

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO
DE UNA CENTRAL TÉRMICA PARA LOS AÑOS 2019-2020”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

INGENIERA METEORÓLOGA

MARÍA FÉ ALVAREZ SARACCO

Lima – Perú

2023

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

Document Information

Analyzed document	borrador final TSP María Fé Alvarez Saracco220806.docx (D142707591)
Submitted	8/7/2022 3:05:00 AM
Submitted by	alexis ibañez
Submitter email	alexisibanez@lamolina.edu.pe
Similarity	18%
Analysis address	alexisibanez.unalm@analysis.urkund.com

09769065

Sources included in the report

SA	TESIS FINAL Sr. Milton Merino Huella de Carbono.docx Document TESIS FINAL Sr. Milton Merino Huella de Carbono.docx (D27826360)		3
SA	PLAN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN-ESTIMACIÓN DE HUELLA DE CARBONO.pdf Document PLAN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN-ESTIMACIÓN DE HUELLA DE CARBONO.pdf (D120424515)		2
SA	EFinal_TESIS2_Thalia Bendezu1.1.docx Document EFinal_TESIS2_Thalia Bendezu1.1.docx (D110325169)		2
SA	UNU_FORESTAL_2019_T_OMARUSHIÑAHUA_V1.pdf Document UNU_FORESTAL_2019_T_OMARUSHIÑAHUA_V1.pdf (D47868563)		3
W	URL: http://www.seal.com.pe/Documentos/ACCIONISTAS/MEMORIA%20ANUAL%20SEAL%202020.pdf Fetched: 8/10/2021 11:21:04 PM		2
SA	URKUND ESTUDIO DE CASO BLGO. NESTOR NIETO GALVEZ.docx Document URKUND ESTUDIO DE CASO BLGO. NESTOR NIETO GALVEZ.docx (D23112407)		1
W	URL: http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-moviles Fetched: 8/7/2022 3:06:00 AM		1
W	URL: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/IPCC . Fetched: 8/7/2022 3:06:00 AM		1
SA	TESIS FINAL TENORIO JULCA RAQUEL KARINA.docx Document TESIS FINAL TENORIO JULCA RAQUEL KARINA.docx (D141971437)		2
SA	Rodriguez_Chirinos_Alejandro_Cesar_Titulo_Profesional_2017.pdf Document Rodriguez_Chirinos_Alejandro_Cesar_Titulo_Profesional_2017.pdf (D30204884)		3
SA	PLAN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN-ESTIMACIÓN DE HUELLA DE CARBONO.pdf Document PLAN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN-ESTIMACIÓN DE HUELLA DE CARBONO.pdf (D120414502)		4

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO
DE UNA CENTRAL TÉRMICA PARA LOS AÑOS 2019-2020”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

INGENIERA METEORÓLOGA

Presentada por:

MARÍA FÉ ALVAREZ SARACCO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Ernesto Ever Menacho Casimiro
PRESIDENTE

Ing. Héctor Ladislao Huisacaina Soto
MIEMBRO

Mg. Sc. Julio Alfonso Arakaki Kiyán
MIEMBRO

Dr. Alexis Nicolás Ibáñez Blancas
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

A mis papás, por apoyarme y quererme incondicionalmente.

A Karin y Henry, mi familia elegida.

A mis amigos, por creer en mí en todo momento.

A mis primeras jefas, por confiar en mí una y otra vez.

Y a mi manada felina, por acompañarme todos los días (y noches) de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Presentación.....	1
1.2 Problemática	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1 Marco Teórico	4
2.1.1 Cambio climático.....	4
2.1.2 Departamento del Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Gobierno del Reino Unido (DEFRA).....	4
2.1.3 Gases de Efecto Invernadero	4
2.1.4 Fuente de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI)	4
2.1.5 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).....	5
2.1.6 Huella de carbono	5
2.1.7 Dióxido de carbono equivalente	5
2.1.8 Potencial de calentamiento global (PCG)	5
2.1.9 Informe Stern.....	6
2.1.10 Determinación de la Huella de Carbono.....	6
2.1.11 Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI	6
2.1.12 Cuantificación de las emisiones	7
2.1.13 Análisis de incertidumbre de la información	8
2.1.14 Huella de Carbono Perú.....	9

III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	10
	3.1 Límites temporales	10
	3.2 Límites geográficos	10
	3.3 Proceso para la medición de huella de carbono	11
	3.3.1 Reunión inicial de coordinación	11
	3.3.2 Recopilación de información	11
	3.3.3 Procesamiento de la información recibida	12
	3.3.4 Cálculo de la Huella de Carbono	17
	3.3.5 Análisis de incertidumbre	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
	4.1 Presentación de la información	23
	4.1.1 Resultados 2019	23
	4.1.2 Resultados 2020	28
	4.2 Análisis de la incertidumbre	34
V.	CONCLUSIONES	36
VI.	RECOMENDACIONES	38
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
VIII.	ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pérdidas a Nivel de Distribución por Zona.....	13
Tabla 2: Resumen de los resultados de la encuesta transporte casa-trabajo 2019.....	14
Tabla 3: Resumen de los resultados de la encuesta transporte casa-trabajo 2020.....	15
Tabla 4: Cantidad de impresoras por sede	15
Tabla 5: Consumo de papel en la organización, 2019	16
Tabla 6. Estimación de consumo de papel por sede	16
Tabla 7: Criterios de evaluación de incertidumbre	22
Tabla 8: Inventario 2019 de GEI	24
Tabla 9. Inventario 2019 de GEI por tipo de emisión.....	27
Tabla 10. Otras emisiones de GEI 2019.....	28
Tabla 11: Inventario 2020 de GEI	29
Tabla 12: Inventario 2020 de GEI por tipo de emisión.....	33
Tabla 13: Otras emisiones de GEI de 2020.....	34
Tabla 14: Evaluación de incertidumbre	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ubicación	10
Figura 2. Distribución del inventario 2019 de GEI por categorías	23
Figura 3. Distribución del inventario 2019 de GEI por fuente de emisión	25
Figura 4. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 1 – 2019.....	26
Figura 5. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 4 – 2019.....	26
Figura 6. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 6 – 2019.....	27
Figura 7. Distribución del inventario 2020 de GEI por categorías.....	30
Figura 8. Distribución del inventario 2020 de GEI por fuente de emisión	31
Figura 9. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 1 – 2020.....	31
Figura 10. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 4 – 2020.....	32
Figura 11. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 6 – 2020.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fichas de Nivel de Actividad Central Térmica 2019 – 2020	43
Anexo 2: Encuesta Transporte Casa – Trabajo	50
Anexo 3: Fuentes de Factores de Emisión	60

RESUMEN

El presente trabajo describe la medición de la Huella de Carbono de una central térmica ubicada en Camaná, para los años 2019-2020. Para ello se utiliza la NTP-ISO 14064-I 2020 como base para la categorización de emisiones directas e indirectas de Gases de Efecto Invernadero. Según las fuentes de emisión identificadas y la información brindada, se optó por la metodología del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Gobierno del Reino Unido (DEFRA por sus siglas en inglés) para la estimación de las fuentes de emisión siguientes: vehículos propios, aire acondicionado, grupos electrógenos para emergencia y para generación de energía, energía eléctrica, pérdidas de energía por la distribución y transmisión de energía, consumo de agua, vertimiento de aguas residuales. Por otro lado, se utilizaron las Directrices del IPCC de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y la actualización del 2019 para estimar las emisiones de los residuos generados por la sede. Se lograron identificar las fuentes de emisión de la central térmica para ambos años, estimando las emisiones de cada categoría. La huella de carbono de la central térmica para el año 2019 es de 2052.76 tCO₂e, siendo la huella de carbono per cápita 157.9 tCO₂e/per. Para el año 2020 se tuvo una huella de carbono de 2231.71 tCO₂e, y una huella per cápita de 171.67 tCO₂e/per. Además, se hizo un análisis de la incertidumbre de la información brindada, dando recomendaciones para una futura medición.

Palabras clave: huella de carbono, emisiones de GEI, huella per cápita, central térmica

ABSTRACT

This paper describes the measurement of the Carbon Footprint of a thermal power station in Camana for the years 2019-2020. For this purpose, NTP-ISO 14064-I 2020 is used as a basis for the categorization of direct and indirect greenhouse gas emissions. According to the emission sources identified and the information provided, the UK Government's Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) methodology was chosen for estimating the following emission sources: own vehicles, air conditioning, generators for emergency and power generation, electric power, energy losses by distribution and transmission of energy, water consumption and sewage discharge. On the other hand, the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories and the 2019 Update were used to estimate emissions from waste generated by headquarters. It was possible to identify the sources of emission of the substation for both years, estimating the emissions of each category. The carbon footprint of the substation for the year 2019 is 2052.76 tCO₂e, being the carbon footprint per capita 157.9 tCO₂e/per. For the year 2020 it had a carbon footprint of 2231.71 tCO₂e, and a per capita footprint of 171.67 tCO₂e/per. In addition, an analysis was made of the uncertainty of the information provided, giving recommendations for future measurement.

Keywords: carbon footprint, GHG emissions, carbon footprint per capita, electric substation

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

Mangle Consultora S.A. es una consultora enfocada en la sostenibilidad que busca implementar la sostenibilidad en empresas tanto privadas como estatales. Para ello, ofrecen los siguientes servicios:

- Ecoeficiencia: asesorando en el uso eficiente de recursos para lograr una disminución de impactos ambientales y generar ahorros económicos. Esto mediante la creación de un plan de ecoeficiencia.
- Residuos sólidos: se diseñan sistemas integrales de gestión y manejo de residuos, realizando líneas base con una categorización de residuos incluyendo todos los procesos desde la generación hasta la disposición final de los mismos.
- Huella de carbono: se realiza la medición de la huella de carbono, registrando los resultados en la Plataforma Huella de Carbono Perú del MINAM y desarrollando propuestas de mitigación y compensación de emisiones. En este sentido también se realiza acompañamiento para la posterior verificación de la medición.
- Huella hídrica: se mide la huella hídrica y se asesora en la obtención del Certificado Azul. Para ello se desarrollan proyectos de valor compartido además de propuestas de reducción de huella hídrica.
- Reporte de sostenibilidad: para ello se busca alinear la organización con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible elaborando Reportes de Sostenibilidad según el Estándar GRI.
- Economía Circular: se realizan análisis de ciclo de vida para incorporar principios de economía circular en la organización.
- Capacitación y concientización: se realizan capacitaciones ambientales además de activaciones, programas de cultura y comunicación ambiental según el requerimiento de la organización.

Dentro de las funciones desempeñadas a lo largo del tiempo como Analista de Sostenibilidad, se ha enfocado mayormente en temas de ecoeficiencia y huella de carbono, brindando también apoyo en el área de marketing, desarrollando contenido ambiental.

Entre los trabajos realizados, se encontró la Medición de la Huella de Carbono de una central térmica ubicada en Camaná, para los años 2019-2020. El año 2020 se considera un año atípico por la pandemia de COVID-19, esto hace que las emisiones de ese año no sean representativas en comparación con otros años. Si bien la empresa no detuvo sus operaciones ya que pertenecen a un rubro de primera necesidad, indudablemente la situación del país afectó de una u otra manera. Ya sea por la inmovilización de la población, el teletrabajo para parte de los colaboradores, los toques de queda, son algunos de los motivos por los que los consumos de la empresa pudieron verse afectados por la pandemia.

La medición de la huella de carbono es una herramienta que se utiliza para contabilizar e inventariar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por una actividad productiva. Con esta información se puede diseñar y aplicar diversas medidas de ecoeficiencia en la organización en busca de una reducción de dichas emisiones. Al realizar un inventario de estas emisiones, se contabilizan las emisiones de todos los niveles de actividad de la organización para finalmente sumar las emisiones totales. Para esta información, dependiendo de las fuentes de emisión a tomar en cuenta, se solicita a la organización facturas, informes, fichas técnicas, recibos, órdenes de compra, entre otros; como evidencia de la información brindada.

La central térmica es una de las sedes, parte de una empresa que se enfoca en actividades de transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica y generación en sistemas aislados. La empresa distribuye electricidad en toda una región del sur del Perú, con energía del Sistema Interconectado Nacional, llegando a más de 440 000 usuarios en toda la concesión. Para este trabajo se analizarán únicamente las emisiones de una central térmica ubicada en Camaná, Arequipa.

1.2 Problemática

El cambio climático es uno de los más grandes problemas que está presentando la humanidad actualmente. Este es un fenómeno global atribuido directamente a la actividad humana y sus emisiones de gases de efecto invernadero GEI. Hoy en día ya se están viendo las

consecuencias, como fenómenos meteorológicos de mayor intensidad, temperaturas más extremas que están afectando a la población alrededor del mundo.

En 1992 se adoptó la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) en Río de Janeiro como una medida para afrontar el cambio climático y buscar comprometer a los países asistentes a reducir sus emisiones de GEI. En base a esto, Perú aprobó la Convención mediante la Resolución Legislativa N°26185, que entró en vigor el 21 de mayo de 1994. Esto indicaría que el Perú se comprometía a aplicar esfuerzos gubernamentales destinados a combatir el Cambio Climático.

En el año 2016, Perú ratificó el Acuerdo de París, junto con otros 190 países, donde se confirma el compromiso de los países en reducir las emisiones de GEI y reforzar sus capacidades con el fin de afrontar las consecuencias del Cambio Climático. Como resultado del Acuerdo de París, se acordaron metas de adaptación y mitigación llamadas Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC por las siglas en inglés). Estas buscan el compromiso de los países para limitar el incremento de la temperatura media del planeta por debajo de los 2°C hasta mediados de siglo.

La Huella de Carbono surge como una herramienta para medir e inventariar las emisiones de GEI producidas por una actividad. En base a esto, se pueden diseñar medidas de ecoeficiencia para reducir las emisiones. Como parte de mi experiencia en la consultora de sostenibilidad Mangle Perú S.A.C., se ha podido aprender sobre cómo realizar mediciones de huella de carbono en empresas públicas y privadas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Estimar la huella de carbono de una central térmica para los años 2019-2020.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar el nivel de incertidumbre de la información brindada por la organización para la obtención de la huella de carbono.
- Identificar los niveles de actividad de la sede.
- Identificar cuáles de las fuentes de emisión aportan un mayor porcentaje a la huella de carbono de la sede.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Cambio climático

Según el Artículo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el cambio climático se define como el “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.” (Naciones Unidas, 1992)

2.1.2 Departamento del Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Gobierno del Reino Unido (DEFRA)

El Departamento del Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Gobierno del Reino Unido (DEFRA por sus siglas en inglés) es el departamento del Reino Unido que anualmente, en conjunto con el departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido, elabora guías para realizar el cálculo y cuantificar las emisiones de GEI además de la metodología para determinar los factores de emisión para cada fuente de emisión. (DEFRA, 2019)

2.1.3 Gases de Efecto Invernadero

Los (GEI) son aquellos gases presentes en la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero. Estos son tanto de origen natural como resultado de la actividad humana (origen antropogénico). El efecto invernadero es el proceso por el cual la radiación térmica emitida por la atmósfera es absorbida por los gases presentes en la atmósfera e irradiada en todas las direcciones. (CEPSA, 2015)

2.1.4 Fuente de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Las fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) son procesos que liberan GEI a la atmósfera. (INACAL, 2020)

2.1.5 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

El IPCC fue establecido en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) Su objetivo es proveer regularmente estudios con base científica sobre el CC, mostrando sus impactos y riesgos a futuro además de opciones para adaptación y mitigación. Su función es presentar a los gobiernos de todos los niveles información científica que puede ser utilizada para políticas ambientales. El IPCC publicó las directrices para el inventario de GEI en 2006. En 2019 se realizaron algunas modificaciones que complementan y dejan sin efecto algunas secciones de las Directrices Anteriores. Es a través de estas Directrices que se brindan metodologías acordadas internacionalmente para que sean utilizadas por los países al estimar los inventarios de GEI. (IPCC, 2006)

2.1.6 Huella de carbono

En la NTP-ISO 14064-3 (INACAL, 2020) se define la huella de carbono de un producto como:

La suma de emisiones de GEI y las remociones de GEI en un sistema producto, expresadas como equivalentes de CO₂ y basadas en una evaluación del ciclo de vida que utiliza como única categoría la del cambio climático. (INACAL, 2020, p. 3).

2.1.7 Dióxido de carbono equivalente

La NTP-ISO 14064-1 (INACAL, 2020) define el dióxido de carbono equivalente (CO₂e) como:

La unidad para comparar el forzamiento radiativo de un GEI con el del dióxido de carbono. El equivalente de dióxido de carbono se calcula utilizando la masa de un GEI determinado, multiplicada por su potencial de calentamiento global. (INACAL, 2020, p. 5)

2.1.8 Potencial de calentamiento global (PCG)

La NTP-ISO 14064-1 (INACAL, 2020) define el Potencial de Calentamiento Global (PCG) como:

Índice basado en las propiedades de radiación de los GEI 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. (INACAL, 2020, p. 4)

2.1.9 Informe Stern

El Informe de Stern (2006) analiza la economía del Cambio Climático. Este estudio se realizó durante un año para mostrar los posibles impactos del cambio climático sobre el desarrollo de países de diferentes niveles de desarrollo. Busca estimular a la población a reducir sus emisiones en general, mencionando también los aspectos políticos de los programas de reducción y adaptación, además de los posibles obstáculos.

2.1.10 Determinación de la Huella de Carbono

La norma técnica ISO 14064 forma parte de la serie ISO 14000 de normas internacionales para la gestión ambiental. Esta norma precisa los principios y requisitos a nivel de una organización para la cuantificación y la notificación de emisiones y absorciones de GEI. Menciona también los requisitos para el diseño, desarrollo, gestión, informes y verificación del inventario de GEI de una organización. En el año 2020 se actualizó esta norma. Para el presente trabajo se utilizó la NTP-ISO 14064-I 2020 (INACAL, 2020) para obtener el cálculo de la huella de carbono, en el Anexo B – Categorización de las emisiones directas e indirectas de GEI de la NTP ISO 14064-I:2020, se realiza la categorización de las emisiones directas e indirectas de GEI.

Las categorías de emisiones establecidas en la NTP-ISO 14064-I-2020 (INACAL, 2020) son las siguientes:

2.1.11 **Categoría 1:** Emisiones y remociones directas de GEI

Estas son las fuentes de emisión con control operativo directo, es decir, las emisiones directas. Para este trabajo se considerarán:

- Vehículos propios ligeros
- Vehículos propios pesados
- Grupos electrógenos
- Aire acondicionado de oficinas
- Extintores
- Biodiesel para generar energía en la Central Térmica

- Pérdidas por transporte y distribución de la energía eléctrica

2.1.11.1 **Categoría 2:** Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada

Estas emisiones también son conocidas como “emisiones indirectas por electricidad” y están compuestas únicamente por el consumo eléctrico del Sistema Interconectado Nacional (SEIN).

2.1.11.2 **Categoría 3:** Emisiones indirectas de GEI causadas por transporte

Las fuentes de emisión consideradas son:

- Transporte de trabajadores
- Transporte aéreo de personal

2.1.11.3 **Categoría 4:** emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización

Las fuentes de emisión consideradas son:

- Papelería
- Consumo de agua

2.1.11.4 **Categoría 5:** Emisiones indirectas de GEI asociadas con el uso de los productos de la organización

Son las emisiones que provienen de productos que vende la organización. En la Central Térmica no se presentan emisiones de la Categoría 5.

2.1.11.5 **Categoría 6:** Emisiones indirectas de GEI provenientes de otras fuentes

Las fuentes de emisión consideradas son:

- Vertimiento de aguas residuales
- Generación de residuos sólidos

2.1.12 Cuantificación de las emisiones

2.1.12.1 Metodología de la IPCC

Se utilizaron las Directrices del IPCC de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006) además de la actualización del 2019 (IPCC, 2019) como

metodología para realizar los cálculos de la emisión de GEI de los residuos sólidos generados por la sede.

2.1.12.2 Metodología DEFRA

Se siguió la Guía de Reporte Ambiental (DEFRA, 2019) como metodología para realizar los cálculos de la emisión de GEI de las siguientes fuentes de emisión:

- Consumo de combustible de vehículos propios
- Consumo de combustible de taxis
- Consumo de combustible de buses y otros medios de transporte
- Transporte aéreo
- Consumo de papelería
- Consumo de agua
- Consumo de agua residual

2.1.13 Análisis de incertidumbre de la información

Según la Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos el análisis de incertidumbre es el examen detallado de los errores sistemáticos y aleatorios de una medición o estimación de GEI, un proceso de análisis para proporcionar información sobre la incertidumbre. (U.S. Department of Agriculture, 2010). Para ello, se utilizó la metodología de la IPCC donde se indica que la organización debe seleccionar y usar metodologías de cuantificación que minimicen razonablemente la incertidumbre y produzcan resultados exactos, coherentes y reproducibles. Esto para disminuir la cantidad de variables y tener resultados más certeros. (IPCC, 2006)

En términos generales, se conocen estos tres tipos de medición:

1. Medición directa de emisiones de GEI, mediante el monitoreo de concentración y flujo
2. Balance de masa o fundamento estequiométrico específico para una planta o proceso.
3. Aplicación de factores de emisión documentados.

Dado que los dos primeros métodos requieren equipos especializados y recursos económicos, el último tipo de medición es el más común. Esta es la metodología que se

aplicará para la medición de la huella de carbono de esta empresa. La incertidumbre será una combinación de la disponibilidad de datos, los factores de emisión, evidencia disponible y la representatividad de los GEI generados por la sede.

Tanto los factores de emisión como los datos de actividad son los componentes fundamentales en el cálculo de los GEI, por ello entre más confiables sean estos números, menor incertidumbre tendrán los resultados. Ya que la huella de carbono está compuesta por diferentes fuentes de emisión, dependiendo de la representatividad que tenga cada una de las fuentes, tendrá mayor influencia en el inventario de la organización.

2.1.14 Huella de Carbono Perú

La Huella de Carbono Perú (2018) es una herramienta del Ministerio del Ambiente (MINAM) que busca promover la medición de la huella de carbono en organizaciones públicas y privadas. Esta herramienta incluye:

- Una calculadora de emisiones gratuita para medir las emisiones de GEI
- Sistema de reconocimiento que consta de cuatro niveles, cada uno representado por una estrella.
 - i. Medición de emisiones
 - ii. Verificación de la medición
 - iii. Reportar la reducción de emisiones
 - iv. Compensación o neutralización de emisiones
- Registro de participantes
- Información para neutralizar las emisiones
- Lista de verificadores para comprobar las mediciones
- Estadísticas por rubro de organización

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

Considerando que se realizará la medición de la Huella de Carbono de la central térmica, el presente trabajo de medición estará basado de acuerdo con límites temporales y geográficos, según se indica a continuación:

3.1 Límites temporales

Para el desarrollo de este trabajo se utilizará información de la organización correspondiente a los años 2019 y 2020 para la estimación de las emisiones de la central térmica de Camaná.

3.2 Límites geográficos

La central térmica está ubicada en la ciudad de Camaná, en la región Arequipa, Perú. El tipo de sede es tanto administrativa y cuenta con una Central Térmica. En esta sede se cuentan con 13 trabajadores, con el número de trabajadores se calcula la huella de carbono per cápita en tCO₂e/per.

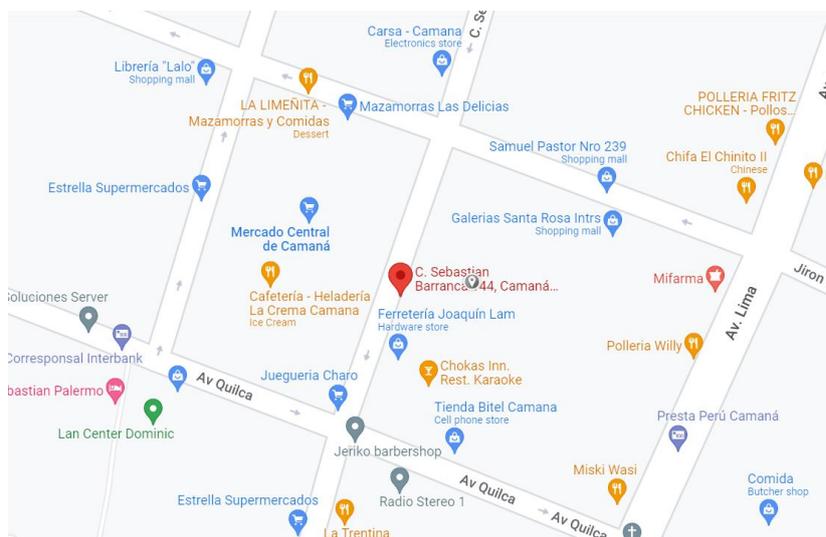


Figura 1. Mapa de la ubicación
FUENTE: Google Maps

Los límites de la medición se definen por los GEI, sedes y fuentes de emisión incluidas en el inventario. Los GEI que son parte del inventario son: CO₂, CH₄, N₂O y HFC.

3.3 Proceso para la medición de huella de carbono

3.3.1 Reunión inicial de coordinación

Para realizar la medición de la huella de carbono de una entidad, se empieza con una reunión inicial con representantes de la empresa para poder conocer más a fondo los servicios que brindan, las fuentes de emisión que tienen en la sede elegida, el tipo de información que manejan y designar un contacto directo entre la empresa y la consultora para facilitar el acceso a la información. En casos como el de la organización, si bien existen múltiples fuentes de emisión, obtener esta información resulta complicado ya que hay varios aspectos tercerizados, como el servicio de mensajería o proyectos de construcción; por lo que no se obtiene información de consumo de estas fuentes de emisión. Luego de esta reunión se realizan las fichas en las que se registrará el nivel de actividad de la empresa. La información requerida de cada fuente de emisión es mensual, para con ello obtener un promedio mensual de cada año. Las fichas de nivel de actividad finales están en el Anexo 1.

3.3.2 Recopilación de información

La lista de fuentes de emisión de la central térmica según la categoría de emisión de la NTP-ISO 14064-I 2020 (INACAL, 2020) es la siguiente:

Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI

- Combustible para vehículos propios
- Combustible para grupos electrógenos de emergencia
- Aire acondicionado de oficina
- Combustible para grupos electrógenos de generación de energía

Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada

- Pérdidas por transporte y distribución de energía eléctrica
- Consumo de energía eléctrica

Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI causadas por transporte

- Transporte de trabajadores

Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización

- Consumo de papel
- Uso de agua

Categoría 6: Emisiones indirectas de GEI provenientes de otras fuentes

- Vertimiento de aguas residuales
- Residuos por tipo

Una vez que se tuvo la reunión y se enviaron las fichas de nivel de actividad, se solicita la información requerida para la medición. Esta parte del proyecto suele ser la más prolongada ya que hay dificultades para obtener la información solicitada completa. Se recomienda al cliente el envío de la información adjuntando un sustento o evidencia de dónde sacó esta información, para poder verificar que la información sea correcta.

3.3.3 Procesamiento de la información recibida

Para el procesamiento se requiere revisar la información enviada, asegurándose de que se tengan todos los detalles requeridos. En el Anexo 1 se tiene la información obtenida de todas las fuentes de emisión a consideración. Dependiendo de la fuente de emisión se suelen presentar distintos inconvenientes.

Durante la carrera universitaria se aprendió a manejar grandes bases de datos, viendo cómo procesar la misma y ordenarla de una forma amigable para que si terceros tuviesen que revisarla, sea fácil de comprender. De no contar con esta base, el trabajo realizado habría sido más complicado. En este caso se utilizó el programa Microsoft Excel de Microsoft Office 2016. Además de saber prestarle atención al menor detalle, sabiendo identificar si algún dato enviado es un valor atípico, corroborando un posible error de información. Para ello se revisó aleatoriamente la información con los medios de verificación enviados de todas las fuentes de emisión.

3.3.3.1 Combustible para vehículos propios

Para el caso de combustible de vehículos propios el medio de verificación enviado fue facturas de compra, para poder corroborar que la información sea certera, se revisan las facturas para los vehículos reportados, según la placa. La información del consumo de combustible de vehículos propios a partir de reportes de Repsol fue solicitada al área de Administración.

3.3.3.2 Combustible para grupos electrógenos

La información de combustible para grupos electrógenos, tanto para generación de energía como para emergencia, se obtiene de los formatos de despacho de carga del stock de combustible de las Unidades Térmicas de Generación, enviado por la organización.

3.3.3.3 Aire acondicionado de oficina

En el caso de los equipos de aire acondicionado, las emisiones se dan en la recarga, instalación o dada de baja de los equipos. Las recargas de los equipos en kg quedan registradas en los informes técnicos del servicio, servicio brindado por la empresa Sisi Worker SAC, quienes brindaron un mantenimiento preventivo de los equipos en mayo y agosto.

3.3.3.4 Consumo de energía eléctrica

Para el consumo de electricidad y agua, se debe verificar la información enviada con la de los recibos ya que en muchos casos hay un desfase ya que se reporta el consumo en el mes en que se envió el recibo y no en el mes de consumo. En los recibos emitidos por el proveedor de energía eléctrica se detallan los kWh consumidos.

3.3.3.5 Pérdidas de energía eléctrica por transporte y distribución

Las pérdidas de energía eléctrica por transporte y distribución se registran en la Memoria Anual de la organización, la cual se puede ver en la Tabla 1:

Tabla 1: Pérdidas a Nivel de Distribución por Zona

Sistema	IV Trimestre 2019		IV Trimestre 2020		Participación (%)
	Volumen de energía perdida (MWh)	Índice de pérdidas	Volumen de energía perdida (MWh)	Índice de Pérdidas	
Central térmica	160.73	5.88%	216.11	7.76%	0.26%

FUENTE: Gerencia de comercialización de la central térmica analizada

En la Tabla 1 vemos que el volumen de energía perdida en el año 2019 es de 160.73 MWh, mientras que en el 2020 fue 216.11 MWh, estos equivalen al índice de pérdidas del 5.88% y 7.76% correspondiente a cada año.

3.3.3.6 Transporte de trabajadores casa trabajo

En el caso de transporte casa trabajo la consultora realiza una encuesta utilizando Google Forms, que es enviada por la empresa. La encuesta está en el Anexo 2.

Se aplicó una encuesta para conocer la modalidad de transporte del personal que labora en la organización para transportarse de sus casas al trabajo y viceversa. Se determinó la muestra con un 95% de confianza y 10% de error. Se recopiló información sobre el lugar de residencia de los colaboradores y la forma de transporte en la ruta casa-trabajo. Para el caso de las distancias de recorrido se utilizó los resultados de distancias de la página de Google Maps. Los resultados de la encuesta se han extrapolado al total de trabajadores, teniendo en cuenta la proporción de los diferentes medios de transporte utilizados.

En los resultados de la encuesta se vio que algunos trabajadores utilizaron más de un medio de transporte para ir a trabajar, en estos casos se consideró el medio de transporte con mayor factor de emisión. El resumen de los resultados del transporte casa trabajo en el 2019, se encuentran en la Tabla 2, donde vemos que los medios de transporte más utilizados son el auto propio y el bus.

Tabla 2: Resumen de los resultados de la encuesta transporte casa-trabajo 2019

Medio de transporte	Nº respuestas	Porcentaje	Nº trabajadores	Km/sem de la muestra	Km/sem de 13 trabajadores
A pie / Bicicleta	1	5.56%	1	-	-
Auto propio	6	33.33%	4	454.8	303.2
Auto compartido	2	11.11%	2	110.00	110.0
Bus o combi	6	33.33%	4	374.00	249.3
Movilidad de la empresa	2	11.11%	1	49.6	24.8
Taxi	0	0.00%	0	0	0.0
Motocicleta	1	5.56%	1	67.2	67.2
	18	100.00%	13		

FUENTE: Mangle, 2022

Para el año 2020, considerando el inicio de la pandemia se esperaban resultados diferentes a los del 2019, sin embargo, en la Tabla 3 vemos que la variación se dio al aumentar el porcentaje de trabajadores que utilizaron auto propio para ir a trabajar.

Tabla 3: Resumen de los resultados de la encuesta transporte casa-trabajo 2020

Medio de transporte	Nº respuestas	Porcentaje	Nº trabajadores	Km/sem de la muestra	Km/sem de 13 trabajadores
A pie / Bicicleta	0	0.00%	0	-	-
Auto propio	6	40.00%	5	493.8	411.5
Auto compartido	3	20.00%	3	116.00	116.0
Bus o combi	0	0.00%	0	-	0.0
Movilidad de la empresa	5	33.33%	4	397	317.6
Taxi	0	0.00%	0	0	0.0
Motocicleta	1	6.67%	1	67.2	67.2
	15	100%	13		

FUENTE: Mangle, 2022

3.3.3.7 Consumo de papel

El consumo de papel en este caso fue obtenido por una estimación ya que la información enviada fue para las seis sedes principales, sin una mayor distinción entre cuál fue el consumo por sede. Para hacer este cálculo, se obtuvo el número de impresoras por sede, para poder hacer una estimación del consumo de papel por sede según el número de equipos. En la Tabla 4 se puede ver cómo se hizo el cálculo. Además, solo se obtuvo el consumo de papel bond y no de otros tipos de papel que fueron utilizados. Otros tipos de papel que podrían incluirse son papel toalla, papel higiénico, sobres de papel, entre otros. En la organización se terceriza la limpieza por lo que tanto el papel higiénico como el papel toalla de los servicios higiénicos no es comprado por la empresa ni es contabilizado.

Tabla 4: Cantidad de impresoras por sede

Sede	Cantidad	Proporción
Oficina 1	30	73.17%
Subestación de transmisión 1	7	17.07%
Subestación de transmisión 2	1	2.44%
Subestación de transmisión 3	1	2.44%
Central térmica	1	2.44%
Oficina 2	1	2.44%
	41	100.00%

FUENTE: Mangle, 2022

Con la información de la Tabla 4 se obtiene que la proporción de papel consumido de la sede, según la cantidad de impresoras, es del 2.44%. En la Tabla 5 se tiene el consumo total de papel en la organización, para todas las sedes, en 2019. Para el año 2020 únicamente se obtuvo el consumo de papel total repartido entre sedes, este fue de 680 millares.

Tabla 5: Consumo de papel en la organización, 2019

Sedes	Millares de papel
Exclusivo Sede Central	330
Repartido entre sedes	1704
Total	2034

FUENTE: Mangle, 2022

Con la información de la Tabla 5, y la información enviada del consumo total se realiza la estimación del consumo de papel utilizando la proporción calculada en la Tabla 6 para los años 2019 y 2020.

Tabla 6. Estimación de consumo de papel por sede

Sede	Consumo de papel (kg)	
	2019	2020
Oficina 1	1,576.83	497.56
Subestación de transmisión 1	290.93	116.10
Subestación de transmisión 2	41.56	16.59
Subestación de transmisión 3	41.56	16.59
Central térmica	41.56	16.59
Oficina 2	41.56	16.59
Total	2,034.00	680.00

FUENTE: Mangle, 2022

3.3.3.8 Uso de agua

Al igual que con el consumo de electricidad, la información de consumo de agua se verifica con los recibos de la empresa operadora, al estar ubicada en Arequipa, el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa es brindado por SEDAPAR. En estos recibos se detallan los m³ de agua consumidos.

3.3.3.9 Vertimiento de aguas residuales

Como la Central Térmica no tiene una planta de tratamiento de aguas residuales, se considera que el agua residual es la misma cantidad que el agua consumida registrada por SEDAPAR. Se consideran los m³ de agua consumida como el input de m³ de agua residual tratada.

3.3.3.10 Residuos por tipo

La información de residuos se obtuvo de la declaración anual sobre minimización y gestión de Residuos sólidos 2019 de la organización. La información del 2020 se obtuvo de la misma manera. Con esta información se agrupó la información según los tipos de residuos

designados en tablas como la vista en el Anexo 1, donde se tiene el peso mensual de residuos por tipo en kg.

3.3.4 Cálculo de la Huella de Carbono

En el Anexo 3 se tiene el detalle de la fuente de los factores de emisión empleados.

3.3.4.1 Combustible de vehículos propios y de generador eléctrico

Para el cálculo de la generación de emisiones derivadas del transporte se ha utilizado la metodología de la Guía del IPCC 2006 ya que esta fuente tiene mayor confiabilidad de información y es de amplio uso.

Utilizando la Guía del IPCC, las emisiones de GEI generadas por fuentes móviles, liberadas en la quema de combustibles fósiles son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Estos gases poseen factores de emisión específicos.

En nuestro país, según la legislación nacional, los combustibles como gasohol y diésel tienen una fracción de etanol y biocombustible. Esto significa que la fracción de emisiones derivadas de la quema de etanol o biocombustible, que están presentes en los combustibles, deben ser consideradas como emisiones de biomasa, por lo que son reportadas por separado.

Los factores de emisión se obtuvieron del Volumen 2: Energía, Capítulo 3, cuadro 3.2.1 de la Guía de la IPCC. En caso se emplee gas natural se usa el factor de emisión de CO₂ de gas natural para nacional se obtuvo del Reporte Anual de GEI del Sector Energía 2016.

Las emisiones de CO₂ se obtienen de la multiplicación del combustible vendido por el factor de emisión de dicho combustible, como se muestra a continuación:

$$Emisión = \sum_a (combustible \times FE_a)$$

Dónde:

Emisión: Emisiones de CO₂ (kg)

Combustible a: Combustible consumido (TJ)

FE: Factor de emisión (kg CO₂/TJ).

a: Tipo de combustible (gasolina, diésel, GLP, GNV, etc.)

Para los casos de emisiones de metano y óxido nitroso se realizan de la misma manera, con la diferencia de que el resultado de estos gases debe multiplicarse por el potencial del calentamiento global respectivo para convertir las unidades a emisiones de CO₂e. para

obtener las emisiones totales se realiza la sumatoria de los tres valores obtenidos en unidades de CO₂e.

3.3.4.2 Aire acondicionado

Para el cálculo de la generación de emisiones derivadas de los aires acondicionados se ha utilizado la metodología propuesta por el Department of Energy and Climate Change del Reino Unido al ser esta una fuente fiable y de uso en la Plataforma Huella Carbono Perú del MINAM. Las emisiones derivadas del gas refrigerante se han calculado a partir de la capacidad total para almacenar dicho gas en los equipos respectivos.

Los factores de emisión se obtuvieron del Department of Energy and Climate Change del Reino Unido (2013). Environmental reporting Guidelines. según el tipo de sistema de refrigeración.

Los cálculos siguieron la siguiente ecuación:

$$Emisión = CC \times t \times Pf$$

Dónde:

<i>Emisión</i>	<i>Emisiones de GEI (kg GEI)</i>
<i>CC</i>	<i>Capacidad de carga de gas refrigerante (kg HFC)</i>
<i>t</i>	<i>Tiempo de uso (años)</i>
<i>Pf</i>	<i>Porcentaje de fugas (%)</i>

Las emisiones de GEI se multiplican por el potencial del calentamiento global respectivo para convertir las unidades a emisiones de CO₂e.

Para la Central Térmica, el único gas refrigerante tomado en cuenta fue R-22, el cual es reportado como GEI no-Kioto en este informe.

3.3.4.3 Energía eléctrica

El Perú cuenta con un Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y el Comité de Operaciones del SEIN (COES) publica un reporte anual en el que señala la participación de cada recurso energético en la generación de electricidad en el país.

Los factores de emisión del consumo de energía eléctrica a nivel nacional se determinaron a partir de la producción de energía eléctrica del SEIN y los factores de emisión de IPCC 2006 Volumen 2. Capítulo 2. Cuadro 2.2.

Se usan los factores de emisión expresado en kg GEI/kWh utilizados por la Plataforma Huella Carbono Perú del MINAM.

Las emisiones de CO₂ se obtienen de la multiplicación de los kWh consumidos por el factor de emisión de dicho combustible, como se muestra a continuación:

$$Emisión = CE \times FE$$

Dónde:

<i>Emisión:</i>	<i>Emisiones de CO₂ (kg)</i>
<i>CE:</i>	<i>Consumo de electricidad (kWh)</i>
<i>FE:</i>	<i>Factor de emisión (kg CO₂/kWh).</i>

De la misma forma, se procede con las emisiones de metano y óxido nitroso, con la diferencia que el resultado de ambos gases debe multiplicarse por el potencial del calentamiento global respectivo para convertir las unidades a emisiones de CO₂e. La sumatoria de los tres valores obtenidos en unidades de CO₂e corresponde a las emisiones totales.

3.3.4.4 Transporte de trabajadores

La metodología empleada para el cálculo de la generación de emisiones derivadas del transporte de trabajadores casa – trabajo fue la misma utilizada por la Plataforma Huella Carbono Perú del MINAM. Esta metodología es la del Department of Energy and Climate Change del Reino Unido, los factores de conversión se obtuvieron del UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting., expresados en kgCO₂/km•persona, también utilizados por la Plataforma Huella Carbono Perú del MINAM.

Las emisiones de CO₂ se obtienen de la multiplicación de los kilómetros recorridos por el factor de emisión según modalidad de transporte, como se muestra a continuación:

$$Emisión = Distancia \times FEa$$

Dónde:

<i>Emisión:</i>	<i>Emisiones de CO₂ (kg)</i>
<i>Distancia:</i>	<i>Distancia recorrida (km.persona)</i>
<i>FE:</i>	<i>Factor de emisión (kg CO₂/km.persona)</i>
<i>a:</i>	<i>Modalidad de trabajo (vehículo propio, bus, taxi, tren, otros)</i>

De la misma forma, se procede con las emisiones de metano y óxido nitroso, con la diferencia que el resultado de ambos gases debe multiplicarse por el potencial del calentamiento global

respectivo para convertir las unidades a emisiones de CO₂e. La sumatoria de los tres valores obtenidos en unidades de CO₂e corresponde a las emisiones totales.

3.3.4.5 Papelería

Para el cálculo de la generación de emisiones derivadas del consumo de papel se ha considerado la metodología del Department of Energy and Climate Change del Reino Unido (2021) - Government GHG Conversion Factors for Company Reporting. Se ha priorizado esta metodología al ser el que utiliza la plataforma Huella de Carbono Perú.

Los factores de emisión en kgCO₂e/kg de papel se obtuvieron del Government GHG Conversion Factors for Company Reporting para uso de materiales.

Para el cálculo de generación de emisiones derivadas del consumo de papel se ha considerado la ecuación:

$$Emisión = C_{papel} \times FE$$

Dónde:

<i>Emisión</i>	<i>Emisiones por consumo de papel en el año (kgCO₂ e)</i>
<i>C_{papel}</i>	<i>Consumo de papel en el año (kg)</i>
<i>FE</i>	<i>Factor de emisión para el consumo de papel (kg CO₂ e/kg papel)</i>

3.3.4.6 Residuos sólidos

Se ha tomado la metodología del IPCC del año 2016 y 2019 para estimar las emisiones de metano, la misma que se basa en el método de Descomposición de Primer Orden (FOD, por sus siglas en inglés). En este método se formula la hipótesis de que el componente orgánico degradable de los desechos, el carbono orgánico degradable (DOC, por sus siglas en inglés), se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas, durante las cuales se forman el metano y el dióxido de carbono. Si las condiciones permanecen constantes, el índice de producción del metano depende únicamente de la cantidad de carbono restante en los desechos

Para el cálculo de generación de emisiones derivadas de la descomposición de los residuos sólidos se han utilizado los factores de la Guía del IPCC del año 2006 y 2021 (volumen 5 - capítulo 2), considerando la composición de los residuos sólidos. Además, se han considerado los valores locales de temperatura media, precipitación y tipo de clima para la elección de otros factores.

3.3.4.7 Uso de agua y agua residual

Para realizar el cálculo de la generación de emisiones por el consumo de agua y tratamiento de aguas residuales o efluentes, se utilizó la metodología del Department of Energy and Climate Change del Reino Unido (2019 y 2020). Esta fue la empleada ya que es la que utiliza la plataforma Huella de Carbono Perú del MINAM.

Los factores de emisión de agua consumida y agua residual tratada se obtuvieron del Government GHG Conversion Factors for Company Reporting para suministro de agua y tratamiento, ambos en $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$.

Para calcular las emisiones por consumo de agua de la red se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión} = C_{\text{agua}} \times FE$$

Dónde:

Emisión *Emisiones por consumo de agua en el año (kgCO_2e)*

Cagua *Consumo de agua en el año (m^3)*

FE *Factor de emisión para el consumo de papel ($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3$)*

3.3.5 Análisis de incertidumbre

El factor de emisión y los datos de actividad son los componentes fundamentales en el cálculo de los GEI. En este sentido, cuanto más confiables sean estos números, menor incertidumbre tendrán los resultados. Los registros y fuentes de información de la data utilizada influirán en la incertidumbre de la huella. Asimismo, dado que la huella de carbono está compuesta por diferentes fuentes de emisión, a mayor representatividad tenga cada una de ellas, mayor influencia tendrá en el inventario de la organización. En resumen, el análisis de incertidumbre se hizo en base a los siguientes criterios, según como se explica en la Tabla 7.

Tabla 7: Criterios de evaluación de incertidumbre

Criterios	Puntaje
Factor de emisión	Nivel 3 (específico, por tecnología) 1
	Nivel 2 (nacional) 2
	Nivel 1 (general, por defecto) 3
Datos de la actividad	Existen datos (no se ha estimado nada) 1
	Existen datos (>20% HC estimada) 2
	Datos incompletos (más de 20% HC estimada) 3
Evidencia	Hay evidencia 1
	Evidencia incompleta 2
	No hay evidencia 3
Representatividad	No significativa < 0.05% 0
	1%>Bajo \geq 0.05% 1
	5%>Medio \geq 1% 2
	Alto \geq 5% 3

FUENTE: Mangle, 2022

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de la información

4.1.1 Resultados 2019

En la Tabla 8 se muestran los resultados del inventario detallado por categoría, fuente de emisión y tipo de GEI para la Central Térmica. Las emisiones de la Categoría 1 ascienden a 2,039.70 tCO₂e, mientras que las correspondientes a la Categoría 2 a 6.35 tCO₂e. Las emisiones de Categoría 3 ascendieron a 5.54 tCO₂e, las Categoría 4 a 0.38 tCO₂e y las de Categoría 6 a 0.79 tCO₂e. Dado que el total de trabajadores es 13, la huella per cápita de la Central Térmica es de 157.90 tCO₂e/per.

La medición de la huella de carbono de la Central Térmica presenta un total de emisiones para el año 2019 de 2,052.76 tCO₂e. De estas, el 99 % corresponden a emisiones directas, pertenecientes a la Categoría 1, mientras que el 0.31% corresponden a emisiones por consumo de energía eléctrica, Categoría 2, como se observa en la Figura 2. Asimismo, el 0.27% corresponden a la Categoría 3, de emisiones indirectas de transporte; el 0.02% a emisiones indirectas por productos, Categoría 4; y el 0.04% restante representa las emisiones indirectas provenientes de otras fuentes, Categoría 6.

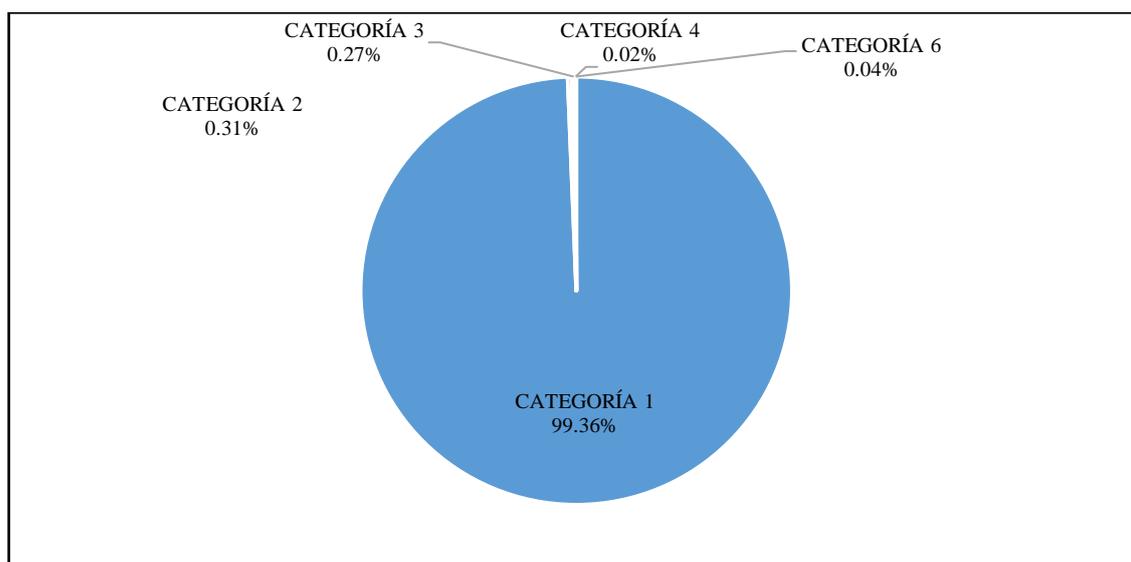


Figura 2. Distribución del inventario 2019 de GEI por categorías

Tabla 8: Inventario 2019 de GEI

Categorías (Norma 2018)	Tipo	Fuentes de emisión	Emisiones (kg CO₂)	CH₄ en kg CO₂E	NO_x en kg CO₂E	Total (kg CO₂e)	Total por categoría (kg CO₂e)	Emisiones totales por categoría (tCO₂e)	Porcentaje (por categoría)
1	móviles	Vehículos propios	21,926.48	39.36	305.82	22,271.66			
1	fijas	Grupos electrógenos de emergencia	47,202.97	59.16	104.76	47,366.89			
		Grupos electrógenos para generación de energía para el cliente	1,960,159.74	2,456.88	4,350.10	1,966,966.72	2,039,701.32	2,039.70	99.36%
1	fugitivas	Pérdidas por transporte/distribución de energía	3,087.55	4.09	4.40	3,096.04			
2	fijas	Energía	6,332.21	8.39	9.02	6,349.62	6,349.62	6.35	0.31%
3	móviles	Transporte de trabajadores	5,509.41	13.18	17.36	5,539.96	5,539.96	5.54	0.27%
4	fijas	Papelería	197.97	-	-	197.97			
4	fijas	Uso de agua	178.88	-	-	178.88	376.85	0.38	0.018%
6	fugitivas	Vertimiento de aguas residuales	368.16	-	-	368.16			
6	fugitivas	Residuos por tipo	-	421.19	-	421.19	789.35	0.79	0.038%
Total (kg CO₂e)								2,052,757.09	
Total (tCO₂e)								2,052.76	
Total trabajadores								13.00	100.00%
Huella per cápita (tCO₂e /per)								157.90	

FUENTE: Mangle, 2022

Asimismo, en la Figura 3, se presenta la distribución total del inventario según fuente de emisión. La principal fuente de emisión son los grupos electrógenos para generación de energía para el cliente, los cuales representan el 95.82% de la huella. La segunda fuente de emisión más importante corresponde a los grupos electrógenos de emergencia, que concentran el 2.31% de las emisiones de la sede, seguida de los vehículos propios, con 1.08% de las emisiones. Estas tres fuentes de emisión representaron alrededor del 99% de las emisiones de la Central Térmica para el periodo 2019.

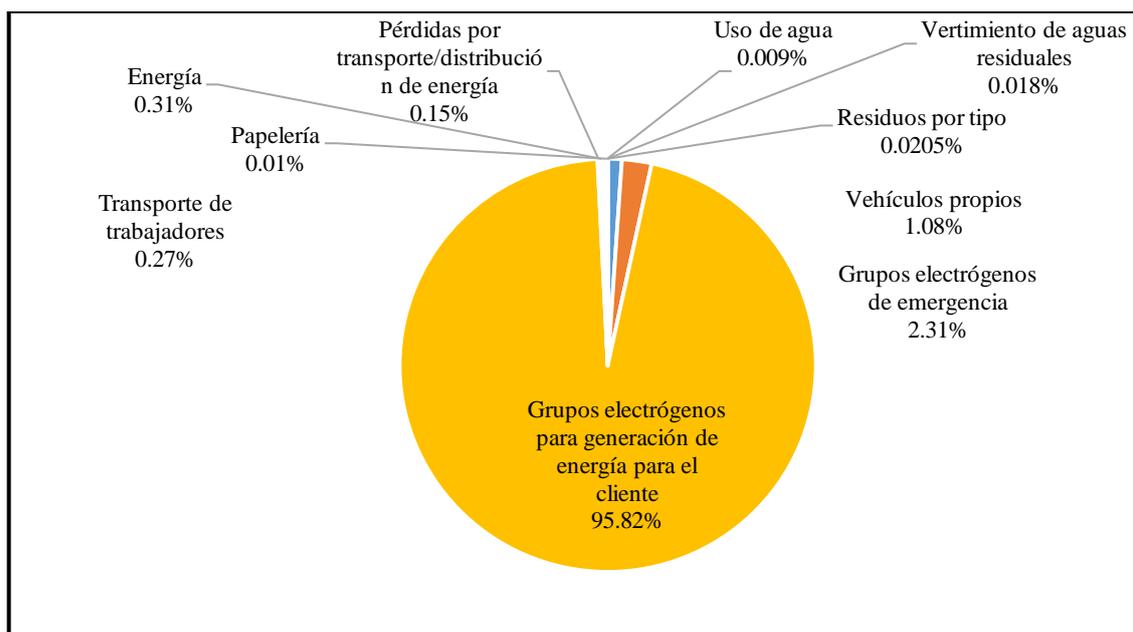


Figura 3. Distribución del inventario 2019 de GEI por fuente de emisión

En la Figura 4 se encuentra la distribución de las fuentes de emisión directas de GEI, es decir, exclusivamente de la Categoría 1. Se observa claramente que la principal fuente de emisión de esta categoría son los grupos electrógenos para generación de energía para el cliente (96.43%), seguido por los grupos electrógenos de emergencia (2.32%).

La Categoría 2 estuvo compuesta en su totalidad por las emisiones derivadas del consumo de energía, las cuales tuvieron una magnitud de 6.35 tCO₂e, representando el 0.31% de la huella de la sede. De forma similar, la Categoría 3 estuvo compuesta únicamente por las emisiones por transporte de trabajadores, las cuales fueron de 5.54 tCO₂e, representando el 0.27% de la huella total de la sede.

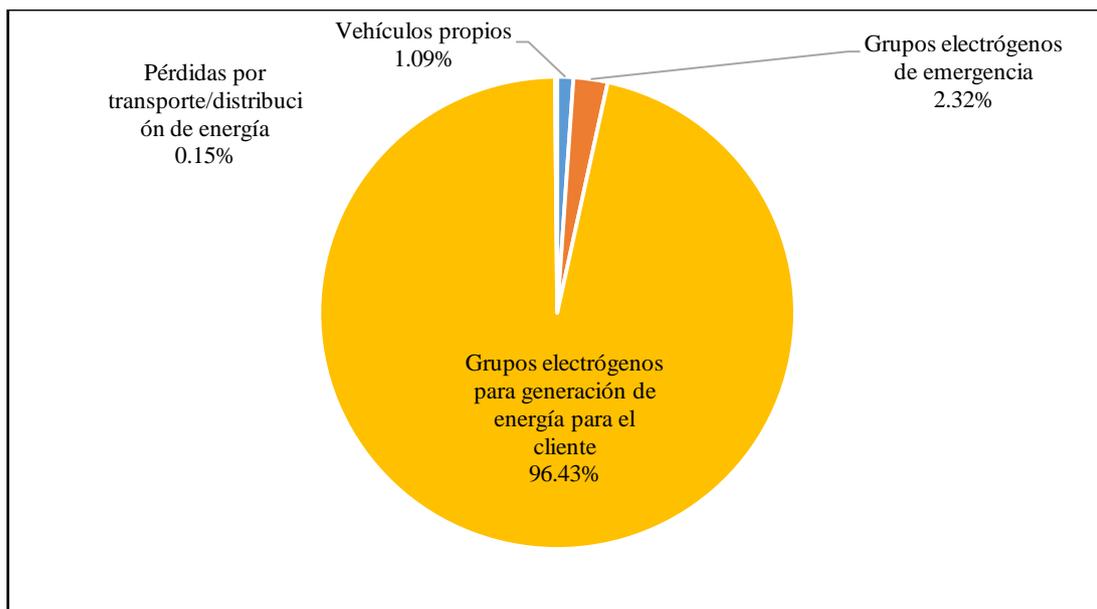


Figura 4. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 1 – 2019

En la Figura 5 se observa la distribución de las fuentes de emisión que corresponden a la Categoría 4, emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización. Se muestra que la papelería es la principal fuente de emisión indirecta con 52.53% de las emisiones, mientras que el uso de agua representa el 47.47% restante.

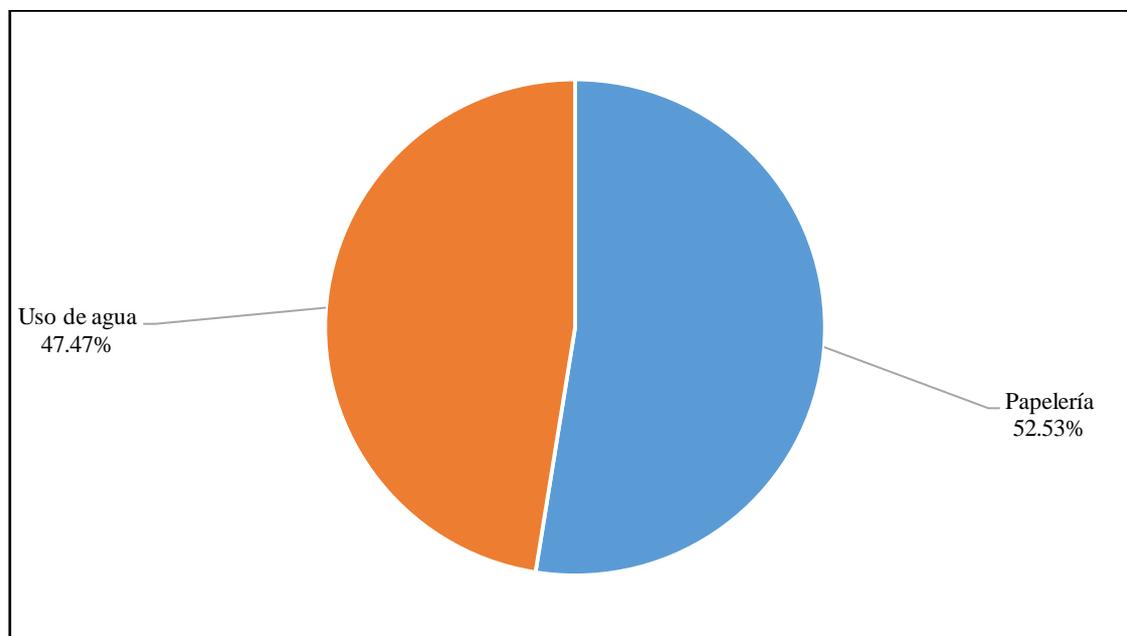


Figura 5. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 4 – 2019

En la Figura 6 se observa la distribución de las emisiones indirectas provenientes de otras fuentes. Allí se puede observar que las emisiones derivadas de los residuos componen el 53.36% de las emisiones de esta categoría, concentrando el 46.64% restante el vertimiento de aguas residuales.

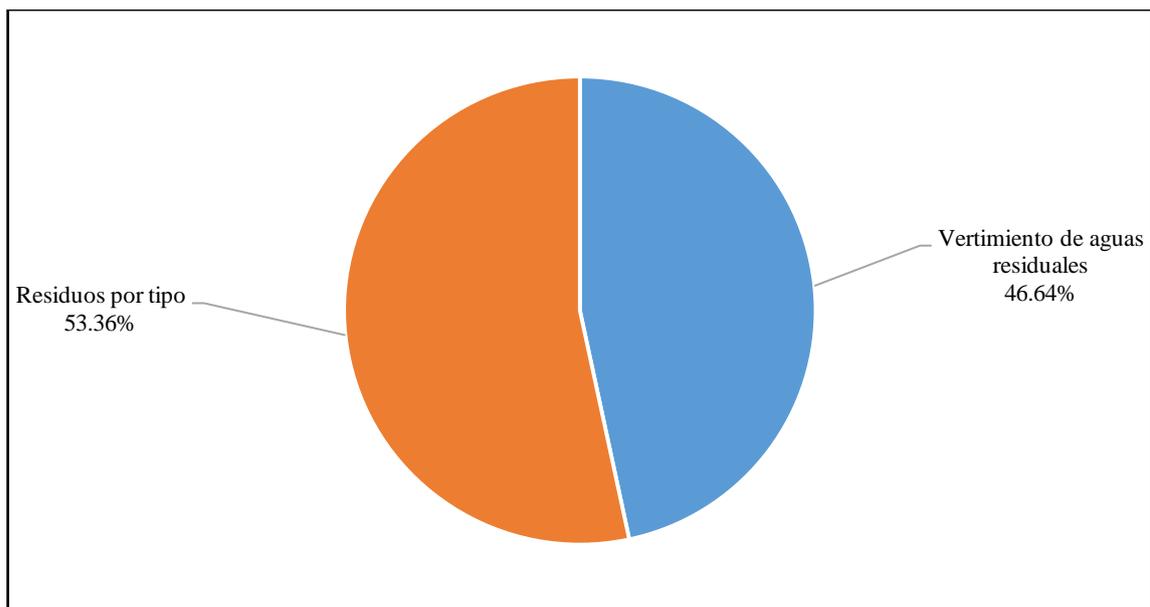


Figura 6. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 6 – 2019

En la Tabla 10 se tiene nuevamente el resultado del inventario de la sede, esta vez por tipo de emisión: móvil, fija o fugitiva. Las emisiones móviles fueron 27.81 tCO₂e, las fijas fueron de 2,021.06 tCO₂e y las fugitivas fueron 3.89 tCO₂e. La Tabla 10 presenta otras emisiones de GEI que no son consideradas como parte del inventario, que corresponden a las derivadas de la quema de biomasa (66.41 tCO₂e) y las derivadas de las fugas de gas refrigerante R22 (1.69 tCO₂e), las cuales suman un total de 68.10 tCO₂e.

Tabla 9. Inventario 2019 de GEI por tipo de emisión

Por tipo	kg CO ₂	CH ₄ en kg CO ₂ e	NO _x en kg CO ₂ e	kg CO ₂ e	tCO ₂ e
móviles	27,435.90	52.54	323.17	27,811.61	27.81
fijas	2,014,071.77	2,524.44	4,463.88	2,021,060.09	2,021.06
fugitivas	3,455.71	425.28	4.40	3,885.39	3.89
				2,052,757.09	2,052.76

FUENTE: Mangle, 2022

Tabla 10. Otras emisiones de GEI 2019

Otras emisiones	Categoría	Fuente de emisión	kg de CO ₂ e	tCO ₂ e
		Vehículos propios	665.79	0.67
BIOMASA	1	Grupos electrógenos de emergencia	1,545.09	1.55
		Grupos electrógenos para generación de energía para el cliente	64,161.64	64.16
	3	Transporte de trabajadores	33.46	0.03
Gas Refrigerante R22	1	Aire acondicionado - Oficina	1,689.60	1.69
Total otras emisiones (tCO ₂ e)			68,095.58	68.10

FUENTE: Mangle, 2022

4.1.2 Resultados 2020

En la Tabla 11 se muestran los resultados del inventario detallado por categoría, fuente de emisión y tipo de GEI para la sede. Las emisiones de la Categoría 1 ascienden a 2,219.27 tCO₂e, las correspondientes a la Categoría 2 a 6.53 tCO₂e, en la Categoría 3 se cuenta con 4.77 tCO₂e, en la Categoría 4 se tienen 0.32 tCO₂e y en la Categoría 6, 0.83 tCO₂e. Dado que el total de trabajadores es 13, la Huella per cápita de la Central Térmica para el 2020 es de 171.67 tCO₂e/per.

Tabla 11: Inventario 2020 de GEI

Categorías (norma 2018)	Tipo	Fuentes de emisión	kg CO₂	CH₄ en kg CO₂e	NO_x en kg CO₂e	Total (kg CO₂e)	Total por categoría (kg CO₂e)	Total por categoría (tCO₂e)	Porcentaje (%)
1	móviles	Vehículos propios	18,946.72	34.01	264.26	19,244.99			
1	fijas	Grupos electrógenos de emergencia	327,005.79	409.87	725.71	328,141.38			
1	fugitivas	Aire acondicionado	-	-	-	-	2,219,266.58	2,219.27	99.44%
1	fugitivas	Grupos electrógenos para generación de energía para el cliente	1,861,707.41	2,333.48	4,131.61	1,868,172.50			
1	fugitivas	Pérdidas por transporte/distribución de energía	3,693.32	6.86	7.53	3,707.71			
2	fijas	Energía	6,504.64	12.08	13.26	6,529.99	6,529.99	6.53	0.29%
3	móviles	Transporte de trabajadores	4,749.26	6.30	10.91	4,766.46	4,766.46	4.77	0.21%
4	fijas	Papelería	76.24	-	-	76.24			
4	fijas	Uso de agua	242.35	-	-	242.35	318.59	0.32	0.014%
6	fugitivas	Vertimiento de aguas residuales	498.79	-	-	498.79			
6	fugitivas	Residuos por tipo	-	327.39	-	327.39	826.18	0.83	0.037%
Total (kg CO₂e)								2,231,707.80	
Total (tCO₂e)								2,231.71	
Total trabajadores								13.00	100.00%
Huella per cápita (tCO₂e /per)								171.67	

FUENTE: Mangle, 2022

La medición de la huella de carbono de la sede presenta un total de emisiones para el año 2020 de 2,231.71 tCO₂e. De estas, el 99.44% corresponden a emisiones directas, Categoría 1, mientras que el 0.29% corresponden a emisiones por consumo de energía eléctrica, Categoría 2, como se observa en la Figura 7. Asimismo, el 0.21% corresponde a la Categoría 3 por emisiones de transporte, el 0.014% corresponden a emisiones indirectas por productos de Categoría 4 y, el 0.04% restante representa las emisiones indirectas provenientes de otras fuentes de Categoría 6.

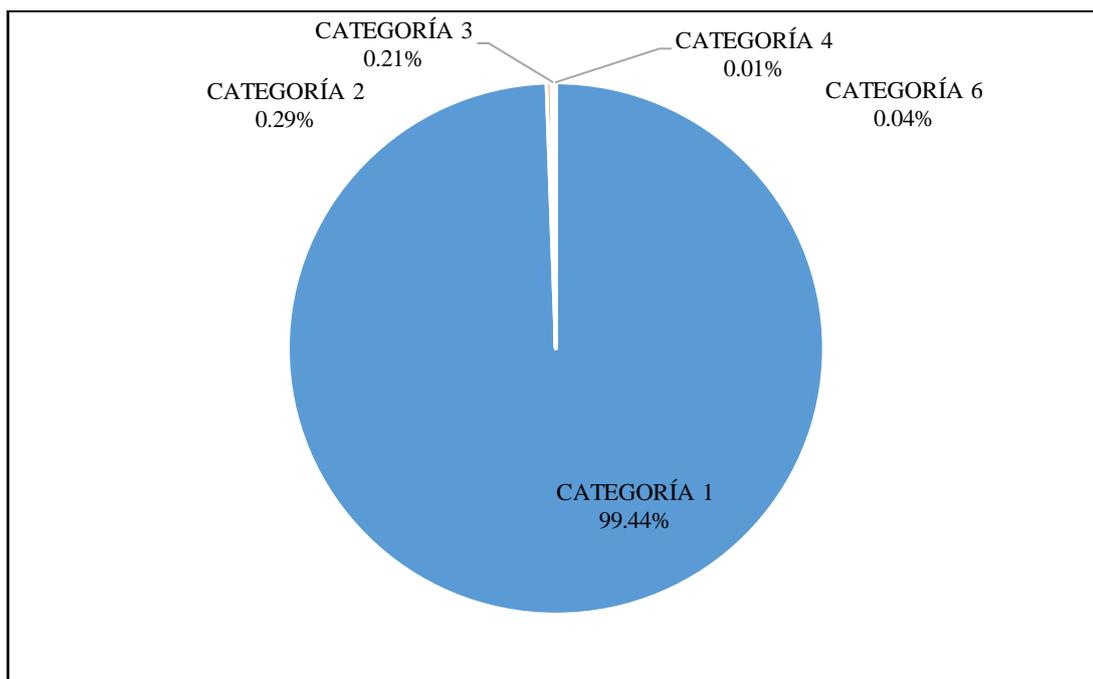


Figura 7. Distribución del inventario 2020 de GEI por categorías

En la Figura 8 se presenta la distribución total del inventario según fuente de emisión. La principal fuente de emisión son los grupos electrógenos para generación de energía para el cliente, los cuales concentran un 83.71% de la huella. La segunda fuente de emisión más importante corresponde a los grupos electrógenos de emergencia, los cuales representan el 14.70% de las emisiones, seguido por los vehículos propios, con 0.86% de las emisiones. Estas tres fuentes de emisión representaron alrededor del 99% de las emisiones de la central térmica para el periodo 2020.

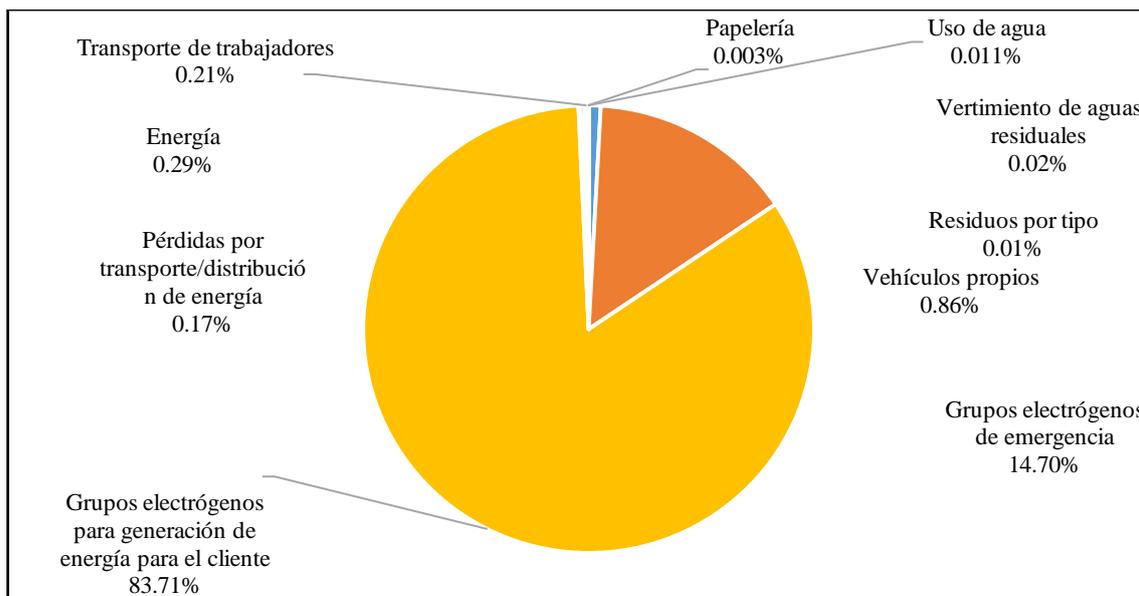


Figura 8. Distribución del inventario 2020 de GEI por fuente de emisión

En la Figura 9 se encuentra la distribución de las fuentes de emisión directas de GEI, es decir, exclusivamente de la Categoría 1. Se observa claramente que la principal fuente de emisión de esta categoría son los grupos electrógenos para generación de energía para el cliente (84.18%), seguido por los grupos electrógenos de emergencia (14.79 %).

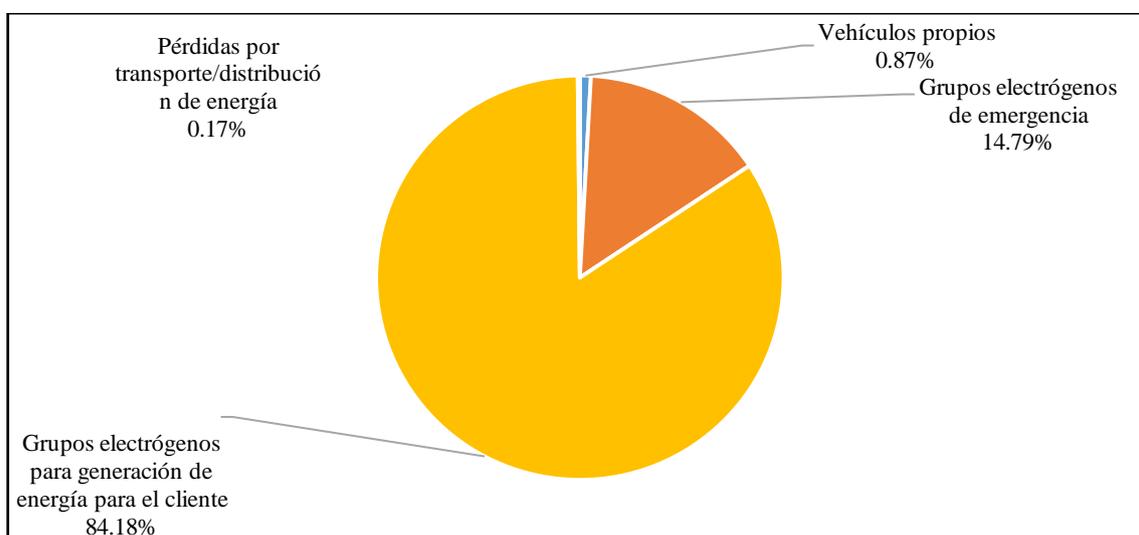


Figura 9. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 1 – 2020

La Categoría 2 estuvo compuesta en su totalidad por las emisiones derivadas del consumo de energía, las cuales tuvieron una magnitud de 6.53 tCO₂e, representando el 0.29% de la huella de la sede. De forma similar, la Categoría 3 estuvo compuesta únicamente por las emisiones por transporte de trabajadores, las cuales fueron de 4.77 tCO₂e, representando el 0.21% de la huella total de la sede.

En la Figura 10 se observa la distribución de las fuentes de emisión que corresponden a la Categoría 4, emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización. Se muestra que el uso de agua es la principal fuente de emisión indirecta con 76.07 %, mientras que la papelería representa el 23.93% restante.

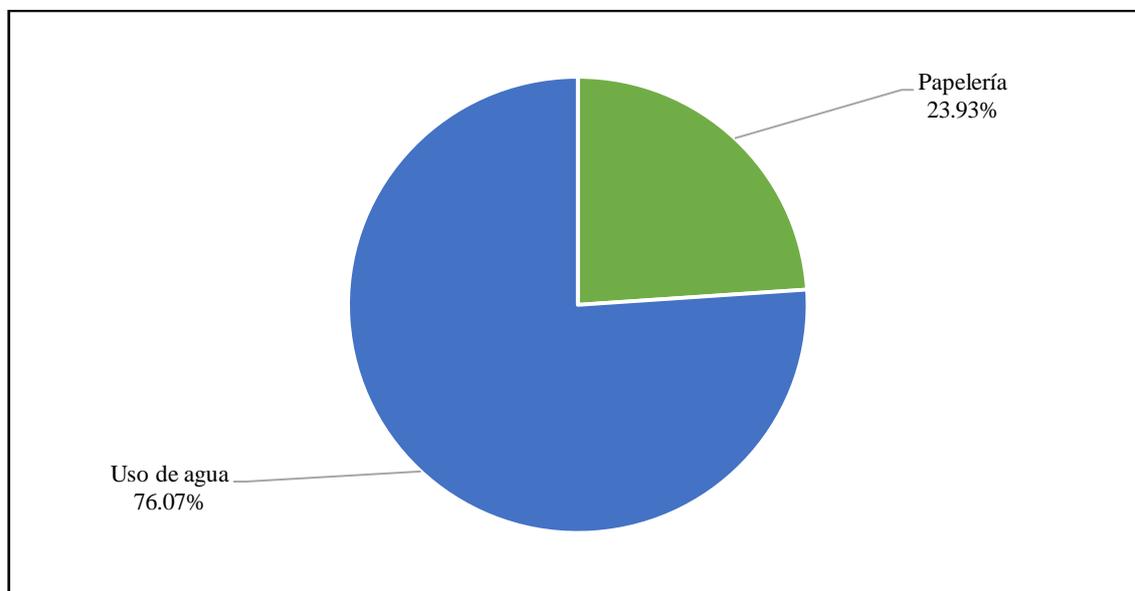


Figura 10. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 4 – 2020

En la Figura 11 se observa la distribución de las fuentes de emisiones indirectas provenientes de otras fuentes. En el gráfico se puede observar que las emisiones provenientes del vertimiento de aguas residuales representan el 60.37 % de las emisiones de esta categoría y los residuos por tipo el 39.63%.

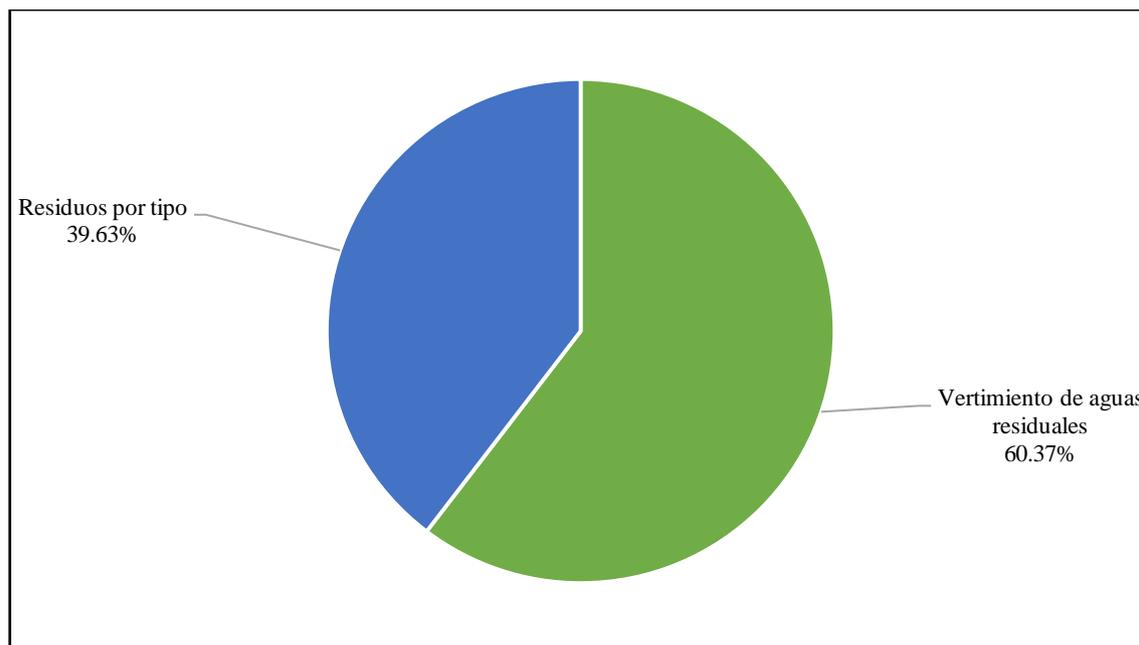


Figura 11. Distribución de emisiones de GEI de la Categoría 6 – 2020

En la Tabla 12 se tiene nuevamente el resultado del inventario de la Central Térmica, esta vez por tipo de emisión: móvil, fija o fugitiva. Las emisiones móviles fueron 24.01 tCO₂e, las fijas fueron de 2,203.16 tCO₂e y las fugitivas fueron 4.53 tCO₂e. La Tabla 13 presenta otras emisiones de GEI que no son consideradas como parte del inventario, que corresponden a las derivadas de la quema de biomasa (72.25 tCO₂e) y a las derivadas de las fugas de gas refrigerante R22 (1.69 tCO₂e), las cuales suman en total 73.94 tCO₂e.

Tabla 12: Inventario 2020 de GEI por tipo de emisión

Por tipo	kg CO ₂	CH ₄ en kg CO ₂ e	NO _x en kg CO ₂ e	kg CO ₂ e	tCO ₂ e
móviles	23,695.98	40.31	275.16	24,011.45	24.01
fijas	2,195,536.44	2,755.43	4,870.59	2,203,162.46	2,203.16
fugitivas	4,192.10	334.25	7.53	4,533.88	4.53
				2,231,707.80	2,231.71

FUENTE: Mangle, 2022

Tabla 13: Otras emisiones de GEI de 2020

Otras emisiones	Alcance	Fuente de emisión	kg de CO ₂ e	tCO ₂ e
		Vehículos propios	575.31	0.58
BIOMASA	1	Grupos electrógenos de emergencia	10,703.84	10.70
		Grupos electrógenos para generación de energía para el cliente	60,939.02	60.94
	3	Transporte de trabajadores	30.99	0.03
Gas Refrigerante R22	1	Aire acondicionado - Oficina	1,689.60	1.69
Total otras emisiones (tCO ₂ e)			73,938.75	73.94

FUENTE: Mangle, 2022

4.2 Análisis de la incertidumbre

Los resultados se muestran en la Tabla 14, como se observa la mayoría de las fuentes de emisión presentan un nivel “medio” de incertidumbre. La fuente de emisión con nivel de incertidumbre “baja” corresponde a los vehículos propios, consumo de energía y generación de energía, debido a que, en algunos casos, se adaptaron los factores de emisión a las condiciones nacionales o se recibió evidencia que sustente los niveles de actividad de la fuente. Se recomienda mejorar el recojo de información de las fuentes de emisión que presentan el mayor nivel de incertidumbre, como es el caso de residuos sólidos y transporte en taxi.

Tabla 14: Evaluación de incertidumbre

Fuente de emisión	Fuente del FE	Nivel	Disponibilidad de datos	Evidencia	% HC 2019	Puntaje de representatividad	Puntaje final 2 - 8	Incertidumbre
Vehículos propios	IPCCC e Infocarbono, Perú	3	1.00	1.00	3.09%	3	8	Baja
Grupos electrógenos de emergencia	IPCCC e Infocarbono, Perú	3	1.00	1.00	1.64%	3	8	Baja
Aire acondicionado - Oficina	DEFRA UK 2019 y DEFRA UK 2020	1	1.00	0.50	0.01%	3	6	Media
Grupos electrógenos para generar energía para el cliente	IPCCC e Infocarbono, Perú	3	1.00	1.00	68.23%	1	6	Media
Pérdidas por transporte / distribución de energía	DEFRA UK 2019 y DEFRA UK 2020	1	1.00	0.58	12.38%	3	6	Media
Energía	Infocarbono, Perú	3	1.00	1.00	4.27%	3	8	Baja
Transporte de trabajadores	DEFRA UK 2019 y DEFRA UK 2020	1	0.33	0.67	2.74%	3	5	Media
Papelería	DEFRA UK 2019 y DEFRA UK 2020	2	1.00	0.50	0.34%	3	7	Baja
Uso de agua	DEFRA UK 2019 y DEFRA UK 2020	1	0.83	1.00	0.14%	3	6	Media
Vertimiento de aguas residuales	DEFRA UK 2019 y DEFRA UK 2020	1	0.83	1.00	0.28%	3	6	Media
Residuos	IPCC	2	1.00	1.00	0.53%	3	7	Baja

FUENTE: Mangle, 2022

V. CONCLUSIONES

- Estimar la huella de carbono de una central térmica en Camaná para los años 2019-2020

La huella de carbono de una central térmica para los años 2019-2020 fue de 2052.76 tCO₂e en el año 2019 y 2231.71 tCO₂e en el año 2020. En el caso de la huella de carbono per cápita fue de 157.9 tCO₂e/per. En el año 2020 esta ascendió a 171.67 tCO₂e/per ya que las emisiones de CO₂ equivalente fueron mayores, indicando un incremento en la Huella de Carbono.

- Identificar el nivel de incertidumbre de la información brindada por la organización para la obtención de la huella de carbono.

Teniendo en consideración la disponibilidad de datos, la fuente del factor de emisión, la evidencia brindada y el porcentaje de la huella de carbono en la medición, se realizó el cálculo de representatividad para identificar el nivel de incertidumbre de los datos. Los resultados de este análisis se tienen en la evaluación de incertidumbre en la Tabla 14. Con todo esto, se encontró que algunos niveles de actividad tuvieron una incertidumbre baja como vehículos propios, grupos electrógenos de emergencia, energía, papelería y residuos. Mientras que otros niveles de actividad como aire acondicionado, grupos electrógenos para generar energía para el cliente, pérdidas por transporte y distribución de energía, transporte de trabajadores, uso de agua y vertimiento de aguas residuales tienen una incertidumbre de nivel medio.

- Identificar los niveles de actividad de la sede.

Las fuentes de emisión incluidos son en la categoría 1: combustible para vehículos propios, combustible para grupos electrógenos de emergencia y de generación de energía, aire acondicionado de oficina y pérdidas por transporte y distribución de energía. En la categoría 2, el consumo de energía eléctrica. En la categoría 3 se considera el transporte de trabajadores. En la categoría 4 se tiene el consumo de papel y el uso de agua. No se identificaron fuentes de emisión de la categoría 5. Finalmente, en la categoría 6 se identificó la fuente de vertimiento de aguas residuales y residuos por tipo.

- Identificar cuáles de las fuentes de emisión son los que aportan un mayor porcentaje a la huella de carbono de la sede.

En el año 2019, dentro de las categorías consideradas, la categoría 1 presentó el 99.36% de emisiones. Considerando los niveles de actividad de la sede, el nivel de actividad que aportó más a la huella de carbono total fueron los grupos electrógenos para la generación de energía para el cliente, siendo este el 95.82% del total de emisiones. El segundo nivel de actividad que aportó más fue el originado por los grupos electrógenos de emergencia, que aportaron un 2.31% del total de emisiones. La tercera fuente de emisión que aportó más a la huella de carbono fue el combustible de vehículos propios, 1.08%. Los demás niveles de actividad como uso de agua, pérdidas por transporte y distribución de energía, vertimiento de aguas residuales, energía, papelería, residuos y transporte de trabajadores, aportaron menos de 1%. Para el año 2020, respecto a las categorías consideradas, la categoría 1 representó el 99.44% de las emisiones, siendo nuevamente los grupos electrógenos para generación de energía para el cliente el nivel de actividad que aportó un mayor porcentaje a la huella de carbono. En el año 2020 este aportó el 83.71% de las emisiones totales, y los grupos electrógenos de emergencia aportaron el 14.7% de las emisiones. Los demás niveles de actividad aportaron menos de 1% cada uno.

VI. RECOMENDACIONES

Con los resultados de las emisiones de GEI de la sede para los años 2019 y 2020, se han identificado algunas recomendaciones para realizar una medición con menor incertidumbre y con mayor precisión a futuro.

Para hacer una medición de huella de carbono, se recomienda al cliente enviar un sustento con la información brindada. Estos sustentos o evidencias pueden ser facturas, órdenes de compra, informes de mantenimiento. Dependiendo de la fuente de esta evidencia, la incertidumbre puede disminuir si es que se obtiene, por ejemplo, de una medición calibrada y realizada por un tercero. Se recomendaría a futuro solicitar este sustento o evidencia como algo obligatorio, para que al realizar la medición se pueda corroborar que la información enviada sea certera y no tenga ninguna falla.

En esta medición hubo niveles de actividad como papelería que tuvo que ser estimado utilizando el número de equipos registrados, haciendo que el consumo no sea preciso por sede. A futuro se recomendaría que la empresa tenga un detalle del consumo de papel, en caso de que este sea tercerizado, como lo fue con el papel higiénico de los baños, se requeriría que la empresa que brindó el servicio informe el consumo de manera mensual.

Para una correcta medición de la huella de carbono se necesita la mayor cantidad de información posible de lo que se consume para tener las emisiones más precisas.

Al realizar la encuesta casa trabajo, se recomendaría optar por preguntas con una única respuesta, no dar opción a que quien responda pueda optar por varias opciones, para en este caso considerar el medio de transporte que más se utilizó y no se requiera hacer más estimaciones de parte del equipo.

Por otro lado, al tener un alto número de fuentes de emisión, se requiere manejar una base de datos considerable, algunos inconvenientes que se presentaron por esto fueron demoras en la entrega de información o entregas con información parcial. La entrega de información parcial ya que uno de los factores a considerar al evaluar la incertidumbre es la disponibilidad de los datos. Esto también lleva a tener que trabajar fuera de horario ya que de alguna manera

se tienen que cumplir los plazos. Para mejorar esto, se recomendaría manejar plazos más flexibles con la entrega de información ya que no siempre todas las áreas consideran prioridad el envío de información.

Sería óptimo tener el apoyo de la alta jefatura de la organización para que esto ayude a obtener la información de manera más fluida y rápida, si la organización considera una prioridad la medición, haría que las demás áreas no atrasen el envío de información. Para esto, se recomienda tener reuniones con la alta dirección para presentar el proyecto y expresar la importancia de este. En el caso de esta organización se obtuvo apoyo con el jefe del equipo de desarrollo organizacional (SSOMA) además de su equipo de trabajo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEPSA. (2015). El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEO) en Cepsa. Recuperado de https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/Medio%20Ambiente_Seguridad_Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf4
- DEFRA. (2019). Environmental Reporting Guidelines: including streamlined energy and carbon reporting guidance. Department for Environment Food & Rural Affairs, 2019(March), 1–91. <https://www.gov.uk/government/publications/environmental-reporting-guidelines-including-mandatory-greenhouse-gas-emissions-reporting-guidance>
- GHG Protocol. (2016). Global Warming Potential Values. Recuperado de: <https://ghgprotocol.org/>
- INACAL. (2020). NTP-ISO 14064-1 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. Lima 27, 98.
- INACAL. (2020). NTP-ISO 14064-3 Gases de efecto invernadero . Parte 3 : Especificación con declaraciones sobre gases de efecto invernadero. Lima 27, 113.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). Contaminación atmosférica: emisiones por fuentes móviles. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-moviles>
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- IPCC. (2013). The Fifth Assessment Report of the IPCC. AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

- IPCC. (2019). 2019 the Refinement To the 2006 Ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Fundamental and Applied Climatology, IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- IPCC. (2021). The Sixth Assessment Report of the IPCC. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. IPCC. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Metz, B. Kuijpers, L. Solomon, S. Andersen, S. Davidson, O. Pons, J. de Jager, D. Kestin, T. Manning, M. Meyer, L. (2005). Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System. Cambridge University Press, 478.
- MINAM. (2016). Reporte sectorial de gases de efecto invernadero 2016 Infocarbono. Recuperado de <https://infocarbono.minam.gob.pe/reportes-sectoriales/desechos-2016/>
- MINAM. (2016). Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales.
- MINAM. (2018). Huella de Carbono Perú. Recuperado el 19 de mayo de 2022 de <https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/huellaperu>
- Sánchez, C. (2016). Evolución del concepto de cambio climático y su impacto en la Salud Pública del Perú. Rey Peru Med Exp Salud Publica. 6;33(1), pp. 128-38. doi: 10.17843/rpmesp.2016.331.2014
- Stern, N. (2006). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press, 712.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2010). National Agricultural Library Thesaurus. Recuperado de: <https://agclass.nal.usda.gov/vocabularies/nalt/concept?uri=https%3A//lod.nal.usda.gov/nalt/137438>
- UNFCCC. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Naciones Unidas. 27.
- World Resources Institute (WRI). (2014). Protocolo Global para Inventario de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria: Estándar de contabilidad y reporte para las ciudades. Recuperado de: http://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/1016_GPC_Full_MASTER_v6_ESXM-02-02_FINALpdf.original.pdf?1486373653

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Fichas de Nivel de Actividad Central Térmica 2019 – 2020

Combustible para vehículos propios

Año 2019

		VEHÍCULO 1	VEHÍCULO 2	VEHÍCULO 3
Modelo Tipo de combustible		<i>PETROLEO DB5 S-50 UV</i>	<i>PETROLEO DB5 S-50 UV</i>	<i>PETROLEO DB5 S-50 UV</i>
N°	Mes	COMBUSTIBLE CONSUMIDO (gal)		
1	Enero	35.99	47.07	83.22
2	Febrero	66.53	70.26	67.26
3	Marzo	66.53	40.65	67.26
4	Abril	10.20	83.53	116.03
5	Mayo	35.11	96.09	118.99
6	Junio	76.34	33.17	98.30
7	Julio	52.51	108.05	116.73
8	Agosto	54.41	19.05	88.98
9	Septiembre	54.41	19.05	88.98
10	Octubre	87.21	42.65	137.84
11	Noviembre	83.81	33.63	12.20
12	Diciembre	38.43	37.32	41.82

FUENTE: Central térmica analizada

Año 2020

		VEHÍCULO 1	VEHÍCULO 2	VEHÍCULO 3
Modelo Tipo de combustible		<i>PETROLEO DB5 S-50 UV</i>	<i>PETROLEO DB5 S-50 UV</i>	<i>PETROLEO DB5 S-50 UV</i>
N°	Mes	COMBUSTIBLE CONSUMIDO (gal)		
1	Enero	148.06	55.09	38.60
2	Febrero	75.64	28.38	142.52
3	Marzo	59.52	40.03	44.56
4	Abril	11.07	90.69	125.97
5	Mayo	39.13	107.09	132.62
6	Junio	71.80	0.00	67.52
7	Julio	26.35	0.00	93.08
8	Agosto	46.95	0.00	31.65

Continuación ...

9	Septiembre	59.55	0.00	49.14
10	Octubre	26.34	7.83	133.52
11	Noviembre	77.00	9.27	33.24
12	Diciembre	41.81	8.09	90.90

FUENTE: Central térmica analizada

Combustible para grupos electrógenos de emergencia

Año 2019

		Tipo de combustible	Biodiesel B5 - S50	Biodiesel B5 - S51
N°	Mes	Combustible consumido (galones)		
		Equipo 1	Equipo 2	
1	Enero	0.00	0.00	
2	Febrero	0.00	0.00	
3	Marzo	0.00	0.00	
4	Abril	760.93	0.00	
5	Mayo	0.00	0.00	
6	Junio	873.33	0.00	
7	Julio	654.76	0.00	
8	Agosto	32.37	0.00	
9	Septiembre	351.04	0.00	
10	Octubre	0.00	0.00	
11	Noviembre	11.11	1839.94	
12	Diciembre	301.88	0.00	
Total Anual		4825.36		

FUENTE: Central térmica analizada

Año 2020

		Tipo de combustible	Biodiesel B5 - S50	Biodiesel B5 - S51
N°	Mes	Combustible consumido (galones)		
		Equipo 1	Equipo 2	
1	Enero	3291.80	0.00	
2	Febrero	2329.79	0.00	

Continuación ...

3	Marzo	1882.42	0.00
4	Abril	207.12	0.00
5	Mayo	0.00	0.00
6	Junio	250.22	3607.83
7	Julio	0.00	2418.82
8	Agosto	1946.56	0.00
9	Septiembre	689.26	0.00
10	Octubre	1395.66	4534.75
11	Noviembre	411.37	7759.61
12	Diciembre	25.09	2678.14
	Total Anual	33428.44	

FUENTE: Central térmica analizada

Combustible para grupos electrógenos para generación de energía

Año 2019

	Tipo de combustible	Biodiésel	Biodiésel
N°	Mes	Combustible consumido (galones)	
		Grupo electrógeno I	Grupo electrógeno II
1	Enero	9789.06	9913.94
2	Febrero	9387.47	8503.53
3	Marzo	8889.14	8982.86
4	Abril	7837.77	8622.29
5	Mayo	8397.46	8648.54
6	Junio	7597.98	8339.69
7	Julio	8760.72	7822.52
8	Agosto	7312.30	7063.32
9	Septiembre	7849.47	7354.62
10	Octubre	8380.40	7773.76
11	Noviembre	7720.71	7753.25
12	Diciembre	8881.84	8796.28
	Total Anual	200378.93	

FUENTE: Central térmica analizada

Año 2020

		Tipo de combustible	Biodiésel	Biodiésel
N°	Mes	Combustible consumido (galones)		
		Grupo electrógeno I	Grupo electrógeno II	
1	Enero	7383.07	9043.13	
2	Febrero	9308.77	7633.44	
3	Marzo	10840.65	10325.93	
4	Abril	9230.12	9170.76	
5	Mayo	8683.08	8399.92	
6	Junio	7045.12	7014.83	
7	Julio	7934.31	7762.87	
8	Agosto	8941.06	7267.38	
9	Septiembre	8446.34	8104.40	
10	Octubre	5989.71	6168.88	
11	Noviembre	4643.30	4688.72	
12	Diciembre	8111.12	8177.64	
Total Anual		190314.56		

FUENTE: Central térmica analizada

Aire acondicionado – para 2019 y 2020

N°	Modelo	Cantidad	Ubicación	Gas refrigerante	Capacidad BTU/HP	Periodicidad de recarga	Veces al año de recarga	Recarga anual (kg)	Funcionamiento (todo año - %)	Fuga de gas anual (kg de
1	Mini Split	3	Oficina	R-22	18,000	Trimestral	4	1	100%	0.72
2	Mini Split	1	Oficina	R-22	12,000	Semestral	2	1	100%	0.12
3	Mini Split	1	Oficina Técnica	R-22	18,000	Semestral	2	1	100%	0.12
		5					8			0.96

FUENTE: Central térmica analizada

Pérdidas por transporte y distribución de la energía eléctrica

Año 2019

	Pérdidas por transporte y distribución (kWh)
Total anual	160,730.00

FUENTE: Central térmica analizada

Año 2020

	Pérdidas por transporte y distribución (kWh)
Total anual	216,110.00

FUENTE: Central térmica analizada

Consumo de energía eléctrica

N°	Mes	Consumo de energía (kWh)	
		2019	2020
1	Enero	3590	5635.25
2	Febrero	3923.3	5039.7
3	Marzo	4049.7	5321.89
4	Abril	3122.5	5032.79
5	Mayo	2658.5	2241
6	Junio	2202	2201
7	Julio	2248	2343.4
8	Agosto	2372	2513.6
9	Septiembre	2672	2440
10	Octubre	3260	2928
11	Noviembre	3002	2873
12	Diciembre	3241.1	3391
		36341.1	41960.63

FUENTE: Central térmica analizada

Papelería

Año 2019

N°	Concepto	Descripción	Medidas (cm)		Gramaje (peso en g/m ²)	Unidad	Unidades adquiridas en el año	kg/año
			Alto	Ancho				
1	Papel bond	PAPEL BOND A4	29.70	21.00	80	mill	41.56	207.80

FUENTE: Central térmica analizada

Año 2020

N°	Concepto	Descripción	Medidas (cm)		Gramaje (peso en g/m ²)	Unidad	Unidades adquiridas en el año	kg/año
			Alto	Ancho				
1	Papel bond	PAPEL BOND A4	29.70	21.00	80	mill	16.59	82.93

FUENTE: Central térmica analizada

Consumo de agua y vertimiento de aguas residuales

		Consumo de agua (m ³)	
N°	Mes	2019	2020
1	Enero	50	55
2	Febrero	44	37
3	Marzo	42	46
4	Abril	52	14
5	Mayo	32	46
6	Junio	37	46
7	Julio	41	46
8	Agosto	41	46
9	Septiembre	33	68
10	Octubre	51	171.5
11	Noviembre	56	71
12	Diciembre	41	58
		520	704.5

FUENTE: Central térmica analizada

Residuos sólidos

Año 2019

		Peso total de residuos (kg)												
Nº	Tipo de residuo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
1	Papel y cartón	12.20	5.70	7.70	9.70	7.20	5.70	12.20	8.20	8.20	6.20	8.20	4.20	95.40
2	Residuos orgánicos	6.48	5.53	7.42	7.54	2.88	6.37	1.20	2.03	1.92	2.08	1.57	0.46	45.48
3	Residuos generales	1.00	0.80	1.20	1.20	1.00	1.00	1.30	1.30	1.20	1.50	1.00	2.00	14.50

FUENTE: Central térmica analizada

Año 2020

		Peso total de residuos (kg)												
Nº	Tipo de residuo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
1	Papel y cartón	10.14	7.50	12.00	4.40	4.30	2.30	4.28	4.50	5.20	3.00	4.80	6.50	68.92
2	Residuos generales	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	0.30	0.20	0.15	0.25	0.40	2.80
3	Residuos orgánicos	6.63	6.00	10.00	5.50	5.20	1.50	0.96	2.50	2.90	2.60	2.80	3.30	49.89

FUENTE: Central térmica analizada

Anexo 2: Encuesta Transporte Casa – Trabajo

Encuesta sobre los medios de transporte de trabajadores

Estimado/a,

¿Sabías que el calentamiento global es producto de las actividades que realizamos en las empresa y de otras actividades de nuestro día a día? Por ello, nos encontramos en el proceso de medir sus emisiones o Huella de Carbono para el periodo 2019 - 2020. Parte importante de este proyecto es la estimación de emisiones derivadas de los medios de transporte utilizados por los trabajadores (propios y terceros) para desplazarse desde su hogar hasta la empresa y viceversa.

Por tal motivo, apreciamos su colaboración y apoyo a través del desarrollo de esta encuesta, la cual permitirá el cumplimiento de uno de los compromisos de la Política del Sistema Integrado de Gestión.

*Obligatorio

Datos de los trabajadores

1. Nombres y apellidos *

Dirección de su vivienda

2. Provincia *

3. Distrito *

4. Av./Calle/Jr./Pje., número *

Dirección de su trabajo

5. Sede/Instalación de trabajo *

Marca solo un óvalo.

- Sede Central
- Subestación de transmisión 1
- Subestación de transmisión 2
- Subestación de transmisión 3
- Subestación de transmisión 4
- Central térmica

6. Provincia *

7. Distrito *

8. Av./Calle/Jr./Pje., número *

9. Área a la que pertenece *

10. Indique su fecha de inicio de labores en la empresa *

Ejemplo: 7 de enero de 2019

11. Selecciones su modalidad de trabajo *

Marca solo un óvalo.

- Personal propio de la empresa
- Personal de servicios por tercero

ANTES DE
LA
PANDEMIA

En caso de haber ingresado a laborar en la empresa luego de la pandemia (a partir del 16 de marzo 2020), por favor elija la opción "Ingresé luego de la pandemia"

12. ¿Cuántos días a la semana se movilizaba a su centro de labores, en el 2019 y el 2020, antes de la pandemia? *

Por ejemplo: José Pérez trabajó de lunes a sábado; Respuesta: 6.

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- Ingresé luego de la pandemia

13. ¿Cuál es el medio de transporte que más utilizaba para ir al trabajo? *

Marca solo un óvalo.

- Movilidad de la empresa *Ir a la pregunta 19*
- Auto propio *Ir a la pregunta 17*
- Auto compartido (no propio) *Ir a la pregunta 19*
- Taxi *Ir a la pregunta 19*
- Bus o combi *Ir a la pregunta 19*
- Motocicleta *Ir a la pregunta 19*
- Mototaxi *Ir a la pregunta 19*
- Bicicleta *Ir a la pregunta 19*
- A pie *Ir a la pregunta 19*
- Otro *Ir a la pregunta 19*
- Ingresé luego de la pandemia *Ir a la pregunta 19*

14. ¿Cuál es el medio de transporte que más utilizaba para regresar del trabajo? *

Marca solo un óvalo.

- Movilidad de la empresa *Ir a la pregunta 19*
- Auto propio *Ir a la pregunta 17*
- Auto compartido (no propio) *Ir a la pregunta 19*
- Taxi *Ir a la pregunta 19*
- Bus o combi *Ir a la pregunta 19*
- Motocicleta *Ir a la pregunta 19*
- Mototaxi *Ir a la pregunta 19*
- Bicicleta *Ir a la pregunta 19*
- A pie *Ir a la pregunta 19*
- Otro *Ir a la pregunta 19*
- Ingresé luego de la pandemia *Ir a la pregunta 19*

15. Si en la pregunta anterior seleccionó la opción AUTO COMPARTIDO, por favor, especificar: ¿Con cuántas personas compartía el auto?

16. Si en la pregunta anterior seleccionó la opción OTRO, por favor, especificar el medio de transporte que utilizó para movilizarse al trabajo:

Vehículo propio

17. ¿Cuál es/era el modelo del vehículo? *

Marca solo un óvalo.

- Auto
- Camioneta
- Van

18. ¿Qué tipo de combustible utilizaba su vehículo? *

Marca solo un óvalo.

- Gasolina
- Diésel
- GLP
- GNV

DURANTE LA
PANDEMIA

Desde el 16 de marzo del 2020 al 31 de diciembre del 2020

19. ¿Ha trabajado de forma presencial durante la pandemia? *

Marca solo un óvalo.

- Sí *Ir a la pregunta 20*
- No

TRABAJO DURANTE LA
PANDEMIA

Desde el 16 de marzo del 2020 al 31 de diciembre del 2020

20. Aproximadamente ¿Cuántos días a la semana trabajó presencialmente durante el 2020? *

Ejemplo: José trabajó presencialmente en Marzo de lunes a viernes; Respuesta: 5.

José trabajó presencialmente en Abril lunes, miércoles y viernes; Respuesta: 3.

NO trabajó presencialmente en Mayo; Respuesta: 0

José

Selecciona todas las opciones que correspondan.

	0	1	2	3	4	5	6	7
16 all 31 marzo	<input type="checkbox"/>							
Abriill	<input type="checkbox"/>							
Mayo	<input type="checkbox"/>							
Junio	<input type="checkbox"/>							
Jullio	<input type="checkbox"/>							
Agostto	<input type="checkbox"/>							
Settiembre	<input type="checkbox"/>							
Octtubre	<input type="checkbox"/>							
Noviembre	<input type="checkbox"/>							
Diiciembre	<input type="checkbox"/>							

21. ¿Cuál es el medio de transporte que más utilizó para ir al trabajo durante los siguientes meses de la pandemia? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

	Movilidad de la empresa	Auto propio	Auto compartido	Taxi	Bus o combi	Motocicleta	Mototaxi
16 all 31 de marzo	<input type="checkbox"/>						
Abriill	<input type="checkbox"/>						
Mayo	<input type="checkbox"/>						
Juniio	<input type="checkbox"/>						
Jullio	<input type="checkbox"/>						
Agostto	<input type="checkbox"/>						
Settiembre	<input type="checkbox"/>						
Octubre	<input type="checkbox"/>						
Noviembre	<input type="checkbox"/>						
Diiciembre	<input type="checkbox"/>						

22. ¿Cuál es el medio de transporte que más utilizó para regresar a casa del trabajo durante los siguientes meses de la pandemia? *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

	Movilidad de la empresa	Auto propio	Auto compartido	Taxi	Bus o combi	Motocicleta	Mototaxi
16 all 31 de marzo	<input type="checkbox"/>						
Abriill	<input type="checkbox"/>						
Mayo	<input type="checkbox"/>						
Junio	<input type="checkbox"/>						
Jullio	<input type="checkbox"/>						
Agosto	<input type="checkbox"/>						
Setiembre	<input type="checkbox"/>						
Octubre	<input type="checkbox"/>						
Noviembre	<input type="checkbox"/>						
Diciembre	<input type="checkbox"/>						

23. Si en la pregunta anterior seleccionó la opción AUTO PROPIO, por favor, especificar: ¿Qué tipo de combustible utilizó su vehículo?

Marca solo un óvalo.

- Gasolina
- Diésel
- GLP
- GNV

24. Si en la pregunta anterior seleccionó la opción AUTO PROPIO, por favor, especificar: ¿Cuál es el modelo de su vehículo?

Marca solo un óvalo.

- Auto
- Camioneta
- Van

25. Si en la pregunta anterior seleccionó la opción AUTO COMPARTIDO, por favor, especificar: ¿Con cuántas personas comparte el auto?

26. Si en la pregunta anterior seleccionó la opción OTRO, por favor, especificar el medio de transporte que utilizó para movilizarse al trabajo:

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

Anexo 3: Fuentes de Factores de Emisión

A continuación, se detallan las fuentes de los factores de emisión:

Fuente de emisión	Fuente bibliográfica
Vehículos propios	<ul style="list-style-type: none">- IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2. Capítulo 3.- MINAM (2020). Reporte Anual de GEI del Sector Energía 2016. Combustión móvil.
Generadores eléctricos	<ul style="list-style-type: none">- IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2. Capítulo 2.- MINAM (2020). Reporte Anual de GEI del Sector Energía 2016. Combustión estacionaria.
Aire acondicionado	Department of Energy and Climate Change del Reino Unido (2013). Environmental reporting Guidelines.
Energía eléctrica	IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2. Capítulo 2.
Transporte casa-trabajo de colaboradores	Department of Energy and Climate Change del Reino Unido. UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting.
Papelería	Department of Energy and Climate Change del Reino Unido (2021). Government GHG Conversion Factors for Company Reporting.
Uso de agua	Department of Energy and Climate Change del Reino Unido (2021). Government GHG Conversion Factors for Company Reporting.
Residuos sólidos	IPCC (2006 y 2019). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5. Capítulo 2.
Aguas residuales domésticas	Department of Energy and Climate Change del Reino Unido (2021). Government GHG Conversion Factors for Company Reporting.