compuestos nocivos que afectan la salud humana, animal y el ecosistema en general. A pesar de ello, una gran parte de estos materiales puede ser reciclada y reincorporada a los sistemas de producción.

Por esta razón, es clave que la Municipalidad de Huamanga, mediante la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos, encargada del tratamiento de desechos del mercado Andrés F. Vivanco, refuerce las acciones de sensibilización ambiental mediante actividades formativas dirigidas a comerciantes, personal de limpieza y usuarios del establecimiento.

La descripción del protocolo de reaprovechamiento aplicado se detalla en la tabla 25.

Tabla 25

Enfoque de reaprovechamiento de residuos sólidos

Objetivos:				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminuir la cantidad de residuos sólidos que se envían al relleno sanitario. ➤ Minimizar los efectos negativos sobre el ambiente causados por la disposición incorrecta 				
Metas:				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recuperar el 80% de los residuos sólidos orgánicos durante los primeros seis meses del 2025. ➤ Asegurar la recolección y reciclaje total del plástico tipo PET en el primer semestre de 2025. ➤ Garantizar la valorización completa de materiales reciclables como cartón, papel, hojalata, vidrio, textiles y plásticos reutilizables dentro del mismo periodo. 				
Actividad	Indicador	Fechas	Responsables	Inversión
Actividad 1				
Acuerdo establecido con pequeñas empresas especializadas en la recolección y aprovechamiento de desechos sólidos.	Suscripción del documento de la reunión entre los directivos de las pequeñas empresas y el delegado municipal.	Segundo trimestre del 2025	Unidad de Gestión de Residuos Sólidos de la MPH	S/0.00
Actividad 2				
Adquisición de una unidad vehicular equipada adecuadamente para el traslado de residuos de origen orgánico	Registro de adquisición de un vehículo destinado al traslado de desechos sólidos de tipo orgánico	Segundo trimestre del 2025	Municipalidad Provincial de Huamanga	S/14 000
Actividad 3				
Adquisición de un medio de transporte adaptado para el traslado de residuos inorgánicos, tales como papel, cartón, PET, entre otros.	Documento de registro de la adquisición de un vehículo destinado al traslado de desechos sólidos no orgánicos	Cuarto trimestre del 2025	Municipalidad Provincial de Huamanga	S/10 000
<ul style="list-style-type: none"> • Dotación económica a los participantes. • Peso de plástico reciclado. • Peso del papel y cartón reciclado. • Peso de los residuos orgánicos reciclados 				
Actividad 4				
Concurso “Recicla tu basura y cuida nuestro planeta”		Primeros seis meses de cada año	Subgerencia de Ecología y Medio Ambiente.	S/400
Actividad 5				
Limpieza de los recipientes y contenedores	Observación de limpieza de los recipientes y contenedores de almacenamiento	Cada tres meses en cada año	Encargados del mercado	S/100

Actividad 6	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de compost de todos los meses. • Peso de otros tipos de abonos orgánicos cada mes 	Cada primer semestre.	Subgerencia de ecología y medio ambiente	<i>S/500</i>
Producción de compost y abonos naturales a partir del aprovechamiento de desechos orgánicos				

c. Reducir el Consumo de Plásticos de un Solo Uso

De acuerdo con lo dispuesto en el Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM, que oficializa el reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278 sobre la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, las entidades generadoras de residuos tienen la obligación de incorporar en su Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos una explicación detallada de las acciones que llevan a cabo para reducir en la fuente, clasificar, almacenar, recolectar, transportar, valorizar y disponer adecuadamente los residuos derivados de sus actividades productivas o de servicios.

La disminución de la generación de residuos representa un componente esencial para extender el tiempo de operación de los rellenos sanitarios. Para lograrlo, es recomendable aplicar medidas preventivas desde la fase de adquisición de insumos, priorizando únicamente aquellos que resulten indispensables y evitando compras que generen residuos innecesarios. Algunas buenas prácticas incluyen el uso de bolsas de tela reutilizables para compras menores, la selección de productos con envases reducidos o la sustitución de botellas descartables por recipientes reutilizables, como los tomatodos. En esa línea, la institución ha comenzado a implementar el uso de tomatodos personales en reemplazo de botellas plásticas entre su personal.

Finalmente, es fundamental comunicar a los colaboradores los resultados obtenidos en este análisis, con el objetivo de fomentar la conciencia ambiental y promover su participación activa en las medidas orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), tanto en el entorno laboral como en sus actividades cotidianas en el hogar.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. El análisis realizado bajo los lineamientos de la norma ISO 14064 permitió identificar con claridad cuáles son las actividades del Mercado Andrés F. Vivanco que constituyen las principales fuentes de gases de efecto invernadero durante el año 2024. Se estableció que las emisiones provienen de cinco categorías relevantes: la combustión estacionaria por el uso de gas licuado de petróleo (GLP) en 29 puestos de preparación de alimentos; el empleo de sustancias refrigerantes en 96 equipos de refrigeración; el consumo de energía eléctrica; el transporte de personas y productos hacia y desde el mercado; y el tratamiento final de los residuos sólidos urbanos generados en sus instalaciones del mercado. Los resultados de la cuantificación indican que el mercado generó 613 206,43 kg CO_{2e} , compuestos por emisiones de CO₂, CH₄, N₂O y HFCs. La distribución porcentual evidencia que el mayor aporte corresponde al tratamiento de residuos sólidos (61,16 %), seguido del transporte (19,4 %), la combustión estacionaria (14,77 %), el uso de refrigerantes (4,44 %) y el consumo eléctrico (0,23 %). Estos valores reflejan que las actividades internas y externas vinculadas al manejo de residuos, movilidad y preparación de alimentos son los procesos más determinantes en la huella de carbono del mercado.

2. A partir de la identificación de las fuentes de emisión de GEI y de la magnitud de su contribución, se propusieron diversas alternativas de mitigación orientadas a reducir el impacto ambiental del mercado. Entre las principales estrategias destacan la implementación de luminarias LED, la mejora en la disposición final y la segregación de los residuos sólidos, la reducción progresiva de su generación, así como la optimización del uso de equipos que emplean refrigerantes y combustibles. Estas propuestas se organizaron en programas estructurados que incluyen ámbito de aplicación, responsables designados, indicadores de desempeño, metas, presupuesto, nivel de avance esperado y un cronograma de implementación. En conjunto, estas medidas constituyen una ruta viable para la disminución gradual de las emisiones futuras del mercado.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda al alcalde de la Municipalidad Provincial de Huamanga, en coordinación con la Subgerencia de Ecología y Medio Ambiente, implemente las acciones planteadas en esta investigación y asegure la continuidad del cálculo de la huella de carbono para los años 2025 y 2026. La repetición periódica del inventario permitirá verificar la efectividad de las medidas adoptadas y proyectar reducciones en las emisiones de GEI. Asimismo, se sugiere consolidar un enfoque integral de sostenibilidad mediante la adopción de un sistema de gestión ambiental formal, que permita organizar, supervisar y mejorar continuamente el desempeño ambiental del mercado.

2. Se recomienda al alcalde de la Municipalidad Provincial de Huamanga, a través de la unidad de gestión de residuos sólidos, desarrolle talleres, capacitaciones y sesiones informativas dirigidas a los comerciantes, orientadas a fomentar prácticas adecuadas de separación, reducción y manejo de residuos sólidos. Asimismo, resulta pertinente analizar metodologías complementarias que permitan evaluar con mayor precisión la eficacia de las estrategias ambientales implementadas. Estas acciones fortalecerán la corresponsabilidad de los actores involucrados y contribuirán a disminuir las principales fuentes de emisiones identificadas en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almaza, R. (2024). *Reflexiones sobre energía solar*. <https://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gaceta-Septiembre-Octubre-2019/Paginas/reflexiones-sobre-energia-solar.aspx>
- Antury Torres, L. A., & Lara Castellanos, L. M. (2016). *Propuesta para la reducción de la huella de carbono en las instalaciones de la dirección regional del Magdalena centro*.
- Aristizábal-Alzate, C. E., & González-Manosalva, J. L. (2021). Aplicación de la norma NTC-ISO 14064 para calcular las emisiones de gases efecto invernadero y la huella de carbono en el campus Robledo del ITM. *DYNA*, 88(218), 88–94. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n218.91642>
- Atance, L. A., Marín, I. C., Uranga, O. R., & Luengo, E. R. (2012). *Criterios de selección de un estándar para la medida de la huella de carbono*. *Maestría en Ingeniería y Gestión Medioambiental*. Escuela de Organización Industrial.
- Ayala Junco, J. N., & Cordero Cuadros, Z. (2020). *Estimación de la huella de carbono de la Municipalidad Distrital de Tambo–Provincia La Mar–Región de Ayacucho – 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo].
- Dawidowski, L., Sánchez, O., & Alarcón, N. (2014). *Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana. Informe final*. SENAMHI/SAEMC.
- DEFRA. (2016). *Guidelines to DEFRA's GHG Conversion Factors: Methodology Paper for Transport Emissions Factors*. DEFRA.
- Electrocentro. (s.f.). *Electrocentro – Distribuidora eléctrica del centro del Perú*. <https://distriluz.com.pe/electrocentro>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2018). *Huella de carbono: Cambio climático, gestión sustentable y eficiencia energética*. Editorial Universidad de La Serena.
- Gàndara, A. S. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. Instituto Nacional de Ecología.

- Gamarra, K., & Huamán, F. (2018). Estimación de la huella de carbono en una empresa agroexportadora en Ica, Perú. *Revista Científica Agroindustrial*, 5(3), 45–52. <https://doi.org/10.17268/agroind.scientific.2018.03.05>
- García, J., & Orsos, D. E. (2016). *Instituto Nacional de Estadística e Informática. Poder Judicial* (Vol. 1977663, p. 2).
- García Flores, C. (2022). *Mercado Andrés F. Vivanco: Re-habitar la plaza y re-habilitar el mercado monumental* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Gómez, J., & Salazar, L. (2019). Análisis de la huella de carbono en el transporte urbano de Lima Metropolitana. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 17(2), 33–41.
- Huacho Aranda, D. M., & Rosales Romero, A. M. (2019). *Factores determinantes de la brecha salarial por género en la Región Junín, 2004-2017*.
- Ihobe, S. A. (2013). *Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Ihobe.
- IPCC. (2006). *2006 guidelines for national greenhouse gas inventories*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl>
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático*.
- IPCC. (2019). *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- ISO. (2018). *INTE-ISO 14064-1:2006 Gases de efecto invernadero — Parte 1*.
- Liu, Z., Filho, W. L., Salvia, A. L., & Rocha, V. (2024). Waste quantification and carbon footprint of street market food waste fractions: A case study from Brazilian markets. *Heliyon*, 10(1), e23650. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23650>

- Mera, C. (2020). *Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono de la producción de óxido de calcio en la empresa P'huyu Yuraq II, 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Decreto Supremo N° 014-2019-EM, Reglamento de Protección Ambiental en Actividades Eléctricas*.
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Guía de ecoeficiencia para empresas*.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero del Perú – Serie 2000-2012*. <https://cambioclimatico.minam.gob.pe>
- Nicholson, S. R., Feijoo, F., Batteiger, V., Carpenter, A., & Vimmerstedt, L. (2023). *Manufacturing energy and greenhouse gas emissions associated with United States consumption of organic petrochemicals* (NREL/TP-6A20-87115). National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/87115.pdf>
- Paredes, A. (2021). *Cálculo de la huella de carbono en el campus de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco* [Tesis de licenciatura, UNSAAC].
- Paredes, L., & Xiomara, G. (2020). *Estimación de la huella de carbono y alternativas para su reducción en el Ministerio de Energía y Minas, Lima, 2018-2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo].
- Quispe Arzozano, L. E. (2023). *Implementación de un sistema de gestión integral en el mercado modelo de Huancayo mediante el cálculo de su huella de carbono organizacional* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Rabolini, N. M. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 15.
- Saavedra-Farfán, E. (2020). Huella de carbono-emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. *Tecnia*, 30(1), 121–138.

- Saavedra, E. (2020). Huella de carbono—emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. *Tecnia*, 30(1). <https://doi.org/10.21754/tecnica.v30i1.827>
- Samaniego, J., et al. (2017). *La gestión y manejo de residuos sólidos y sus propuestas regulatorias e impositivas*. Naciones Unidas.
- Sapkota, T. B., Dittmer, K. M., Ortiz-Monasterio, I., Wollenberg, E., Richards, M., & Rose, S. K. (2022). Quantification of economically feasible mitigation potential from agriculture, forestry and other land uses in Mexico. *Carbon Management*, 13(1), 594–607. <https://doi.org/10.1080/17583004.2022.2107430>
- SEMARNAT. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas*.
- Torres, O., & Junior, R. (2022). *Optimizaciones en la gestión de emisiones de GEI en una empresa de transmisión de energía eléctrica*.
- Torres Huaripaucar, N. (2016). *Evolución de la temperatura de suelos de la región de Ayacucho utilizando productos MODIS, periodo 2002-2013* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Torres, L. A. A., & Lara Castellanos, L. M. (2016). *Propuesta para la reducción de la huella de carbono en las instalaciones de la Dirección Regional del Magdalena Centro* [Tesis].
- Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Kiehl, J. (2009). Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(3), 311–324.
- Valle, M. G. (2014). *Aplicación de factores de emisión para el cálculo de la huella de carbono al campus de la Universidad de Cantabria*.
- Vargas Huamán, J. (2023). *Diagnóstico y propuesta de un plan de manejo de residuos sólidos en el mercado Andrés F. Vivanco* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental].

Vásquez, A., Tamayo, J., & Salvador, J. (Eds.). (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*. Osinergmin.

WBCSD–WRI. (2004). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*.

WBCSD–WRI. (2011). *Technical Guidance for Calculating Scope 3-Emissions Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard*.

ANEXOS

1. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p style="text-align: center;">General</p> <p>¿Cuál es la Huella de Carbono generada por el mercado Andrés F. Vivanco y que medidas de mitigación pueden implementarse para reducir su impacto ambiental en el año 2024?</p>	<p style="text-align: center;">General</p> <p>Estimar la Huella de Carbono que genera el mercado Andrés F. Vivanco, y proponer estrategias de mitigación para reducir sus emisiones de GEI en el año 2024</p>	<p style="text-align: center;">General</p> <p>En el mercado Andrés F. Vivanco genera una Huella de Carbono significativa debido al consumo de energía, gestión de residuos y el transporte de mercancías, por lo que la implementación de estrategias de eficiencia energética, manejo adecuado de residuos sólidos y promoción de prácticas sostenibles contribuirá a reducir las emisiones de GEI en el año 2024.</p>	<p style="text-align: center;">Interes</p> <p>Huella de Carbono.</p> <p style="text-align: center;">Independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de emisión de GEI • Estrategias de mitigación de la Huella de Carbono. 	<p>Método. Científico Cuantitativo</p> <p>Nivel. Descriptivo</p> <p>Tipo. Básico</p> <p>Enfoque Cuantitativo</p> <p>Población. 534 comerciantes</p> <p>Muestra 80 comerciantes</p> <p>Instrumentos</p> <p>Guía de observación.</p> <p>Guía de entrevista.</p> <p>Guía de discusión.</p>
<p style="text-align: center;">Específicos</p> <p>¿Cuáles son las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en el Mercado Andrés F. Vivanco?</p> <p>¿Cuáles son las estrategias de mitigación pueden implementarse para reducir la Huella de Carbono del mercado?</p>	<p style="text-align: center;">Específicos</p> <p>Identificar las principales fuentes de emisión de GEI en el Mercado Andrés F. Vivanco</p> <p>Diseñar estrategias de mitigación viables para reducir la Huella de Carbono en el mercado.</p>	<p style="text-align: center;">Específicos</p> <p>Las principales fuentes de emisión de GEI el Mercado Andrés F. Vivanco provienen del consumo energético, la generación de residuos sólidos y el transporte de productos.</p> <p>La aplicación de estrategias como la eficiencia energética, la reducción de residuos sólidos y el fomento de medios de transporte sostenibles reducirá significativamente la Huella de Carbono del Mercado Andrés F. Vivanco.</p>		

Anexo 2:

Anexo 2.1: Consumo de GLP en el año 2024 en los puestos de comida

Puesto	Duración de balón de gas (días)	Consumo de combustible (kg/día)
46	5	2
52	5	2
49	10	1
50	5	2
48	7	1,43
32	3	3,33
36	4	2,5
37	2	5
44	4	2,5
45	4	2,5
26	5	2
25	3	3,33
75	1	10
66	2	5
38	3	3,33
40	5	2
43	4	2,5
51	3	3,33
50	3	3,33
37	6	1,67
42	5	2
53	4	2,5
47	5	2
59	4	2,5
71	3	3,33
69	3	3,33
61	5	2
41	4	2,5
67	5	2
Consumo total diario de GLP		82,93
Consumo total año 2024 de GLP		30268.93

Anexo 2.2: Emisión anual de GLP en Kg de CO_{2e}

F.E CO_2	63100		EDC(CO_2)kg	90341,55
F.E CH_4	5		EDC(CH_4)kg	7,16
F.E N_2O	0.1		EDC(N_2O)kg	0,14
Emisión calculada en CO_{2e}			Total	90348.85
GWP(CO_2)	1		EDC(CO_{2e})	90341,55
GWP(CH_4)	28		EDC(CH_4)(CO_{2e})	200,44
GWP(N_2O)	265		EDC(N_2O)(CO_{2e})	37,94
			Total (CO_{2e})	90579,93

Valores expresados en Ton y Kg		Valores expresados en %	
CO_2 (TON)	90.34	(90.34 Ton) CO_2	90,34
CH_4 (kg)	200.44	(7.16 kg) CH_4	7,16
N_2O (kg)	37.94	(0.14 kg) N_2O	0,14

Para los cálculos se reemplaza los datos de la tabla 5, tabla 6 y la tabla del anexo 2.1 en la ecuación (1)

Valor calorífico neto: $PCN = 47,3 \text{ TJ/Gg} = 0,0000473 \text{ TJ/kg}$

Factor de emisión de CO_2 : $FE_{CO_2} = 63100 \text{ kg/TJ}$

Factor de emisión de CH_4 : $FE_{CH_4} = 5 \text{ kg/TJ}$

Factor de emisión de N_2O : $FE_{N_2O} = 0,1 \text{ kg/TJ}$

Potencial de calentamiento global CH_4 : $PCG_{CH_4} = 28$

Potencial de calentamiento global: $PCG_{N_2O} = 265$

Consumo total año 2024 de GLP: $CC = 30268.93 \text{ kg}$

$$EDC = \frac{CC \times PCN}{10^3} \times \left(FE_{CO_2} + (FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4}) + (FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O}) \right) \dots (1)$$

$$EDC = \frac{30268,93 \text{ kg} \times 0,0000473 \text{ TJ/kg}}{10^3} \times (63100 \text{ kg/TJ} + (5 \text{ kg/TJ} \times 28) + (0,1 \text{ kg/TJ} \times 265))$$

Mediremos en kg entonces anulamos 10^3

$$EDC = 1,43172039 \text{ TJ} \times (63100 \frac{\text{kg}}{\text{TJ}} + 140 \frac{\text{kg}}{\text{TJ}} + 26,5 \frac{\text{kg}}{\text{TJ}})$$

$$EDC = 90341,44 \text{ kg} + 200,44 \text{ kg} + 37,34 \text{ kg}$$

$$EDC = 90579,93 \text{ kg de CO}_2\text{e}$$

Anexo 3: Cantidad de refrigerantes de carne

Tabla 3.1: Número de equipos refrigerantes en la sección carne roja

Nro. puesto	Marca del equipo	Fecha de compra	Número de equipos
2	LG	2021	1
3	Venus	2020	1
4	Coldex	2022	1
5	Coldex	2018	1
6	Coldex	2022	1
7	Coldex	2024	1
8	Ilumi	2019	1
9	N	N	0
10	Coldex	2018	1
11	N	N	0
12	N	N	0
13	N	N	0
14	Coldex	2022	1
15	N	N	0
16	Ilumi	2022	1
17	Coldex	2021	1
18	Coldex	2022	1
19	Indurama	2023	1
20	Ilumi	2018	2
21	Coldex	2021	1
22	Coldex	2022	1
23	N	N	0
24	Indurama	2023	1
27	Coldex	2024	2
28	Indurama	2022	1
29	Coldex	2023	1
30	Coldex	2021	1
31	Coldex	2019	1
33	Ilumi	2019	1
34	Coldex	2019	1
35	N	N	0
72	N	N	0

73	Coldex	2020	1
74	N	N	0
75	Illumi	2019	1
76	Coldex	2018	1
77	N	N	0
78	Indurama	2021	1
79	N	N	0
80	N	N	0
81	Indurama	2023	1
82	Coldex	2020	1
83	Illumi	2020	1
84	Coldex	2021	1
85	Coldex	2021	1
86	Coldex	2020	1
87	Coldex	2023	1
88	Indurama	2023	1
89	Indurama	2020	1
90	Coldex	2019	1
91	N	N	0
92	Indurama	2019	1
93	Indurama	2021	1
94	Illumi	2021	1
95	Coldex	2023	1
96	Indurama	2018	1
97	Indurama	2022	1
98	Coldex	2023	1
99	Coldex	2022	1
100	Indurama	2021	1
101	N	N	0
102	Coldex	2021	1
103	Illumi	2020	1
104	Coldex	2022	1
105	Coldex	2018	1
106	N	N	0
107	N	N	0

108	Coldex	2019	1
109	Coldex	2019	1
110	N	N	0
111	Ilumi	2021	1
112	Coldex	2021	1
113	Coldex	2021	1
114	Coldex	2019	1
115	Coldex	2020	1
116	Ilumi	2019	1
117	Coldex	2019	1
118	Coldex	2023	1
119	Coldex	2022	1
120	N	N	0
121	N	N	0
122	Coldex	2024	1
123	Coldex	2018	1
124	Coldex	2020	1
125	Indurama	2023	1
126	Indurama	2021	1
127	Coldex	2022	1
128	Indurama	2022	1
129	Coldex	2020	1
130	N	N	0
TOTAL			72

Tabla 3.2: Cantidad de equipos refrigerantes en la sección de pollo.

Nro. puesto	Marca del equipo	Cantidad de equipos	Fecha de adquisición
140	Coldex	1	2024
141	Indurama	1	2018
142	Coldex	1	2019
143	N	0	N
144	Coldex	1	2022
145	Coldex	1	2022
146	Indurama	1	2021
147	Coldex	1	2021
148	Indurama	1	2021
149	Ilumi	1	2021
150	Ilumi	1	2020
151	Coldex	1	2018
152	Coldex	1	2019
153	Coldex	1	2023
154	N	0	N
155	Coldex	1	2017
156	Coldex	1	2024
157	Ilumi	1	2023
157	Coldex	1	2024
158	Ilumi	1	2020
159	Coldex	1	2021
160	Indurama	1	2020
161	Coldex	1	2019
162	Coldex	1	2018
163	Coldex	1	2020
164	Coldex	1	2020
TOTAL		24	

3.1 Cálculos para la obtención de CO_{2e} derivados del uso de gases refrigerantes

Datos

N	96
M	3,1
d	12,5 años
x	0,08

Emisión en
kg HFC

Año	Emisiones (kg)	Emisiones (Ton)
2021	23,81	0,02381
2022	21,9	0,0219
2023	20,15	0,02015
2024	18,54	0,01854

Emisión en
kg CO_{2e}

Año	Emisiones (kgCO_{2e})	Emisiones (Ton CO_{2e})
2021	35001	35,00
2022	32193	32,19
2023	29621	29,62
2024	27254	27,25

Para la estimación de GEI ocasionados por uso de equipos refrigerantes, se reemplaza los datos de la tabla 6, tabla 7 y los datos derivados de la tabla 8 en la ecuación (2)

$$N = 96 \text{ equipos refrigerantes}$$

$$Carga\ inicial(M) = 3,1\ kg$$

$$Vida\ util\ (d) = 12.5\ años$$

$$Factor\ de\ emisión\ durante\ operación\ anual\ (x) = 8\%$$

$$Eficiencia\ de\ recuperación\ (n) = 35\ \%$$

$$Resto\ de\ la\ carga\ inicial\ (p) = 40\ \%$$

$$E\ tn(HFC) = \frac{N}{1000} ((M \times d \times X) + (carga\ final \times n \times p)) \dots \dots \dots (2)$$

La carga inicial (kg de HFC) de los equipos refrigerantes, con una antigüedad estimada del 2021(ver sección 3.7.2) se obtiene de la formula (2).

Carga de inicial refrigerantes en el año 2021

$$E (HFC) = N((M)) = 96x3,1 = 297,6 \text{ kg}$$

Cantidad de refrigerantes emitidas en el año 2021

$$E (HFC) = N((Mx X)) = 96x3,1x0,08 = 23,81 \text{ kg}$$

Cantidad de gas refrigerante al final del 2021 fue: $297,6 - 23,81 = 273,79 \text{ kg}$

Cantidad de gas refrigerante emitido durante el 2022:

$$E (HFC) = 273,97x X = 273,97x0,08 = 21,90 \text{ kg}$$

La cantidad de gas refrigerante al final del año 2022 fue: $273,79 - 21,90 = 251,89 \text{ kg}$

Cantidad de gas refrigerante emitido durante el 2023:

$$E (HFC) = 251,89xX = 251,89x0,08 = 20,15 \text{ kg}$$

La cantidad de gas refrigerante al final del año 2023 fue: $251,89 - 20,15 = 231,74 \text{ kg}$

Cantidad de gas refrigerante emitido durante el 2024:

$$E (HFC) = 231,74xX = 231,74x0,08 = 18,54 \text{ kg}$$

La cantidad de gas refrigerante al final del año 2024 fue: $231,74 - 18,54 = 213,20 \text{ kg}$

Para obtener en $\text{kg de } CO_{2e}$ multiplicamos por poder de calentamiento global (PCG) del HFC=1470

$$E (CO_{2e}) = E (HFC)XPCG$$

Anexo 4:

Anexo: 4.1: Encuesta a los comerciantes

Estimación de la huella de carbono por traslado de mercaderías y personas

- 1. Edad
- 2. Sexo

M F

- 3. Giro de negocio:
- 4. ¿Cuántos días de la semana asiste a trabajar al mercado?:
- 5. ¿Cuál es el distrito desde donde inicia usted su traslado hacia al mercado? Especifique la zona del Distrito (referencia)

.....
.....

- 6. ¿Cuál el medio de transporte que normalmente utilizas para trasladarte al mercado?

Motocicleta	Colectivo	Auto a diésel	Coaster
Mototaxi	Combi	Auto a GNV	Camina
Taxi	Auto a gasolina	Minivan	Otro.....

- 7. Si conoce usted el tipo de combustible que utiliza el medio transporte que habitualmente usa para su traslado hacia y/o desde el mercado, indique.

.....
.....

- 8. ¿Qué tiempo en promedio demora el traslado desde su casa hacia el mercado?

.....

El resultado de la encuesta se observa en el anexo 4 (Tabla 4.4.1)

Anexo: 4.2: Juicio de expertos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
ESCUELA DE POSGRADO

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR CRITERIO DE JUECES

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres del juez : *Moncada Sosa Wilmer*
 1.2 Cargo e institución donde labora : *Docente - UNSCH - DAMF*
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : *Ficha de cuestionario y precisión para determinar la muestra*
 1.4. Autor (es) del instrumento : *Lic. Jimmy VARGAS HUAMAN*


ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y comprensible					X
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					X
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				X	
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				X	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				X	
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los items				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente					X

CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)	A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{0 \times A + 0 \times B + 0 \times C + 5 \times D + 5 \times E}{50} = \underline{0,9}$$

II. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado 	[0,00 - 0,60]
Observado 	[0,60 - 0,70]
Aprobado 	[0,71 - 1,00]

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Procede la aplicación del instrumento en la institución educativa El Maestro

Lugar: Ayacucho... *11 de agosto*... del 2025


Firma del juez

ORCID: 0000-0002-0862



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR CRITERIO DE JUECES

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres del juez : SOCA FLORES, RENATO
 1.2 Cargo e institución donde labora : DOCENTE-UNESCH-DAMF
 1.3 Nombre del instrumento evaluado : Ficha de cuestionario y precisión para determinar la muestra
 1.4 Autor (es) del instrumento : Lic. Jimmy VARGAS HUAMAN

ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y comprensible				X	
2.OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables					X
3.ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4.ORGANIZACION	Presentación ordenada				X	
5.SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente					X
6.PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				X	
7.CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				X	
8.COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems					X
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10.APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente					X

CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)	A	B	C	D	E
					4

$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{0 \times A + 0 \times B + 0 \times C + 4 \times D + 6 \times E}{50} = \frac{0,92}{1} = 0,92$$


II. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado <input type="radio"/>	[0,00 – 0,60]
Observado <input type="radio"/>	[0,60 – 0,70]
Aprobado <input checked="" type="radio"/>	[0,71 – 1,00]

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Procede la aplicación del instrumento en la institución educativa El Maestro

Lugar: Ayacucho... 11 de agosto... del 2025


Firma del juez

CFP0603

Anexo: 4.3: Respuesta a la encuesta realizada a los comerciantes

ANEXO 3: Encuesta a los comerciantes
Cálculo de la huella de carbono

1. Edad 55
2. Sexo

M

F

3. Giro de negocio: Comida
4. ¿Cuántos días de la semana asiste va a trabajar al mercado?: Todos los días
5. ¿Cuál es el distrito desde donde inicia usted realiza su traslado hacia al mercado? Especifique la zona del Distrito Emadi, Urb. M. Parado Bellido
6. ¿Cuáles son los medios de transporte y rutas que normalmente utilizas para trasladarte al mercado?

Motocicleta	Colectivo	Auto a diésel	Coaster
Mototaxi	Combi	Auto a GNV	Camina
Taxi	<input checked="" type="checkbox"/> Auto a gasolina	Minivan	Otro.....

7. Si conoce usted el tipo de combustible que utiliza el medio transporte que habitualmente usa para su traslado hacia y/o desde el mercado, mencionarlo.

Gasolina

8. ¿Qué tiempo en promedio demora el traslado hacia el mercado?

20 min

d = 1,21 km

ANEXO 3: Encuesta a los comerciantes
Cálculo de la huella de carbono

1. Edad 77
2. Sexo

M

F

3. Giro de negocio: Carne roja
4. ¿Cuántos días de la semana asiste va a trabajar al mercado?: 7 días semana
5. ¿Cuál es el distrito desde donde inicia usted realiza su traslado hacia al mercado? Especifique la zona del Distrito SJB, Ex. posta san Juan
6. ¿Cuáles son los medios de transporte y rutas que normalmente utilizas para trasladarte al mercado?

Motocicleta	Colectivo	Auto a diésel	Coaster
Mototaxi	Combi	Auto a GNV	Camina <input checked="" type="checkbox"/>
Taxi	Auto a gasolina	Minivan	Otro.....

7. Si conoce usted el tipo de combustible que utiliza el medio transporte que habitualmente usa para su traslado hacia y/o desde el mercado, mencionarlo.

.....

8. ¿Qué tiempo en promedio demora el traslado hacia el mercado?

15 min
.....

d = 0 Km

ANEXO 3: Encuesta a los comerciantes
Cálculo de la huella de carbono

1. Edad 62
2. Sexo

M

F

3. Giro de negocio: Jugo
4. ¿Cuántos días de la semana asiste va a trabajar al mercado?: 7 días
5. ¿Cuál es el distrito desde donde inicia usted realiza su traslado hacia al mercado? Especifique la zona del Distrito Nery Garcia, mercado nery
6. ¿Cuáles son los medios de transporte y rutas que normalmente utilizas para trasladarte al mercado?

Motocicleta	Colectivo	Auto a diésel	Coaster <input checked="" type="checkbox"/>
Mototaxi	Combi	Auto a GNV	Camina
Taxi	Auto a gasolina	Minivan	Otro.....

7. Si conoce usted el tipo de combustible que utiliza el medio transporte que habitualmente usa para su traslado hacia y/o desde el mercado, mencionarlo.

.....

8. ¿Qué tiempo en promedio demora el traslado hacia el mercado?

..... 7 min.

$d = 1,70 \text{ km}$

Anexo: 4.4: Cálculos para la obtención de CO_{2e} derivados del traslado de personas y mercaderías.

Tabla 4.4.1: Datos de la encuesta

Movil	m
Motocicleta	6
Mototaxi	6
Taxi	27
Colectivo	0
Combi	0
Auto gasolina	0
Auto diesel	0
Auto GLP	0
Auto GNV	0
Minivan	0
Couster	24
Camina	16

Tabla 4.4.2: Generalización de los datos de la encuesta

Vehículo	comerciantes	%
Motocicleta	41	7,68
Mototaxi	40	7,49
Taxi	182	34,08
Couster	161	30,15
Camina	110	20,60
total	534	100

Vehículo	subtotal metano (almes)	kg(CO_{2e})mes	t(CO_{2e})año
Motocicleta	96,3	1059,3	12,71
Mototaxi	27,23	294,99	3,54
Taxi	671,06	7296,78	87,56
Couster	180,61	1264,27	15,17
	kg(CO_{2e})mes	9915,34	
	Ton(CO_{2e})mes	9,91534	

Como un ejemplo, damos a conocer como se estimó la cantidad de GEI generados por el uso de mototaxi al día por los comerciantes del mercado. Para ello utilizamos los datos de la tabla 11, tabla 6 y la tabla del anexo 5. La cantidad para mototaxi, según la muestra, es $m = 6$. Reemplazamos en la ecuación (4).

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2\text{eq}}) = \sum \frac{DR_i \times FE_{\text{CO}_2}}{n} + \left(\frac{DR_i \times FE_{\text{CH}_4}}{n} \right) \times PCG_{\text{CH}_4} + \left(\frac{DR_i \times FE_{\text{N}_2\text{O}}}{n} \right) \times PCG_{\text{N}_2\text{O}} \dots (4)$$

Donde:

EI GEI(tonCO_{2eq}): Emisiones indirectas de GEI por transporte

DR_i: Distancia recorrida por un comerciante, en km

FE_{CO₂}

: Factor de emisión de CO₂ del vehículo utilizado por el comerciante del mercado, en kgCO₂/km

FE_{CH₄}: Factor de emisión de CH₄ del vehículo utilizado por el comerciante del mercado, en kgCH₄/km

FE_{N₂O}: Factor de emisión de N₂O del vehículo utilizado por el comerciante del mercado, en kgN₂O/km

PCG_{CH₄}: Potencial de calentamiento global de CH₄

PCG_{N₂O}: Potencial de calentamiento global de N₂O

n: Número de pasajeros que ocupa el vehículo empleado por el comerciante del para el transporte de su casa al mercado

Vehículo 1: (**DR_i = 0,67**)

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2\text{eq}}) = \frac{0,67 \times 0,08499}{1} + \left(\frac{0,67 \times 0,00207}{1} \right) \times 28 + \left(\frac{0,67 \times 0,0003}{1} \right) \times 265$$

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2\text{eq}}) = 0,15 \text{ kg}$$

Vehículo 2: (**DR_i = 0,66**)

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2\text{eq}}) = \frac{0,66 \times 0,08499}{1} + \left(\frac{0,66 \times 0,00207}{1} \right) \times 28 + \left(\frac{0,66 \times 0,0003}{1} \right) \times 265$$

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2\text{eq}}) = 0,146 \text{ kg}$$

Vehículo 3: (**DR_i = 0,71**)

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2\text{e}}) = \frac{0,71 \times 0,08499}{1} + \left(\frac{0,71 \times 0,00207}{1} \right) \times 28 + \left(\frac{0,71 \times 0,0003}{1} \right) \times 265$$

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2\text{eq}}) = 0,157 \text{ kg}$$

Vehículo 4: ($DR_i = 0,82$)

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2e}) = \frac{0,82 \times 0,08499}{1} + \left(\frac{0,82 \times 0,00207}{1}\right) \times 28 + \left(\frac{0,82 \times 0,0003}{1}\right) \times 265$$
$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2eq}) = 0,182 \text{ kg}$$

Vehículo 5: ($DR_i = 0,3$)

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2e}) = \frac{0,3 \times 0,08499}{1} + \left(\frac{0,3 \times 0,00207}{1}\right) \times 28 + \left(\frac{0,3 \times 0,0003}{1}\right) \times 265$$
$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2eq}) = 0,066 \text{ kg}$$

Vehículo 6: ($DR_i = 0,91$)

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2e}) = \frac{0,91 \times 0,08499}{1} + \left(\frac{0,91 \times 0,00207}{1}\right) \times 28 + \left(\frac{0,91 \times 0,0003}{1}\right) \times 265$$
$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2eq}) = 0,202 \text{ kg}$$

Sumando = $0,15 + 0,146 + 0,157 + 0,182 + 0,066 + 0,202 = 0,963 \text{ kg CO}_{2e}$

Generalizando para los 65 comerciantes que se movilizan en mototaxi

$$I\text{ GEI}(\text{CO}_{2e}) = 0,963 \times 65 = 9,833 \text{ kg CO}_{2e}$$

En un mes: $I\text{ GEI}(\text{CO}_{2e}) = 9,833 \times 30 = 294,99 \text{ kg CO}_{2e}$

En toneladas en el año 2024. $I\text{ GEI}(\text{CO}_{2e}) = 294,99 \frac{x12}{1000} = 3,54 \text{ ton CO}_{2e}$

Anexo 5: Cantidad de ocupantes según tipo de vehículos

Tipo de transporte	<i>n</i>
Motocicleta	1
Mototaxi	1
Taxi	1
Colectivo	4
Combi	7
Auto promedio a gasolina	1
Auto promedio a diésel	1
Auto promedio a GLP	1
Auto promedio a GNV	1
Minivan a diésel	7
Coaster	30

Anexo 6: Cálculos para la obtención de CO_{2e} derivados de descomposición de Residuos Sólidos.

Tabla 6.1

Generación de RRSS - 2024		
RRSS	Gene. año(kg)	Gene. año(Ton)
Alimentos	243677.65	243.68
Jardines y parques	0	0.00
Papel y carton	10176.2	10.18
Madera	2628	2.63
Textiles	587.65	0.59
Pañales	2708.3	2.71

RRSS	Gas metano año -2024	CO2e año-2024
	E.Metano(Ton/año)	E.CO2eq(Ton/año)
Alimentos	13.65	341.15
Jardines y pa	0	0.00
Papel y cartc	1.09	27.14
Madera	0.06	1.51
Textiles	0.04	0.94
Pañales	0.17	4.33
Total	15.00	375.07

Para estimar la cantidad de emisiones de GEI, del año 2024, derivados de los residuos sólidos, reemplaza los datos de la tabla 12, tabla 13 y la tabla 6,1 (del anexo 6) en la ecuación (5).

$$\text{Emisiones de CH}_4 = MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F(1 - R)(1 - 0X) \left(\frac{16}{12}\right) \dots (5)$$

Donde:

MSWT: Masa total de residuos sólidos municipales generados (Toneladas/año).

MSWF: Fracción de residuos depositados en rellenos sanitarios (sin tratamiento previo).

MCF: Factor de corrección de manejo (varía según el tipo de relleno, con valores entre 0.4 y 1).

DOC: Contenido de carbono degradable (proporción de carbono orgánico en los residuos).

DOCF: Fracción de carbono degradable que se convierte en gas (varía entre 0.5 y 0.8).

F: Fracción de metano en el gas generado en el relleno sanitario (valor típico 0.5).

16/12: Conversión de carbono a metano (basado en la relación entre la masa molar de CH₄ y C).

R: Fracción de metano recuperado y quemado o utilizado (si el relleno tiene sistema de captura de biogás).

OX: Fracción de oxidación del metano en la cubierta del relleno (generalmente entre 0 y 0.1).

GEI derivados de residuos de alimentos: $MSWF = 1$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 248,68 \times 0,8 \times 0,15 \times 0,7 \times 0,5 \left(\frac{16}{12} \right) = 13,65 \text{ Ton de CH}_4$$

GEI derivados de residuos de papel y cartón: $MSWF = 1$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 10,18 \times 0,8 \times 0,4 \times 0,5 \times 0,5 \left(\frac{16}{12} \right) = 1,09 \text{ Ton de CH}_4$$

GEI derivados de residuos de madera: $MSWF = 1$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 2,63 \times 0,8 \times 0,43 \times 0,1 \times 0,5 \left(\frac{16}{12} \right) = 0,06 \text{ Ton de CH}_4$$

GEI derivados de residuos de textiles: $MSWF = 1$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 0,59 \times 0,8 \times 0,24 \times 0,5 \times 0,5 \left(\frac{16}{12} \right) = 0,04 \text{ Ton de CH}_4$$

GEI derivados de residuos de pañales: $MSWF = 1$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 2,71 \times 0,8 \times 0,24 \times 0,5 \times 0,5 \left(\frac{16}{12} \right) = 0,17 \text{ Ton de CH}_4$$

Para convertir a ton CO_{2e} se multiplica por el potencial de calentamiento global (PCG) del CH₄ que es igual a 25.

$$\text{Emisiones de CO}_{2e} = \text{Emisiones total de CH}_4 \times \text{PCG de CH}_4$$

Anexo 7: Panel fotográfico

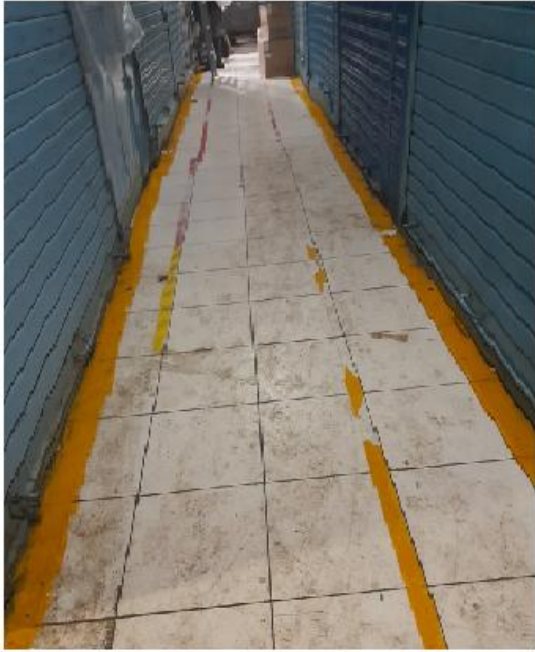


Foto 1: Situación de los pasillos del mercado-año 2024



Foto 2: Acumulación de los residuos sólidos fuera del mercado.



Foto 3: Recolectores de basura y contenedores de almacenamiento temporal



Foto 4: Situación actual del uso de Fluorescentes en los pasillos del mercado

NORMA INTERNACIONAL

Traducción oficial Official
translation Traduction
officielle

ISO 14064-1

Segunda edición
2018-12

Gases de efecto invernadero —

Parte 1:

Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de

iTeh STANDARD PREVIEW
efecto invernadero

(standards.iteh.ai)

Greenhouse gases —

ISO 14064-1:2018

Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals

Gaz à effet de serre —

Partie 1: Spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des gaz à effet de serre

Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza, como traducción oficial en español avalada por el *Grupo de Trabajo Spanish Translation Task Force (STTF)*, que ha certificado la conformidad en relación con las versiones inglesa y francesa.



Número de referencia
ISO 14064-1:2018 (traducción oficial)

© ISO 2018

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 14064-1:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018>



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© ISO 2018

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente, o requerido en el contexto de su implementación, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado, o la publicación en Internet o una Intranet, sin la autorización previa por escrito. La autorización puede solicitarse a ISO en la siguiente dirección o al organismo miembro de ISO en el país solicitante.

ISO copyright office
CP 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Ginebra, Suiza
Phone: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
Email: copyright@iso.org
Website: www.iso.org

Publicada en Suiza

Versión española publicada en 2019

Índice

Página

Prólogo	v
Introducción	vii
1 Objeto y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	1
3.1 Términos relativos a los gases de efecto invernadero	1
3.2 Términos relativos al proceso de inventario de los GEI.....	3
3.3 Términos relativos al material biogénico y el uso del suelo	5
3.4 Términos relativos a las organizaciones, las partes interesadas y la verificación.....	6
4 Principios	7
4.1 Generalidades	7
4.2 Pertinencia	7
4.3 Integridad.....	7
4.4 Coherencia	7
4.5 Exactitud.....	7
4.6 Transparencia.....	7
5 Límites del inventario de GEI	7
5.1 Límites de la organización	7
5.2 Límites de informe	8
5.2.1 Establecimiento de los límites de informe.....	8
5.2.2 Emisiones y remociones directas de GEI.....	8
5.2.3 Emisiones indirectas de GEI.....	8
5.2.4 Inventario de categorías de GEI.....	9
6 Cuantificación de emisiones y remociones de GEI	9
6.1 Identificación de fuentes y sumideros de GEI.....	9
6.2 Selección del enfoque de cuantificación	10
6.2.1 Generalidades	10
6.2.2 Selección y recopilación de datos utilizados para la cuantificación	10
6.2.3 Selección o desarrollo del modelo de cuantificación de GEI	10
6.3 Cálculo de las emisiones y remociones de GEI	11
6.4 Inventario de GEI del año base.....	11
6.4.1 Selección y establecimiento del año base	11
6.4.2 Revisión del inventario de GEI del año base.....	12
7 Actividades de mitigación	12
7.1 Iniciativas de reducción de emisiones y aumento de remociones de GEI	12
7.2 Proyectos de reducción de emisiones o de aumento de remociones de GEI	13
7.3 Metas de la reducción de emisiones o del aumento de remociones de GEI	13
8 Gestión de la calidad del inventario de GEI	13
8.1 Gestión de la información sobre los GEI	13
8.2 Conservación de documentos y mantenimiento de registros.....	14
8.3 Evaluación de la incertidumbre	14
9 Informes sobre GEI	14
9.1 Generalidades	14
9.2 Planificación del informe sobre GEI	15
9.3 Contenido del informe sobre GEI.....	15
9.3.1 Información requerida	15
9.3.2 Información recomendada	16
9.3.3 Información opcional y requisitos asociados.....	17
10 Función de la organización en las actividades de verificación	17
Anexo A (informativo) Proceso para consolidar los datos	18

ISO 14064-1:2018

PREVIEW
STANDARD
(standards.it-ai)

Anexo B (informativo) Categorización de las emisiones directas e indirectas de GEI	20
Anexo C (informativo) Orientaciones sobre la selección, recopilación y utilización de datos con enfoque de cuantificación de GEI para emisiones directas	27
Anexo D (normativo) Tratamiento de las emisiones de GEI y las remociones de CO₂ biogénicas	34
Anexo E (normativo) Tratamiento de la electricidad	35
Anexo F (informativo) Estructura y organización del informe del inventario de GEI	37
Anexo G (informativo) Directrices para agricultura y silvicultura	40
Anexo H (informativo) Orientaciones sobre el proceso de identificación de emisiones indirectas significativas de GEI	46
Bibliografía	48

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 14064-1:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018>

Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de elaboración de las Normas Internacionales se lleva a cabo normalmente a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, vinculadas con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todos los temas de normalización electrotécnica.

En la Parte 1 de las Directivas ISO/IEC se describen los procedimientos utilizados para desarrollar este documento y aquellos previstos para su mantenimiento posterior. En particular debería tomarse nota de los diferentes criterios de aprobación necesarios para los distintos tipos de documentos ISO. Este documento ha sido redactado de acuerdo con las reglas editoriales de la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC (véase www.iso.org/directives).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de alguno o todos los derechos de patente. Los detalles sobre cualquier derecho de patente identificado durante el desarrollo de este documento se indicarán en la Introducción y/o en la lista ISO de declaraciones de patente recibidas (véase www.iso.org/patents).

Cualquier nombre comercial utilizado en este documento es información que se proporciona para comodidad del usuario y no constituye una recomendación.

Para una explicación de la naturaleza voluntaria de las normas, el significado de los términos específicos de ISO y las expresiones relacionadas con la evaluación de la conformidad, así como la información acerca de la adhesión de ISO a los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC) respecto a los Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), véase www.iso.org/iso/foreword.html.

Este documento ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 207, *Gestión ambiental, Subcomité SC7, Gestión de gases de efecto invernadero y actividades relacionadas*.

Esta segunda edición anula y sustituye a la primera edición (ISO 14064-1:2006) que ha sido revisada técnicamente.

Los cambios principales en comparación con la edición previa son los siguientes:

- Se ha introducido un nuevo enfoque en cuanto a los límites de informe, facilitando la inclusión y expansión de emisiones indirectas. Este cambio responde al creciente número de organizaciones que están reconociendo la importancia o significancia de las emisiones indirectas y desarrollando inventarios de GEI que incluyen más tipos de emisiones indirectas en toda la cadena de valor.
- La categoría de emisiones de GEI “otras emisiones indirectas de GEI” ha recibido el nuevo nombre de “emisiones indirectas de GEI.” Se han incluido requisitos y orientaciones para clasificar las emisiones indirectas de GEI en cinco categorías específicas. “Límites operativos” se llama ahora “límites de informe” con vistas a una mayor aclaración y sencillez.
- Con vistas a una mayor aclaración, se han agregado nuevos requisitos y directrices para la cuantificación de los GEI y el informe de aspectos específicos, tales como el tratamiento del carbono biogénico y las emisiones de GEI relacionadas con la electricidad.

En el sitio web de ISO se puede encontrar un listado de todas las partes de la serie de Normas ISO 14064.

Este documento es la norma genérica para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero a nivel de una organización.

Cualquier comentario o pregunta sobre este documento deberían dirigirse al organismo nacional de normalización del usuario. En www.iso.org/members.html se puede encontrar un listado completo de estos organismos.

Prólogo de la versión en español

Este documento ha sido traducido por el Grupo de Trabajo *Spanish Translation Task Force* (STTF) del Comité Técnico ISO/TC 207, *Gestión ambiental*, en el que participan representantes de los organismos nacionales de normalización y representantes del sector empresarial de los siguientes países:

Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, Estados Unidos de América, El Salvador, México, Panamá, Perú y Uruguay.

Igualmente, en el citado Grupo de Trabajo participan representantes de COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) e INLAC (Instituto Latinoamericano de la Calidad).

Esta traducción es parte del resultado del trabajo que el Grupo ISO/TC 207/STTF viene desarrollando desde su creación en el año 1999 para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la gestión ambiental.

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 14064-1:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018>

Introducción

0.1 Antecedentes

El cambio climático originado por la actividad antropogénica se ha identificado como uno de los mayores retos que afronta el mundo y continuará afectando a negocios y ciudadanos durante décadas futuras.

El cambio climático tiene implicaciones tanto para los humanos como para los sistemas naturales y puede tener impactos importantes en la disponibilidad de los recursos, la actividad económica y el bienestar humano. En respuesta, tanto el sector público como el privado están desarrollando e implementando iniciativas internacionales, regionales, nacionales y locales para mitigar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera terrestre, así como para facilitar la adaptación al cambio climático.

Hay necesidad de una respuesta eficaz y progresiva a la urgente amenaza del cambio climático a partir de los mejores conocimientos científicos existentes. ISO produce documentos que apoyan la transformación de los conocimientos científicos en herramientas que ayudarán a enfrentar el cambio climático.

Las iniciativas sobre mitigación de los GEI se basan en la cuantificación, el seguimiento, el informe y la verificación de emisiones y/o remociones de GEI.

La familia ISO 14060 ofrece claridad y coherencia en la cuantificación, el seguimiento, el informe y la validación o verificación de emisiones y remociones de GEI para apoyar el desarrollo sostenible mediante una economía baja en carbono y beneficiar a organizaciones, proponentes de proyectos y partes interesadas de todo el mundo. Específicamente, el uso de la familia ISO 14060:

- aumenta la integridad ambiental de la cuantificación de los GEI;
- aumenta la credibilidad, coherencia y transparencia de la cuantificación, el seguimiento, el informe, la verificación y la validación de los GEI;
- facilita el desarrollo y la implementación de estrategias y planes de gestión de los GEI;
- facilita el desarrollo y la implementación de acciones de mitigación mediante reducciones de las emisiones o aumentos de las remociones;
- facilita la capacidad de seguir el desempeño y progreso de la reducción de emisiones de GEI y/o del aumento de las remociones de GEI.

Entre las aplicaciones de la familia ISO 14060 se incluyen:

- decisiones corporativas, tales como la identificación de oportunidades de reducir las emisiones y el aumento de la rentabilidad mediante la reducción del consumo de energía;
- gestión de riesgos y oportunidades, tales como los riesgos relacionados con el clima, incluyendo los financieros, reglamentarios, así como los relativos a la cadena de suministro, el producto y el cliente, los litigios, los riesgos reputacionales y sus oportunidades de negocio (por ejemplo, nuevos mercados, nuevos modelos de negocio);
- iniciativas voluntarias, tales como la participación en los registros voluntarios de GEI o las iniciativas de informes de sostenibilidad;
- mercados de GEI, tales como la compra y venta de derechos o créditos de GEI;
- programas reglamentarios/gubernamentales de GEI, tales como el crédito para la acción temprana, acuerdos negociados o iniciativas de informes nacionales y locales.

Este documento detalla los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI para organizaciones, y para la presentación de informes sobre estos inventarios. Incluye los requisitos para determinar los límites de la emisión y remoción de GEI, cuantificar las emisiones y

remociones de GEI de la organización, e identificar las actividades o acciones específicas de la compañía con el objeto de mejorar la gestión de los GEI. También incluye requisitos y orientaciones para la gestión de la calidad del inventario, el informe, la auditoría interna y las responsabilidades de la organización en las actividades de verificación.

La Norma ISO 14064-2 detalla los principios y requisitos para determinar las líneas base, y hacer seguimiento, cuantificar e informar emisiones del proyecto. Se centra en los proyectos de GEI o en actividades basadas en proyectos diseñados específicamente para reducir las emisiones de GEI o aumentar las remociones de GEI. Proporciona una base para los proyectos de GEI a verificar y validar.

La Norma ISO 14064-3 detalla los requisitos para la verificación de las declaraciones de GEI relacionadas con los inventarios de GEI, los proyectos de GEI, y las huellas de carbono de los productos. Describe el proceso para la verificación o validación, incluyendo la planificación de la verificación o validación, los procedimientos de evaluación, y la valoración de declaraciones de GEI de organizaciones, proyectos y productos.

La Norma ISO 14065 define los requisitos para organismos que validan y verifican declaraciones de GEI. Sus requisitos abarcan la imparcialidad, la competencia, la comunicación, los procesos de validación y verificación, las apelaciones, las quejas y el sistema de gestión de los organismos de validación y verificación. Se puede utilizar como base para la acreditación y otras formas de reconocimiento relacionadas con la imparcialidad, la competencia y la coherencia de los organismos de validación y verificación.

La Norma ISO 14066 especifica los requisitos de competencia para los equipos de validación y los equipos de verificación. Incluye principios y especifica requisitos de competencia basados en las tareas que los equipos de validación o los equipos de verificación tienen que ser capaces de realizar.

La Norma ISO 14067 define los principios, los requisitos y las directrices para la cuantificación de la huella de carbono de los productos. El propósito de la Norma ISO 14067 es cuantificar emisiones de GEI asociadas con las etapas del ciclo de vida de un producto, comenzando con la extracción de recursos y la adquisición de materias primas y extendiéndose luego a la producción, el uso y el fin de la vida útil del producto.

El Informe Técnico ISO/TR 14069 ayuda a los usuarios en la aplicación de este documento, proporcionando directrices y ejemplos para mejorar la transparencia de la cuantificación y de los informes de emisiones. No ofrece orientaciones adicionales en este documento.

La [Figura 1](#) ilustra la relación entre las normas de GEI de la familia ISO 14060.

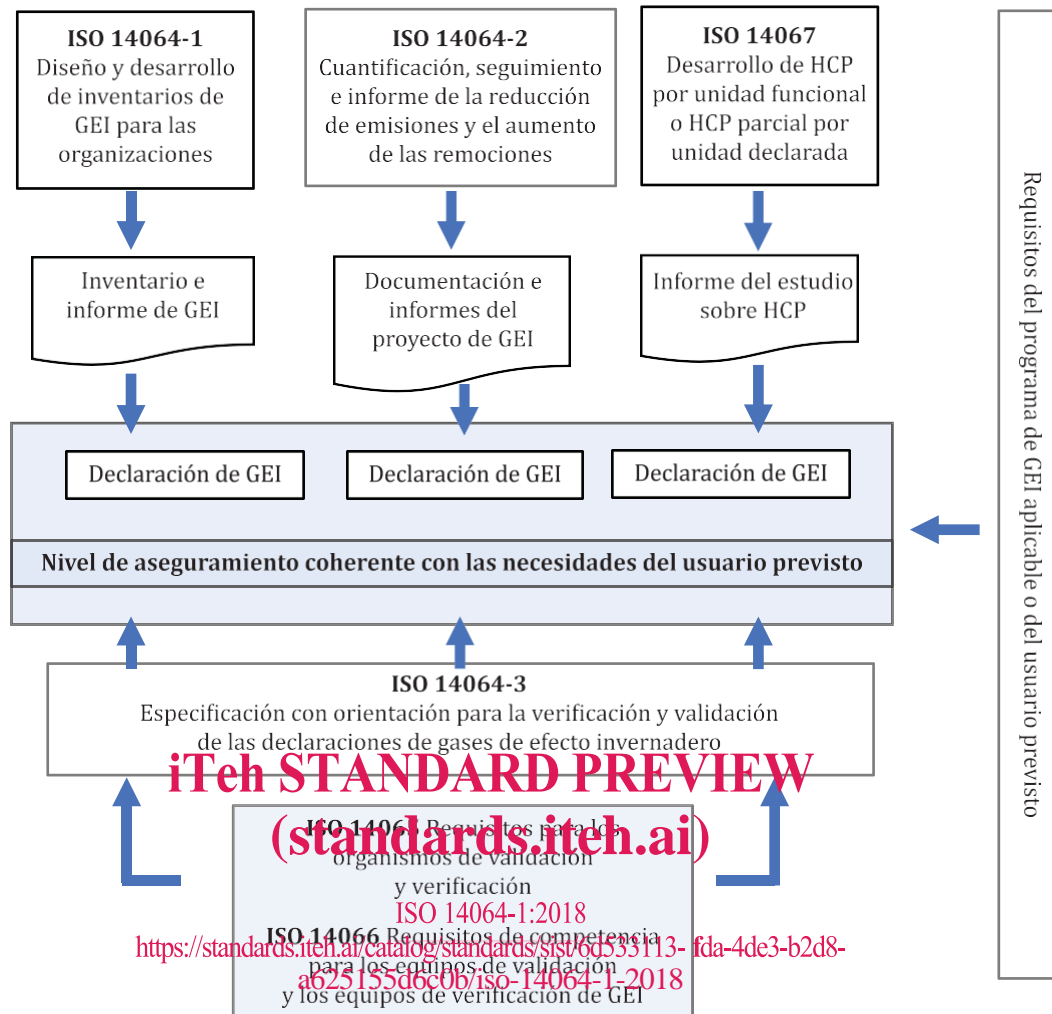


Figura 1 — Relación entre las normas de GEI de la familia ISO 14060

0.2 Conceptos básicos de cuantificación de GEI utilizados en este documento

Este documento incorpora muchos conceptos clave desarrollados durante varios años. Las referencias listadas en la Bibliografía ofrecen (ejemplos de) orientaciones adicionales sobre estos conceptos.

0.3 Importancia de los términos “documentar”, “explicar” y “justificar” en este documento

Varios capítulos de este documento requieren a los usuarios documentar, explicar y justificar el uso de algunos enfoques o decisiones tomadas.

Documentar implica captar y guardar la información pertinente por escrito. Explicar implica dos criterios adicionales:

- a) describir cómo se usaron los enfoques o cómo se tomaron las decisiones, y
- b) describir por qué se escogieron estos enfoques o se tomaron estas decisiones.

Justificar implica un tercer y un cuarto criterio:

- c) explicar por qué no se escogieron enfoques alternativos, y
- d) proporcionar datos o análisis secundarios.

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 14064-1:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018>

Gases de efecto invernadero —

Parte 1:

Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero

1 Objeto y campo de aplicación

Este documento especifica los principios y requisitos para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel de la organización. Incluye requisitos para el diseño, desarrollo, gestión, informe y/o verificación del inventario de GEI de una organización.

La serie 14064 es neutral ante los programas de GEI. Si se aplica un programa de GEI, los requisitos de dicho programa son adicionales a los requisitos de la serie ISO 14064.

2 Referencias normativas

En este documento no hay referencias normativas.

(standards.iteh.ai)

3 Términos y definiciones

ISO 14064-1:2018

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533112-f1a-4de3-b28-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018>

ISO e IEC mantienen bases de datos terminológicas para su utilización en normalización en las siguientes direcciones:

- Plataforma de búsqueda en línea de ISO: disponible en <https://www.iso.org/obp>
- Electropedia de IEC: disponible en <http://www.electropedia.org/>

3.1 Términos relativos a los gases de efecto invernadero

3.1.1

gas de efecto invernadero GEI

componente gaseoso de la atmósfera, tanto natural como antropogénico, que absorbe y emite radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes

Nota 1 a la entrada: Para una lista de GEI véase el Informe de Evaluación más reciente del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

Nota 2 a la entrada: El vapor de agua y el ozono son antropogénicos al igual que los GEI naturales, pero no se incluyen como GEI reconocidos debido a las dificultades, en la mayor parte de los casos, para aislar el componente de origen humano del calentamiento global atribuible a su presencia en la atmósfera.

3.1.2

fuentes de gases de efecto invernadero

fuentes de GEI

proceso que libera un GEI ([3.1.1](#)) a la atmósfera

3.1.3**sumidero de gas de efecto invernadero sumidero de GEI**

proceso que remueve un *GEI* (3.1.1) de la atmósfera

3.1.4**reservorio de gas de efecto invernadero reservorio de GEI**

componente, distinto a la atmósfera, que tiene la capacidad de acumular los *GEI* (3.1.1) y de almacenarlos y liberarlos

Nota 1 a la entrada: Los océanos, los suelos y los bosques son ejemplos de componentes que pueden actuar como reservorios.

Nota 2 a la entrada: La captura y el almacenamiento de *GEI* es uno de los procesos que da lugar a un reservorio de *GEI*.

3.1.5**emisión de gas de efecto invernadero emisión de GEI**

liberación de un *GEI* (3.1.1) a la atmósfera

3.1.6**remoción de gas de efecto invernadero remoción de GEI**

retirar un *GEI* (3.1.1) de la atmósfera mediante sumideros de *GEI* (3.1.3)

3.1.7**factor de emisión de gas de efecto invernadero factor de emisión de GEI**

coeficiente que relaciona los *datos de la actividad de GEI* (3.2.1) con la *emisión de GEI* (3.1.5)

Nota 1 a la entrada: Un factor de emisión de *GEI* puede incluir un componente de oxidación.

3.1.8**factor de remoción de gas de efecto invernadero factor de remoción de GEI**

coeficiente que relaciona los *datos de la actividad de GEI* (3.2.1) con la *remoción de GEI* (3.1.6)

Nota 1 a la entrada: Un factor de remoción de *GEI* podría incluir un componente de oxidación.

3.1.9**emisión directa de gas de efecto invernadero emisión directa de GEI**

emisión de GEI (3.1.5) proveniente de *fuentes de GEI* (3.1.2) que pertenecen o son controladas por la *organización* (3.4.2)

Nota 1 a la entrada: Este documento utiliza los conceptos de participación del capital correspondiente o control (control financiero u operativo) para establecer los límites operativos de una organización.

3.1.10**remoción directa de gas de efecto invernadero remoción directa de GEI**

remoción de GEI (3.1.6) de los *sumideros de GEI* (3.1.3) que pertenecen o son controlados por la *organización* (3.4.2)

3.1.11

emisión indirecta de gas de efecto invernadero emisión indirecta de GEI

emisión de GEI (3.1.5) resultante de las operaciones y actividades de una *organización (3.4.2)*, pero proveniente de *fuentes de GEI (3.1.2)* que no pertenecen ni son controladas por la organización

Nota 1 a la entrada: Estas emisiones ocurren generalmente en la cadena aguas arriba y/o aguas abajo.

3.1.12

potencial de calentamiento global PCG

índice, basado en las propiedades de radiación de los *GEI (3.1.1)*, que mide la fuerza de radiación tras la emisión de un pulso de una unidad de masa de un GEI dado en la atmósfera actual integrado en un período determinado, con relación a la unidad del dióxido de carbono (CO₂)

3.1.13

equivalente de dióxido de carbono

CO₂e

unidad para comparar el forzamiento radiativo de un *GEI (3.1.1)* con el del dióxido de carbono

Nota 1 a la entrada: El equivalente de dióxido de carbono se calcula utilizando la masa de un GEI determinado, multiplicada por su *potencial de calentamiento global (3.1.12)*.

3.2 Términos relativos al proceso de inventario de los GEI

3.2.1

iTeh STANDARD PREVIEW

datos de actividad del gas de efecto invernadero

datos de actividad del GEI (standards.iteh.ai)

medida cuantitativa de la actividad que da lugar a una emisión de *GEI (3.1.5)* o una *remoción de GEI (3.1.6)*

EJEMPLO Cantidad de energía, combustible o electricidad consumidos, material producido, servicio prestado, área de tierra afectada.

ISO 14064-1:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018>

3.2.2

datos primarios

valor cuantificado de un proceso o una actividad obtenido a partir de una medición directa o de un cálculo basado en mediciones directas

Nota 1 a la entrada: Los datos primarios pueden incluir *factores de emisión de GEI (3.1.7)* o *factores de remoción de GEI (3.1.8)* y/o *datos de actividad del GEI (3.2.1)*.

3.2.3

datos específicos del lugar

datos primarios (3.2.2) obtenidos dentro de los límites de la *organización (3.4.7)*

Nota 1 a la entrada: Todos los datos específicos del lugar son datos primarios, pero no todos los datos primarios son datos específicos del lugar.

3.2.4

datos secundarios

datos obtenidos de fuentes diferentes a los *datos primarios (3.2.2)*

Nota 1 a la entrada: Estas fuentes pueden incluir las bases de datos y la literatura publicada validada por autoridades competentes.

3.2.5

declaración sobre los gases de efecto invernadero declaración sobre los GEI

USO NO ACONSEJADO: aseveración sobre los GEI

declaración basada en hechos y objetiva que provee el objeto de la *verificación* (3.4.9) o *validación* (3.4.10)

Nota 1 a la entrada: La declaración sobre los GEI se puede presentar en un momento determinado o puede abarcar un período de tiempo.

Nota 2 a la entrada: La declaración sobre los GEI proporcionada por la *parte responsable* (3.4.3) debería ser claramente identificable, con capacidad para la evaluación coherente o medición frente a criterios adecuados por un *verificador* (3.4.11) o un *validador* (3.4.12).

Nota 3 a la entrada: La declaración sobre los GEI podría suministrarse como un *informe de GEI* (3.2.9) o un plan de *proyecto de GEI* (3.2.7).

3.2.6

inventario de gases de efecto invernadero inventario de GEI

lista de *fuentes de GEI* (3.1.2) y *sumideros de GEI* (3.1.3), y sus *emisiones de GEI* (3.1.5) y *remociones de GEI* (3.1.6) cuantificadas

3.2.7

proyecto de gases de efecto invernadero proyecto de GEI

iTeh STANDARD PREVIEW

actividad o actividades que alteran las condiciones de una línea base de GEI y causan la reducción de las

emisiones de GEI (3.1.5) o el aumento de las *remociones de GEI* (3.1.6)

Nota 1 a la entrada: La Norma ISO 14064-2 proporciona información sobre cómo determinar y utilizar las líneas base de GEI.

ISO 14064-1:2018

3.2.8

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018)

[a625155d6c0b/iso-14064-1-2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda-4de3-b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018)

programa de gases de efecto invernadero programa de GEI

sistema o esquema voluntario u obligatorio internacional, nacional o local que registra, contabiliza o gestiona *emisiones de GEI* (3.1.5), *remociones de GEI* (3.1.6), reducciones de emisiones de GEI o aumentos de remociones de GEI fuera de la *organización* (3.4.2) o del *proyecto de GEI* (3.2.7)

3.2.9

informe de gases de efecto invernadero informe de GEI

documento independiente destinado a comunicar información relativa a los GEI de una *organización* (3.4.2) o de un *proyecto de GEI* (3.2.7) a sus *usuarios previstos* (3.4.4)

Nota 1 a la entrada: Un informe de GEI puede incluir una *declaración sobre los GEI* (3.2.5).

3.2.10

año base

período histórico específico identificado para propósitos de comparar *emisiones de GEI* (3.1.5) o *remociones de GEI* (3.1.6) u otra información relativa a los GEI en un período

3.2.11

iniciativa de reducción de los gases de efecto invernadero iniciativa de reducción de los GEI

actividad o iniciativa específica, no organizada como un *proyecto de GEI* (3.2.7), implementada por una *organización* (3.4.2) de forma discreta o continua, para reducir o prevenir las *emisiones de GEI* (3.1.5) directas o indirectas o aumentar las *remociones de GEI* (3.1.6) directas o indirectas

3.2.12

seguimiento

evaluación continua o periódica de las *emisiones de GEI* (3.1.5), las *remociones de GEI* (3.1.6) u otros datos relacionados con los GEI

3.2.13

incertidumbre

parámetro asociado con el resultado de la cuantificación que caracteriza la dispersión de los valores que se podrían atribuir razonablemente a la cantidad cuantificada

Nota 1 a la entrada: La información sobre la incertidumbre generalmente especifica las estimaciones cuantitativas de la dispersión probable de los valores, y una descripción cualitativa de las causas probables de la dispersión.

3.2.14

emisión indirecta significativa de gas de efecto invernadero emisión indirecta significativa de GEI

emisiones de GEI (3.1.5) cuantificadas e informadas de la *organización* (3.4.2) que cumplen con los criterios de significancia establecidos por la organización

3.3 *Términos relativos al material biogénico y el uso del suelo*

3.3.1

biomasa

material de origen biológico, excluyendo el material incrustado en formaciones geológicas y el material transformado en material fosilizado

Nota 1 a la entrada: La biomasa incluye materia orgánica (tanto viva como muerta), por ejemplo, árboles, cultivos, pastos, hojarasca, algas, animales, estiércol y desechos de origen biológico.

3.3.2

carbono biogénico

[ISO 14064-1:2018](#)

carbono derivado de la *biomasa* (<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d533113-fda4de3b2d8-a625155d6c0b/iso-14064-1-2018>)

3.3.3

CO₂ biogénico

CO₂ obtenido mediante la oxidación de *carbono biogénico* ([3.3.2](#))

3.3.4

emisión de GEI biogénica antropogénica

emisión de GEI ([3.1.5](#)) a partir de material biogénico como resultado de actividades humanas

3.3.5

cambio directo en el uso del suelo cDUS

cambio en el uso humano del suelo dentro de los límites pertinentes

Nota 1 a la entrada: Los límites pertinentes son los *límites de informe* ([3.4.8](#)).

3.3.6

uso del suelo

uso o gestión humanos del suelo dentro de los límites pertinentes

Nota 1 a la entrada: Los límites pertinentes son los *límites de informe* ([3.4.8](#)).

3.3.7

emisión de GEI biogénica no antropogénica

emisión de GEI ([3.1.5](#)) a partir de material biogénico causada por desastres naturales (por ejemplo, incendios descontrolados o infestación por insectos) o por la evolución natural (por ejemplo, crecimiento, descomposición)

Estimación y Propuesta de Mitigación de la Huella de Carbono del Mercado Andrés F. Vivanco, Ayacucho, Perú 2024

Estimation and Mitigation Proposal of the Carbon Footprint of the Andrés F. Vivanco Market, Ayacucho, Peru – 2024

Autor: Jimmy vargas Huaman

Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional De San Cristobal De Huamanga

Jimmy.vargas.30@unsch.edu.pe

Resumen

El objetivo de esta investigación fue de estimar la huella de carbono del mercado Andrés F. Vivanco durante el año 2024 y proponer estrategias de mitigación. Usando la metodología de estudio cuantitativo, descriptivo y no experimental bajo norma ISO 14064 y directrices IPCC, considerando alcances 1, 2 y 3, y una población de 534 comerciantes con una muestra de 80. El resultado fue huella de carbono total: 613,21 tCO₂eq. Usando las principales fuentes: residuos sólidos (375,07 tCO₂eq, 61,2%), transporte (118,98 tCO₂eq, 19,5%), GLP (90,58 tCO₂eq, 14,8%), refrigerantes (27,25 tCO₂eq, 4,4%), electricidad (1,32 tCO₂eq, 0,22%). Concluyendo que el mercado presenta alta huella de carbono concentrada en residuos y transporte. Las medidas de mitigación propuestas podrían reducir significativamente las emisiones y replicarse en mercados similares.

Palabras clave: Huella de carbono, gases de efecto invernadero, mitigación, mercado, Ayacucho.

Abstract

The objective of this research was to estimate the carbon footprint of the Andrés F. Vivanco market during the year 2024 and to propose mitigation strategies. A quantitative, descriptive, and non-experimental research methodology was applied, following the ISO 14064 standard and IPCC guidelines, considering Scopes 1, 2, and 3, with a population of 534 vendors and a sample of 80. The result showed a total carbon footprint of 613.21 tCO₂eq. The main emission sources were solid waste (375.07 tCO₂eq, 61.2%), transportation (118.98 tCO₂eq, 19.5%), LPG consumption (90.58 tCO₂eq, 14.8%), refrigerants (27.25 tCO₂eq, 4.4%), and electricity (1.32 tCO₂eq, 0.22%). It was concluded that the market presents a high carbon footprint mainly concentrated in solid waste and transportation. The proposed mitigation measures could significantly reduce emissions and be replicated in similar markets.

Keywords: Carbon footprint, greenhouse gases, mitigation, market, Ayacucho.

I. Introducción

El cambio climático representa uno de los desafíos más significativos para la humanidad en el siglo XXI, con implicancias no solo ambientales, sino también sociales y económicas. Este fenómeno es impulsado principalmente por el aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, resultado de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, los cambios en el uso del suelo, los procesos industriales y una gestión inadecuada de los residuos (IPCC, 2023). Desde la era preindustrial, la temperatura global ha aumentado aproximadamente 1,1 °C, y de no mediar acciones concretas y ambiciosas, se proyecta que este incremento superará el umbral crítico de 1,5 °C, desencadenando impactos más severos e irreversibles en los ecosistemas y las comunidades humanas, especialmente en las poblaciones más vulnerables.

En el Perú, al igual que en muchos países en desarrollo, el sector comercio y abastecimiento local juega un papel crucial en la economía. Los mercados de abastos, como espacios de concentración de actividades comerciales, de preparación de alimentos y de gran afluencia de personas, constituyen focos significativos de consumo de recursos y generación de emisiones de GEI. El consumo de electricidad, la utilización de combustibles fósiles como el Gas Licuado de Petróleo (GLP) en cocinas, el uso de gases refrigerantes en equipos de conservación y la generación de residuos sólidos son actividades inherentes a su funcionamiento que contribuyen de manera sustancial a su huella de carbono.

El Mercado Andrés F. Vivanco, ubicado en la ciudad de Ayacucho, es un claro ejemplo de esta realidad. Fundado en 1906, este centro de abasto tradicional alberga a más de 500 comerciantes y es un pilar de la economía y el abastecimiento local. Sin embargo, su operación conlleva un impacto ambiental asociado a las fuentes de emisión antes

mencionadas. Hasta la fecha, no se contaba con un estudio cuantitativo que dimensionara este impacto en términos de huella de carbono, lo que limitaba la formulación de políticas y acciones de mitigación específicas y basadas en evidencia.

Por lo tanto, esta investigación se plantea con el objetivo general de estimar la huella de carbono generada por el Mercado Andrés F. Vivanco durante el año 2024 y proponer estrategias de mitigación viables para reducir sus emisiones. Para ello, se aplica una metodología cuantitativa basada en los estándares internacionales de la norma ISO 14064 y las directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), considerando los tres alcances de emisiones. Los resultados de este trabajo no solo buscan contribuir a la transición del mercado hacia una operación más sostenible, sino que también pretenden servir como un modelo metodológico y de gestión replicable en otros centros de abasto de la región, subrayando la urgencia de que las autoridades locales y los actores económicos asuman un rol protagónico en la acción frente al cambio climático.

II. Metodología

El procedimiento de esta investigación se desarrolló en las siguientes etapas: Primero, revisión de literatura científica y normativa internacional y nacional relacionada con la estimación de huella de carbono; segundo, la delimitación del sistema de estudio, estableciendo límites organizacionales y operacionales; la recolección de datos primarios mediante encuestas y entrevistas, y secundarios a partir de registros administrativos y facturación; y por último la cuantificación de las emisiones de GEI aplicando factores de emisión del IPCC (2006; 2019) y del Ministerio del Ambiente; el análisis e interpretación de resultados, identificando las principales fuentes de emisión; y formulación de propuestas viables para el contexto del mercado Andrés F. Vivanco.

A. Diseño del estudio

Al igual que ocurre en numerosos mercados tradicionales del país, este establecimiento enfrenta múltiples deficiencias. Entre ellas destacan la falta de servicios sanitarios en condiciones adecuadas, la ausencia de un programa regular de fumigación, escasa preparación ante desastres, deficiencias estructurales y el incumplimiento de la distribución de los espacios asignados. Además, el crecimiento del mercado no ha ido al ritmo de la demanda actual, lo que agrava los problemas existentes. Estas falencias contribuyen a la generación de impactos negativos como el deterioro ambiental y el incremento de la inseguridad.

La investigación se enmarcó en un nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. El objetivo fue caracterizar las fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y cuantificar la huella de carbono del mercado Andrés F. Vivanco para el año 2024 (Vargas & Málaga, 2025). El procedimiento metodológico se desarrolló en las siguientes etapas secuenciales.

- Revisión de literatura científica y normativa nacional e internacional sobre huella de carbono.
- Delimitación del sistema de estudio, estableciendo los límites organizacionales y operacionales.
- Recolección de datos primarios mediante encuestas y entrevistas, y de datos secundarios a partir de registros administrativos y facturación.
- Cuantificación de las emisiones de GEI aplicando factores de emisión del IPCC (2006; 2019) y del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM).
- Análisis e interpretación de resultados para identificar las principales fuentes de emisión.
- Formulación de propuestas de mitigación viables para el contexto del mercado.

B. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el mercado Andrés F. Vivanco, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Ayacucho, Perú. Fundado en 1906, este centro de abastos ocupa un área aproximada de 4,000 m² y alberga a 534 comerciantes distribuidos en más de 17 rubros comerciales, constituyendo un punto focal de la economía local (García, 2022). La región de Ayacucho se caracteriza por un relieve irregular y una diversidad climática influenciada por la cordillera de los Andes, con actividades económicas predominantes centradas en la agricultura, ganadería, construcción y comercio (Huacho & Rosales, 2019).

C. Población y muestra

La población del estudio estuvo constituida por la totalidad de los 534 comerciantes registrados en el mercado para el año 2024. El tamaño de la muestra se determinó mediante un muestreo probabilístico, aplicando la fórmula para poblaciones finitas (Rabolini, 2009) con un nivel de confianza del 95% ($Z=1.96$), una desviación estándar de 0.25 y un error permisible de 0.056. El cálculo resultó en un tamaño de muestra de 67 comerciantes, al que se añadió un 20% de contingencia (13 comerciantes), totalizando 80 encuestados.

D. Cálculo de la huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono se realizó de acuerdo con los principios establecidos en la Norma ISO 14064-1:2018 y las directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), considerando los tres alcances de emisiones (MINAM, s.f.)

- Alcance 1 (Emisiones directas): Combustión estacionaria de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y fugas de gases refrigerantes (HFC_s).
- Alcance 2 (Emisiones indirectas por energía): Consumo de energía eléctrica importada de la red.

- Alcance 3 (Otras emisiones indirectas): Transporte de personas y mercaderías, y disposición final de residuos sólidos.

E. Emisiones por combustión estacionaria (Alcance 1)

Las emisiones por el consumo de GLP en los puestos de comida se calcularon utilizando la Ecuación 1, basada en el IPCC (2006). El consumo diario promedio se determinó en 82.93 kg/día a través de encuestas

Ecuación 1:

$$EDC = \frac{CC \times PCN}{10^3} \times (FE_{CO_2} + (FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4}) + (FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O})) \dots (1)$$

Donde:

- EDC: Emisiones por combustión estacionaria ($t CO_{2e}$)
- CC: Combustible consumido (kg)
- PCN: Poder calorífico neto del GLP (0.0000473 TJ/kg)

F. Emisiones por uso de refrigerantes (Alcance 1)

Las emisiones de Hidrofluorocarbonos (HFC_s) de los 96 equipos de refrigeración se estimaron usando la Ecuación 2, con parámetros por defecto del IPCC (2019) para aplicaciones comerciales: carga inicial (M)=3.1 kg, vida útil (d)=12.5 años, factor de emisión anual (x)=8%, eficiencia de recuperación (n)=35% y carga residual (p)=40%

Ecuación 2

$$E_{tn(HFC)} = \frac{N}{1000} ((M \times d \times X) + (carga\ final \times n \times p)) \dots (2)$$

Donde:

- E tn(HFC): Emisiones de HFC (t HFC)
- N: Número de equipos
- PCG HFC-134a: Potencial de Calentamiento Global del HFC-134a (1470) (Valle, 2014).

G. Emisiones por consumo de electricidad (Alcance 2)

Las emisiones se calcularon a partir del consumo anual de 7,823 kWh (Tabla 9), utilizando factores de emisión del Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM, 2019) y la Ecuación 3.

Ecuación 3

E GEI(tonCO_{2eq})

$$= \text{Emisiones CO}_2 \times \text{PCG}_{\text{CO}_2} + \text{Emisiones CH}_4 \times \text{PCG}_{\text{CH}_4} + \text{Emisiones N}_2\text{O} \times \text{PCG}_{\text{N}_2\text{O}} \dots \dots \dots (3)$$

Donde los factores de emisión fueron:

CO₂: 0.168088403 ton/MWh,

CH₄: 0.000005552 ton/MWh,

N₂O: 0.00000066 ton/MWh.

TABLA I. Energía eléctrica utilizada en el mercado andrés f. vivanco, año 2024

Mes	Consumo (kWh)
ENERO	663
FEBRERO	661
MARZO	583
ABRIL	614
MAYO	479
JUNIO	556
JULIO	546
AGOSTO	659
SETIEMBRE	551
OCTUBRE	604
NOVIEMBRE	682
DICIEMBRE	1225
TOTAL	7823

H. Emisiones por transporte (Alcance 3)

Las emisiones del desplazamiento de los comerciantes se calcularon con la Ecuación 4 (WBCSD/WRI, 2011), utilizando distancias obtenidas mediante encuestas y Google Maps, y factores de emisión por tipo de vehículo de DEFRA (2016).

Ecuación 4:

$$EI\ GEI(tCO_{2eq}) = \sum \frac{DR_i \times FE_{CO_2}}{n} + \left(\frac{DR_i \times FE_{CH_4}}{n} \right) \times PCG_{CH_4} + \left(\frac{DR_i \times FE_{N_2O}}{n} \right) \times PCG_{N_2O} \dots(4)$$

I. Emisiones por residuos sólidos (Alcance 3)

Las emisiones de metano (CH₄) por la descomposición de residuos en el relleno sanitario se calcularon con la metodología del IPCC (2019) - Ecuación 5. Se utilizaron datos de generación y composición de residuos de un estudio previo de caracterización (Vargas, 2023), que reportó 763.04 kg/día, con un 85.5% de residuos alimentarios.

Ecuación 5:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \text{MSWT} * \text{MSWF} * \text{MCF} * \text{DOC} * \text{DOCF} * \text{F} * (1 - \text{R}) * (1 - \text{OX}) * (16/12)$$

$$\text{Emisiones de CO}_{2eq} = \text{Emisiones de CH}_4 * \text{PCG CH}_4$$

Donde:

- MSWT: Masa total de residuos sólidos.
- MCF: Factor de corrección de manejo (0.8 para relleno sanitario).
- DOC: Carbono orgánico degradable (variable por tipo de residuo, IPCC 2006).
- DOCF: Fracción de DOC que se degrada (variable por tipo de residuo).
- F: Fracción de metano en el biogás (0.5).
- OX: Factor de oxidación (0).
- PCG_CH4: Potencial de Calentamiento Global del CH₄ (25, IPCC 2014).

III. Resultados y Discusiones

A. Caracterización del Mercado Andrés F. Vivanco

El mercado cuenta con 534 comerciantes distribuidos en más de 17 rubros comerciales. Las actividades con mayor representatividad son la venta de carne roja (18.3%), abarrotes (11.5%), y artesanía (10.1%), lo que refleja la diversidad económica y el rol de abastecimiento esencial del establecimiento (Tabla 1).

TABLA II Número de comerciantes por actividad

Actividad	Cantidad	Porcentaje (%)
Especiería	7	1,4
Carne roja	97	18,3
Ropa	33	6,1
Artesanía	58	10,1
Remedio	14	2,5
Jugos	30	5,7
Pasamanería	10	1,6
Abarrotes	60	11,5
Carne de Pollo	26	4,8
Plastiquería	21	3,1
Verduras	37	7,0
Frutas	15	2,7
Pan	35	6,3
Multiservicios	12	2,5
Queso	9	1,4
Comida	29	5,5
Calzados	19	3,6
Lana	7	1,2
Refresco	10	1,6
Molido	5	1,2
TOTAL	534	100

B. Huella de Carbono Total

La huella de carbono total del mercado para el año 2024 fue de 613.21 t CO₂eq. La distribución por fuentes principales se detalla a continuación (Tabla 2), siendo la gestión de residuos sólidos la fuente de emisiones más significativa.

TABLA III Emisiones de gei por combustión estacionaria anual- año 2024

Clase de gas	Emisión (kg)	Emisión (kg de CO ₂ e)	Porcentaje
CO ₂	90341,44	90341,55	99,74%
CH ₄	7,16	200,44	0,22%
N ₂ O	0,14	37,34	0,04%
Total	90348,85	90579,93	100%

c. Análisis Desagregado por Fuentes de Emisión

1. Emisiones por Combustión Estacionaria (Alcance 1)

La combustión de GLP en puestos de comida generó 90.58 t CO₂eq, dominada por el CO₂ (90.34 t, 99.74%). El mayor consumo diario de GLP (82.93 kg) en comparación con el mercado de Huancayo (72.22 kg; Quispe, 2023) explica la diferencia de 11.73 t CO₂eq entre ambos estudios.

2. Emisiones por Refrigerantes (Alcance 1)

Las fugas de HFC-134a de los 96 equipos de refrigeración resultaron en 27.25 t CO₂eq en 2024. La tendencia decreciente en las emisiones anuales (de 23.81 kg HFC en 2021 a 18.54 kg en 2024) se debe a la reducción progresiva de la carga de gas en los equipos.

3. Emisiones por Consumo Eléctrico (Alcance 2)

El consumo de 7,823 kWh generó 1.32 t CO₂eq, una cifra significativamente menor a la reportada por Quispe (2023) para el mercado de Huancayo (53.08 t CO₂eq), lo que se atribuye a una menor densidad de equipos eléctricos y al origen hidroeléctrico de la energía

4. Emisiones por Transporte (Alcance 3)

El transporte de los comerciantes contribuyó con 118.98 t CO₂eq. Los taxis fueron el mayor emisor individual (87.56 t CO₂eq, 73%), seguido por las cousters (15.17 t CO₂eq, 13%). Solo el 20.6% de los comerciantes se desplaza a pie.

5. Emisiones por Residuos Sólidos (Alcance 3)

La descomposición de residuos en el relleno sanitario generó 375.07 t CO₂eq, principalmente como metano (15.01 t CH₄). Los residuos de alimentos fueron la fuente dominante (341.15 t CO₂eq, 91%). La ausencia de un programa de reciclaje explica la mayor huella comparada con el mercado de Huancayo (270.1 t CO₂eq; Quispe, 2023)

D. Propuestas de Mitigación

Se priorizaron tres estrategias de mitigación basadas en el impacto de las emisiones:

1. Gestión Integral de Residuos Sólidos (61.2% de las emisiones): Implementar segregación en la fuente con contenedores diferenciados (inversión: S/ 3,200) y valorización de residuos orgánicos mediante compostaje.
2. Movilidad Sostenible (19.4% de las emisiones): Fomentar el uso de bicicletas y la caminata entre comerciantes que residen a menos de 3 km, con una meta de reducción del 60% en viajes motorizados.

3. Eficiencia Energética (0.2% de las emisiones): Sustituir luminarias fluorescentes por tecnología LED (inversión: S/ 1,704) y realizar campañas de sensibilización para el ahorro de energía.

IV. Conclusiones

De acuerdo con la norma ISO 14064, se identificaron cinco fuentes principales de emisiones de GEI en el Mercado Andrés F. Vivanco: combustión estacionaria de GLP, uso de refrigerantes, consumo de electricidad, transporte de personas y mercaderías, y disposición de residuos sólidos. La huella de carbono total para el año 2024 se estimó en 613,206.43 kg CO₂eq, distribuida en 14.77% por GLP, 4.44% por refrigerantes, 0.23% por electricidad, 19.4% por transporte y 61.16% por residuos sólidos. Como estrategias de mitigación, se propusieron programas estructurados que incluyen la sustitución de luminarias por LED, la mejora en la gestión y segregación de residuos, y la reducción en la generación de desechos, definiendo para cada iniciativa su alcance, responsables, indicadores, metas, presupuesto y cronograma de implementación.

Referencias Bibliográficas

- Almaza, R. (2024). *Reflexiones sobre energía solar*. <https://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gaceta-Septiembre-Octubre-2019/Paginas/reflexiones-sobre-energia-solar.aspx>
- Antury Torres, L. A., & Lara Castellanos, L. M. (2016). *Propuesta para la reducción de la huella de carbono en las instalaciones de la dirección regional del Magdalena centro*.
- Aristizábal-Alzate, C. E., & González-Manosalva, J. L. (2021). Aplicación de la norma NTC-ISO 14064 para calcular las emisiones de gases efecto invernadero y la huella de carbono en el campus Robledo del ITM. *DYNA*, 88(218), 88–94. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n218.91642>
- Atance, L. A., Marín, I. C., Uranga, O. R., & Luengo, E. R. (2012). *Criterios de selección de un estándar para la medida de la huella de carbono. Maestría en Ingeniería y Gestión Medioambiental*. Escuela de Organización Industrial.
- Ayala Junco, J. N., & Cordero Cuadros, Z. (2020). *Estimación de la huella de carbono de la Municipalidad Distrital de Tambo–Provincia La Mar–Región de Ayacucho – 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo].
- Dawidowski, L., Sánchez, O., & Alarcón, N. (2014). *Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana. Informe final*. SENAMHI/SAEMC.
- DEFRA. (2016). *Guidelines to DEFRA's GHG Conversion Factors: Methodology Paper for Transport Emissions Factors*. DEFRA.
- Electrocentro. (s.f.). *Electrocentro – Distribuidora eléctrica del centro del Perú*. <https://distriluz.com.pe/electrocentro>

- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2018). *Huella de carbono: Cambio climático, gestión sustentable y eficiencia energética*. Editorial Universidad de La Serena.
- Gàndara, A. S. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. Instituto Nacional de Ecología.
- Gamarra, K., & Huamán, F. (2018). Estimación de la huella de carbono en una empresa agroexportadora en Ica, Perú. *Revista Científica Agroindustrial*, 5(3), 45–52.
<https://doi.org/10.17268/agroind.scientific.2018.03.05>
- García, J., & Orsos, D. E. (2016). *Instituto Nacional de Estadística e Informática. Poder Judicial* (Vol. 1977663, p. 2).
- García Flores, C. (2022). *Mercado Andrés F. Vivanco: Re-habitar la plaza y re-habilitar el mercado monumental* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Gómez, J., & Salazar, L. (2019). Análisis de la huella de carbono en el transporte urbano de Lima Metropolitana. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 17(2), 33–41.
- Huacho Aranda, D. M., & Rosales Romero, A. M. (2019). *Factores determinantes de la brecha salarial por género en la Región Junín, 2004-2017*.
- Ihobe, S. A. (2013). *Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Ihobe.
- IPCC. (2006). *2006 guidelines for national greenhouse gas inventories*.
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl>
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático*.

- IPCC. (2019). *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- ISO. (2018). *INTE-ISO 14064-1:2006 Gases de efecto invernadero — Parte 1*.
- Liu, Z., Filho, W. L., Salvia, A. L., & Rocha, V. (2024). Waste quantification and carbon footprint of street market food waste fractions: A case study from Brazilian markets. *Heliyon*, 10(1), e23650. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23650>
- Mera, C. (2020). *Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono de la producción de óxido de calcio en la empresa P'huy Yuraq II, 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Decreto Supremo N° 014-2019-EM, Reglamento de Protección Ambiental en Actividades Eléctricas*.
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Guía de ecoeficiencia para empresas*.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero del Perú – Serie 2000-2012*. <https://cambioclimatico.minam.gob.pe>
- Nicholson, S. R., Feijoo, F., Batteiger, V., Carpenter, A., & Vimmerstedt, L. (2023). *Manufacturing energy and greenhouse gas emissions associated with United States consumption of organic petrochemicals* (NREL/TP-6A20-87115). National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/87115.pdf>

- Paredes, A. (2021). *Cálculo de la huella de carbono en el campus de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco* [Tesis de licenciatura, UNSAAC].
- Paredes, L., & Xiomara, G. (2020). *Estimación de la huella de carbono y alternativas para su reducción en el Ministerio de Energía y Minas, Lima, 2018-2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo].
- Quispe Artezano, L. E. (2023). *Implementación de un sistema de gestión integral en el mercado modelo de Huancayo mediante el cálculo de su huella de carbono organizacional* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Rabolini, N. M. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 15.
- Saavedra-Farfán, E. (2020). Huella de carbono-emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. *Tecnia*, 30(1), 121–138.
- Saavedra, E. (2020). Huella de carbono–emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. *Tecnia*, 30(1). <https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.827>
- Samaniego, J., et al. (2017). *La gestión y manejo de residuos sólidos y sus propuestas regulatorias e impositivas*. Naciones Unidas.
- Sapkota, T. B., Dittmer, K. M., Ortiz-Monasterio, I., Wollenberg, E., Richards, M., & Rose, S. K. (2022). Quantification of economically feasible mitigation potential from agriculture, forestry and other land uses in Mexico. *Carbon Management*, 13(1), 594–607. <https://doi.org/10.1080/17583004.2022.2107430>

- SEMARNAT. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas*.
- Torres, O., & Junior, R. (2022). *Optimizaciones en la gestión de emisiones de GEI en una empresa de transmisión de energía eléctrica*.
- Torres Huaripaucar, N. (2016). *Evolución de la temperatura de suelos de la región de Ayacucho utilizando productos MODIS, periodo 2002-2013* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Torres, L. A. A., & Lara Castellanos, L. M. (2016). *Propuesta para la reducción de la huella de carbono en las instalaciones de la Dirección Regional del Magdalena Centro* [Tesis].
- Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Kiehl, J. (2009). Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(3), 311–324.
- Valle, M. G. (2014). *Aplicación de factores de emisión para el cálculo de la huella de carbono al campus de la Universidad de Cantabria*.
- Vargas Huamán, J. (2023). *Diagnóstico y propuesta de un plan de manejo de residuos sólidos en el mercado Andrés F. Vivanco* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental].
- Vásquez, A., Tamayo, J., & Salvador, J. (Eds.). (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*. Osinergmin.
- WBCSD–WRI. (2004). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*.
- WBCSD–WRI. (2011). *Technical Guidance for Calculating Scope 3-Emissions Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard*.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°0002-2026-UNSCH-EPG/KBA

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado – UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral N°002-2026-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

AUTOR	Bach. JIMMY VARGAS HUAMAN
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS	MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO	MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL
TÍTULO DE TESIS	Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono del mercado Andrés F. Vivanco, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga – 2024
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	16% de similitud
N° DE TRABAJO	2888277694
FECHA	03 de marzo de 2026

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

03 de marzo de 2026.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA DE POSGRADO
Mg. Iván BERCOCAL ARGUMEDO
Sr. Director de Investigación

Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono del mercado Andrés F. Vivanco, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - 2024

por Jimmy VARGAS HUAMAN

Fecha de entrega: 03-mar-2026 11:34p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2888277694

Nombre del archivo: Jimmy_VARGAS_HUAMAN2.docx (2.2M)

Total de palabras: 29046

Total de caracteres: 164022

Estimación y propuesta de mitigación de la huella de carbono del mercado Andrés F. Vivanco, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga - 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	mici.gob.pa Fuente de Internet	1%
3	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	peru.controlunion.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
9	documentop.com Fuente de Internet	<1%
10	rep.uabcs.mx Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.ulead.edu.ec Fuente de Internet	<1%

12	rehip.unr.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
13	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	guzlop-editoras.com Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
17	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
19	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
25	almacenamientopan.blob.core.windows.net Fuente de Internet	<1 %

26	<p>Condori Onofre, Marco Enrique. "Administración y tratamiento de los residuos sólidos urbanos en tiempos de COVID - 19, en la región Puno, periodos 2019 - 2020", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación</p>	<1 %
27	<p>busquedas.elperuano.pe Fuente de Internet</p>	<1 %
28	<p>dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet</p>	<1 %
29	<p>repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet</p>	<1 %
30	<p>www.researchgate.net Fuente de Internet</p>	<1 %
31	<p>Submitted to Universidad de Guayaquil Trabajo del estudiante</p>	<1 %
32	<p>"Cambio climático - Manual práctico para la pesca artesanal y la acuicultura a pequeña escala en Chile - Edición revisada", Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021 Publicación</p>	<1 %
33	<p>enviroval.files.wordpress.com Fuente de Internet</p>	<1 %
34	<p>repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet</p>	<1 %
35	<p>Submitted to uncedu Trabajo del estudiante</p>	<1 %
36	<p>www.ipcc.ch Fuente de Internet</p>	<1 %
37	<p>www.conama.es Fuente de Internet</p>	<1 %

<1 %

38

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

<1 %

39

CONSULTORIA E INGENIERIA INTEGRAL MEC EIRL. "DAA de la Planta Fundición de Metales Ferrosos para la Obtención de Piezas Metálicas-IGA0009638", R.D. N° 215-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

40

Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR)

Trabajo del estudiante

<1 %

41

eprints.uanl.mx

Fuente de Internet

<1 %

42

Submitted to Universidad Europea de Madrid

Trabajo del estudiante

<1 %

43

CONTRATISTAS Y SERVICIOS MULTIPLES GUNG - HO SOLUTION EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA. "DIA del Proyecto Planta de Procesamiento de Cereales Andinos-IGA0018363", R.D. N° 00120-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

<1 %

44

Tiña Tacca, Domingo. "Diseño e implementación de un plan de manejo ambiental en obras de saneamiento rural para empresa INGECOP Eirl. y núcleos ejecutores en la Región Puno", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)

Publicación

<1 %

45

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

46 fdocumenti.com
Fuente de Internet

<1 %

47 repositorio.uptc.edu.co
Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía Activo



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°001054-2025-UNSCH-EPG/D.**

Siendo las 04:00 p.m. del 04 de diciembre de 2025 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis, presidido por el **Dr. RAUL JOSE PALOMINO MARCATOMA** Director (e) de la Escuela de Posgrado, el **Mg. ABEL NILO JUSCAMAYTA TOMASEVICH** Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, e integrado por los siguientes miembros: **Dr. LEON FERNANDO PEREZ CHAUCA** y el **Mtra. GLORIA INES BARBOZA PALOMINO**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **ESTIMACIÓN Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL MERCADO ANDRÉS F. VIVANCO, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA – 2024**, presentado por el **Bach. JIMMY VARGAS HUAMAN**. Teniendo como asesor al **MSC. JORGE ADALBERTO MALAGA JUAREZ**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: DIECISEIS (16.0).

CALIFICACION (x)

Aprobado(a) por Unanimidad.	<input checked="" type="checkbox"/>
Aprobado(a) por Mayoría.	<input type="checkbox"/>
Desaprobado(a) por Unanimidad.	<input type="checkbox"/>
Desaprobado(a) por Mayoría.	<input type="checkbox"/>

(x) Marcar con aspa.

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue al **Bach. JIMMY VARGAS HUAMAN**, el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL**. Siendo las 6:05 PM hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las 6:05 PM hrs. del 04 de diciembre de 2025.

.....
Dr. RAUL JOSE PALOMINO MARCATOMA
Director(e) de la Escuela de Posgrado.

.....
Mg. ABEL NILO JUSCAMAYTA TOMASEVICH
Director de la UPG-FIQM

.....
Dr. LEON FERNANDO PEREZ CHAUCA
Miembro.

.....
Mtra. GLORIA INES BARBOZA PALOMINO
Miembro.

.....
Dr. JOSE ALARCON GUERRERO
Secretario Docente.

Observaciones:

.....
.....
.....