UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN TRES EMPRESAS DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO DEL DISTRITO MANANTAY - 2019

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO FORESTAL

ALAN JESÚS FERREYROS SÁNCHEZ

Pucallpa, Perú
2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 463/2024-CGyT-FCFyA-UNU

En la Ciudad de Pucallpa, a las 11:00 horas del día jueves 18 de abril del 2024, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales que fueron nombrados mediante memorándum Mult. Nº 015-2024-UNU-FCsFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Gabriel Mercado Jauregui	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la tesis titulada **"ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN TRES EMPRESAS DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO DEL DISTRITO DE MANANTAY 2019"**, presentado por el Bachiller **FERREYROS SANCHEZ ALAN JESUS,** asesorado por Mg. Tedy Tuesta Torrejón. finalizada la sustentación, se procede a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante en consecuencia la tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD,** recomendando su publicación previo levantamiento de observaciones, quedando expedita para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL.**

Siendo las 12:10 se dio por culminado la actividad académica, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida para su aprobación ante el jurado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, de la Universidad Nacional de Ucayali, integrado por los siguientes docentes:

Dr. Gabriel Mercado Jauregui — PRESIDENTE

Dr. David León Moreno — MIEMBRO

M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio — MIEMBRO

Mg. Tedy Tuesta Torrejon — ASESOR

Bach. Alan Jesús Ferreyros Sánchez — TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0140-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN TRES EMPRESAS DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO DEL DISTRITO MANANTAY-2019"

Autor(es)	:	**FERREYROS SANCHEZ, ALAN JESUS**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. FORESTAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. TEDY TUESTA TORREJÓN**

Presenta un **porcentaje de similitud de 3%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 18/03/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, ALAN JESUS FERREYROS SÁNCHEZ

Autor de la tesis titulada : ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN TRES EMPRESAS DE LA INDUSTRIA DEL ASERRIO DEL DISTRITO DE MANANTAY 2019.

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Mg. TEDY TUESTA TORREJON

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERIA FORESTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 18/04/2024.

Email: ajesusfs@gmail.com Firma:

Teléfono: 961021904 DNI: 42593965

DEDICATORIA

A Dios, por guiar siempre mi camino, brindarme fortaleza en los momentos difíciles y por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida.

A mis padres, Jorge y Lidmer, por su apoyo incondicional en mi formación personal y profesional, por su esfuerzo, dedicación y por el amor infinito que siempre me han brindado.

A mis hijos, por regalarme la dicha de ser padre y convertirse en mi mayor motivación para seguir adelante y superarme cada día.

A mi esposa, por ser parte fundamental de mi vida, por su amor, comprensión y constante apoyo en cada etapa de este proceso.

A mis abuelos, Virgilio y Edith, con profundo respeto y gratitud por sus enseñanzas, valores y el cariño que siempre me han brindado.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a los docentes de la Universidad Nacional de Ucayali, quienes a lo largo de mi formación universitaria compartieron sus valiosos conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a mi desarrollo académico y profesional.

De manera especial, agradezco al Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón, asesora de la presente tesis, por su orientación, motivación, confianza y permanente apoyo durante todo el proceso de desarrollo de esta investigación.

Asimismo, agradezco a los gerentes de las empresas forestales, al personal supervisor, administrativo y de planta de **"**Industrias Forestales B&J", "Aserradero Jorge Rolando" y "Aserradero Vásquez**"**, por las facilidades brindadas y por la disposición mostrada al proporcionar la información necesaria para el desarrollo de este trabajo.

De igual forma, expreso mi gratitud a mis colegas Erasmo Rosado, Cristiam Pinedo, Hamilton Beraún y Erich Domínguez, por su apoyo, colaboración y amistad durante este proceso.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA..... vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL..... viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

RESUMEN xv

ABSTRACT xvi

INTRODUCCIÓN xvii

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 20

1.1. Descripción del problema 20

1.2. Formulación del problema 23

1.2.1. Problema general……..……..23

1.2.2. Problemas específicos……...23

1.3. Justificación 23

1.4. Objetivos de la investigación 25

1.4.1. Objetivo general……25

1.4.2. Objetivos específicos……...25

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....26

2.1. Antecedentes de la investigación 26

2.1.1. Antecedentes internacionales…….…..26

2.1.2. Antecedentes nacionales……...29

2.2. Bases teóricas 33

2.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio

Climático 33
2.2.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI) 34
2.2.3. Potencial de Calentamiento Global (PCG) 36
2.2.4. Huella de Carbono (HC) 37
2.2.5. Carbono Neutro (CN) 37
2.2.6. Iniciativas relacionadas con la Huella de Carbono en el Perú 38
2.3. Definición de términos básicos 39
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 42
3.1. Método de investigación 42
3.1.1. Tipo de investigación 42
3.1.2. Nivel de investigación 43
3.1.3. Diseño de investigación 43
3.2. Ubicación del estudio 44
3.2.1. Industria del aserrío de Pucallpa 44
3.2.2. Infraestructura de las empresas 44
3.2.3. Estructura organizacional de las empresas 46
3.2.4. Delimitación de tiempo y espacio 48
3.3. Población y muestra 48
3.3.1. Población 48
3.3.2. Muestra 49
3.4. Procedimiento de recolección de datos 50
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 53
3.6. Procesamiento para la recolección de datos 54
3.7. Tratamiento de datos 65
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN 66

4.1. Diagnóstico de la organización 66
4.2. Determinación de límites organizales y operacionales del inventario de GEI 73
4.3. Cuantificación de emisiones totales de GEI de las empresas evaluadas..81
4.4. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 1.....83
4.5. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 2.....86
4.6. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 3.....90
4.7. Gestión integral de la huella de carbono……94
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 95
5.1. Conclusiones 95
5.2. Recomendaciones 96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 99
ANEXOS 105

ÍNDICE DE TABLAS

En el texto:		**Pág.**
Tabla 1.	Potencial de Calentamiento Global de los Principales GEI…	36
Tabla 2.	Áreas de trabajo de las empresas en estudio…….	45
Tabla 3.	Número de trabajadores encuestados……..	48
Tabla 4.	Valor calorífico neto, densidad y factores de emisión de combustibles fósiles…….	55
Tabla 5.	Consideraciones técnicas para la plantación de la especie “Tornillo”…….	64
Tabla 6.	Valores de captura de CO2 para plantación de 27 años de la especie Cedrelinga catenaeformis……	65
Tabla 7.	Volumen de empresas de aserraderos evaluados…….	67
Tabla 8.	Consumo de energía eléctrica del año 2019……..	72
Tabla 9.	Fuentes de emisión de GEI atribuibles a las actividades de la empresa Industrias y Servicios “Vásquez”……..	75
Tabla 10.	Fuentes de emisión de GEI atribuibles a las actividades de la empresa Aserradero “Jorge Rolando”……..	76
Tabla 11.	Fuentes de emisión de GEI atribuibles a las actividades de la empresa “Industrias Forestales B&J”……	77
Tabla 12.	Conversión de energía reactiva a energía activa……	79
Tabla 13.	Consumo eléctrico por turno de las empresas estudiadas…	80
Tabla 14.	Emisiones totales de GEI por alcance……..	81
Tabla 15.	Estimación per cápita de la Huella de Carbono……..	82
Tabla 16.	Consumo por tipo de Combustible……	84
Tabla 17.	Emisiones de GEI por consumo de combustible…….	84

Tabla 18. Consumo eléctrico por áreas de las empresas……. 86

Tabla 19. Factor de emisión de energía eléctrica……. 87

Tabla 20. Emisión de GEI por consumo de energía……. 88

Tabla 21. Emisiones de GEI por consumo de papel……. 90

Tabla 22. Emisiones de GEI por transporte Casa-Empresa-Casa……. 92

En el anexo:

Tabla 23A. Requerimiento de superficie plantada de Tornillo para la neutralización de la huella de carbono…….. 112

Tabla 24A. Propuesta del Plan de Carbono Neutro…… 113

Tabla 25A. Emisiones directas de GEI de combustible por fuente de emisión en las empresas estudiadas…… 114

Tabla 26A. Emisiones directas de GEI por tipo de combustible en las empresas estudiadas…….. 115

Tabla 27A. Emisiones indirectas de GEI de energía eléctrica por área de trabajo – Aserradero “Vásquez”…… 116

Tabla 28A. Emisiones indirectas de GEI de energía eléctrica por área de trabajo – Aserradero “Jorge Rolando”……. 117

Tabla 29A. Emisiones indirectas de GEI de energía eléctrica por área de trabajo – “Industrias Forestales B&J”…….. 118

Tabla 30A. Emisiones indirectas de GEI por tipo de papel en las empresas estudiadas…….. 119

Tabla 31A. Emisiones indirectas de GEI de transporte por categoría de personal……. 120

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto: **Pág.**

Figura 1. Mapa de ubicación de las empresas forestales evaluadas…. 46

Figura 2. Estructura orgánica de las empresas evaluadas…….. 47

Figura 3. Diagrama de límites organizacionales y operacionales de las empresas evaluadas……. 52

Figura 4. Diagrama del volumen de producción anual de las empresas evaluadas…… 66

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de producción de madera aserrada de las empresas evaluadas……. 70

Figura 6. Consumo de mensual de energía eléctrica 2019 por empresa…….. 78

Figura 7. Distribución de las emisiones de GEI totales según alcance. 82

Figura 8. Emisiones de GEI por consumo de combustible…… 85

Figura 9. Matriz Energética Peruana 2017 por tipo de generación……. 87

Figura 10. Emisiones por consumo de energía eléctrica…… 88

Figura 11. Emisiones generadas por transporte de Casa-Empresa-Casa……. 92

Figura 12. Modalidad utilizada en el transporte de Casa-Empresa-Casa. 93

En el anexo:

Figura 13A. Maquinaria que realizan el transporte interno de madera rolliza y aserrada…… 125

Figura 14A. Identificación de potencias nominales en motores eléctricos del Carro porta troza, Sierra Principal y Despuntadora del aserradero “Vásquez”…… 126

Figura 15A. Sala de aserrío de las empresas en estudio…….. 127

Figura 16A. Tipo de fluorescentes existentes en las empresas evaluadas. 128

Figura 17A. Oficina administrativa de una de las empresas evaluadas…. 129

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo calcular la huella de carbono de tres empresas aserradoras ubicadas en el distrito de Manantay. Para ello, se utilizó la metodología del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), desarrollado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI). Asimismo, se emplearon factores de emisión proporcionados por organismos internacionales, principalmente el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), para la cuantificación de las emisiones expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq). En el desarrollo de la investigación se establecieron los límites organizacionales y operacionales con el propósito de identificar y clasificar las fuentes de emisión en los tres alcances establecidos por el GHG Protocol: alcance 1, correspondiente a las emisiones directas generadas por el consumo de combustibles; alcance 2, relacionado con el consumo de energía eléctrica; y alcance 3, asociado a emisiones indirectas derivadas del transporte del personal. Para la recolección de información se aplicó una encuesta a 42 trabajadores con el fin de identificar los medios de transporte utilizados en sus desplazamientos. Asimismo, se realizó un inventario del consumo eléctrico en las diferentes áreas de las empresas. Los resultados mostraron una emisión total de 255.54 tCO_2eq, donde el alcance 2 representó el 53.66% del total debido al consumo de energía eléctrica en el proceso de aserrío de madera. El alcance 1 representó el 45.07%, asociado al consumo de combustibles, mientras que el alcance 3 representó el 1.27% del total de emisiones.

Palabras clave: Huella de carbono, gases de efecto invernadero, tCO_2eq, aserradero, industria forestal.

ABSTRACT

The present study aimed to calculate the carbon footprint of three sawmill companies located in the district of Manantay. For this purpose, the methodology of the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) was applied, developed by the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and the World Resources Institute (WRI). In addition, emission factors provided by international organizations, mainly the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), were used to quantify emissions expressed in tons of carbon dioxide equivalent (tCO_2eq). During the development of the research, organizational and operational boundaries were established in order to identify and classify emission sources into the three scopes defined by the GHG Protocol: Scope 1, corresponding to direct emissions generated by fuel consumption; Scope 2, related to electricity consumption; and Scope 3, associated with indirect emissions derived from employee transportation. For data collection, a survey was conducted with 42 workers to identify the means of transportation used for their daily commuting. In addition, an electricity consumption inventory was carried out in the different areas of the companies. The results showed a total emission of 255.54 tCO_2eq, where Scope 2 accounted for 53.66% of the total emissions due to electricity consumption during the wood sawing process. Scope 1 represented 45.07%, associated with fuel consumption, while Scope 3 accounted for 1.27% of the total emissions.

Keywords: Carbon footprint, greenhouse gases, tCO_2eq, sawmill, forest industry.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático constituye uno de los mayores desafíos ambientales a nivel mundial, debido principalmente al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de diversas actividades productivas. Entre estos gases, el dióxido de carbono (CO_2) es uno de los principales responsables del calentamiento global. En este contexto, la medición de la huella de carbono (HC) se ha convertido en una herramienta fundamental para evaluar el impacto ambiental de las actividades económicas, permitiendo identificar las principales fuentes de emisión y establecer estrategias orientadas a su reducción.

En el Perú, según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2009), el país genera aproximadamente el 0.4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero; sin embargo, se considera uno de los países más vulnerables frente a los efectos del cambio climático. En las últimas tres décadas, por ejemplo, los glaciares peruanos han perdido cerca del 22% de su superficie, lo que representa alrededor del 71% de los glaciares tropicales del mundo. Esta situación evidencia la necesidad de promover acciones orientadas a la mitigación de las emisiones de GEI y a la gestión sostenible de las actividades productivas.

En este sentido, la industria del aserrío en la ciudad de Pucallpa, región Ucayali, desempeña un papel importante en el desarrollo económico local y regional, debido a su contribución en la generación de empleo y en la producción de madera procesada para el mercado nacional e internacional. No obstante, las actividades propias de esta industria, tales como el consumo de combustibles, el uso de energía eléctrica y el transporte, generan emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático. A pesar de ello, existe limitada

información sobre la huella de carbono generada por las empresas del sector aserradero en esta región.

Por otro lado, en el contexto actual de sostenibilidad y responsabilidad ambiental, las empresas se enfrentan a regulaciones ambientales cada vez más exigentes y a una creciente demanda de los consumidores por productos con menor impacto ambiental. En este sentido, la medición de la huella de carbono permite a las organizaciones conocer la cantidad de emisiones de GEI generadas durante sus procesos productivos, lo que facilita la implementación de estrategias de mitigación y compensación orientadas a reducir su impacto ambiental. Asimismo, contar con una huella de carbono reducida puede representar una ventaja competitiva en el mercado, al demostrar el compromiso de las empresas con la sostenibilidad ambiental (OECC, 2014).

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó la metodología del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), elaborada por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI). Además, se utilizó la herramienta de cálculo de huella de carbono propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM), mediante la cual se recopilaron y analizaron datos relacionados principalmente con el consumo de combustible, energía eléctrica, transporte del personal y consumo de papel en las empresas evaluadas.

En ese contexto, la presente investigación tiene como objetivo general calcular la huella de carbono de tres empresas pertenecientes a la industria del aserrío del distrito de Manantay, con la finalidad de elaborar una propuesta de Plan de Carbono Neutro orientado a la reducción y compensación de las

emisiones de gases de efecto invernadero generadas en sus procesos productivos.

De esta manera, el estudio busca contribuir con información relevante para la industria del aserrío en Pucallpa, promoviendo la mejora de la gestión ambiental empresarial, la reducción de las emisiones de GEI y el fortalecimiento de prácticas productivas sostenibles que contribuyan a la mitigación del cambio climático.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En las últimas décadas, el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, debido a su estrecha relación con el cambio climático. Este fenómeno representa una amenaza significativa para los ecosistemas, las economías y el bienestar de las sociedades. A pesar de los esfuerzos internacionales orientados a la mitigación y adaptación al cambio climático, aún existe una limitada participación de diversos sectores productivos en la implementación de medidas concretas que permitan reducir dichas emisiones.

En el caso del Perú, el consumo energético continúa dependiendo en gran medida de los hidrocarburos. Según el Statista Research Department (2023), en el año 2021 aproximadamente el 71.67% de la energía primaria consumida en el país provino de fuentes fósiles, como el petróleo y el gas natural. Por otro lado, el 29.17% correspondió a energías renovables, entre las que destacan la biomasa, la energía hidroeléctrica y la geoenergía. Esta situación evidencia la necesidad de implementar estrategias orientadas a optimizar el uso de la energía y promover prácticas productivas sostenibles que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI.

En este contexto, la huella de carbono se ha convertido en una herramienta fundamental para medir el impacto ambiental de las

actividades productivas. Este indicador permite cuantificar la cantidad total de emisiones de GEI generadas directa o indirectamente por una organización, producto o proceso. De esta manera, el cálculo de la huella de carbono constituye el primer paso para que las empresas puedan identificar sus principales fuentes de emisión y, posteriormente, implementar medidas orientadas a la mitigación del impacto ambiental.

Asimismo, la reducción de emisiones no solo representa un beneficio ambiental, sino también un beneficio económico y competitivo para las empresas. En efecto, las organizaciones que implementan estrategias de gestión ambiental pueden mejorar su eficiencia energética, reducir costos operativos y fortalecer su imagen de responsabilidad social empresarial. Además, el cálculo de la huella de carbono permite a las empresas demostrar su compromiso con los objetivos ambientales nacionales e internacionales relacionados con el desarrollo sostenible.

Por otro lado, el sector forestal y la industria de la madera presentan características particulares en relación con el cambio climático. Los bosques, que constituyen la principal fuente de materia prima de esta industria, actúan como sumideros naturales de carbono, ya que capturan dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera y lo almacenan en la biomasa vegetal, el suelo y los productos forestales. Sin embargo, este potencial de almacenamiento de carbono puede verse afectado por diversos factores, como las prácticas de manejo forestal, las condiciones climáticas y el incremento de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera.

En este sentido, la industria forestal tiene la posibilidad de contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático, especialmente

cuando emplea biomasa como fuente de energía, la cual genera menores emisiones en comparación con los combustibles fósiles. De acuerdo con Dieste y Gaudioso (2013), el aprovechamiento de subproductos del aserrío para la generación de energía puede reducir considerablemente la huella de carbono durante la producción de madera aserrada. Asimismo, el uso de madera como material sustituto de otros productos industriales, como el acero, el aluminio o el concreto, puede contribuir a disminuir el consumo energético y las emisiones asociadas a su producción.

En la ciudad de Pucallpa, específicamente en el distrito de Manantay, la industria del aserrío representa una de las principales actividades económicas relacionadas con el sector forestal. No obstante, a pesar de su importancia económica, existe escasa información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por estas empresas, lo que limita la implementación de estrategias de gestión ambiental orientadas a la reducción de su impacto climático.

En consecuencia, resulta necesario estimar la huella de carbono de las empresas del sector aserradero, con el fin de identificar las principales fuentes de emisión y proponer medidas que contribuyan a la mitigación del cambio climático. Asimismo, esta información permitirá a las empresas mejorar su gestión ambiental, fortalecer su responsabilidad social empresarial y orientar sus procesos productivos hacia un modelo de desarrollo sostenible.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la huella de carbono de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por tres empresas de la industria del aserrío del distrito Manantay?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la huella de carbono de las emisiones provenientes del consumo de combustible y del consumo de energía eléctrica en tres empresas de la industria del aserrío del distrito de Manantay?
- ¿Cuál es la huella de carbono de las emisiones generadas por el transporte del personal y el consumo de papel en tres empresas de la industria del aserrío del distrito de Manantay?
- ¿Cuáles son las medidas que pueden implementarse para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en tres empresas de la industria del aserrío del distrito de Manantay?

1.3. Justificación

La presente investigación se justifica debido a la creciente necesidad de evaluar y reducir el impacto ambiental generado por las actividades productivas, especialmente en sectores industriales vinculados al aprovechamiento de los recursos naturales. En este sentido, el cálculo de

la huella de carbono permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las empresas, constituyendo una herramienta clave para la gestión ambiental y la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad.

Desde el punto de vista ambiental, el estudio contribuirá a identificar las principales fuentes de emisión de GEI en las empresas del sector aserradero del distrito de Manantay, lo que permitirá proponer estrategias orientadas a la reducción de dichas emisiones y, por ende, a la mitigación del cambio climático.

Desde una perspectiva económica y empresarial, el conocimiento de la huella de carbono permitirá a las empresas mejorar su eficiencia energética, optimizar el uso de los recursos y fortalecer su competitividad en un mercado cada vez más exigente en materia de sostenibilidad ambiental.

Asimismo, desde el punto de vista social, la investigación contribuirá a promover una mayor conciencia ambiental en el sector forestal, incentivando la adopción de prácticas productivas responsables que favorezcan el desarrollo sostenible de la región.

Finalmente, los resultados del estudio podrán servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con la medición de la huella de carbono en el sector forestal, contribuyendo al fortalecimiento del conocimiento científico en esta área.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Calcular la huella de carbono de tres empresas de la industria del aserrío del distrito de Manantay, con la finalidad de elaborar una propuesta de Plan de Carbono Neutro orientado a la reducción y compensación de emisiones de gases de efecto invernadero.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la huella de carbono de las emisiones generadas por el consumo de combustible y energía eléctrica en tres empresas del sector de la industria del aserrío del distrito de Manantay.
- Estimar la huella de carbono de las emisiones generadas por el transporte del personal y el consumo de papel en tres empresas del sector de la industria del aserrío del distrito de Manantay.
- Proponer medidas de mitigación orientadas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en tres empresas del sector de la industria del aserrío del distrito de Manantay.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Diversos estudios a nivel internacional han analizado la medición de la huella de carbono en organizaciones e industrias forestales con el propósito de identificar las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y proponer estrategias de mitigación.

En este sentido, De Toro et al. (2015) desarrollaron la investigación titulada *"Huella de carbono de la Universidad de Córdoba"*, cuyo objetivo fue determinar la huella de carbono generada por la población estudiantil de dicha institución. Los resultados evidenciaron que las emisiones derivadas del consumo de combustible alcanzaron 1.361,99 t CO_2, mientras que las emisiones provenientes del consumo de energía eléctrica fueron de 6.632,80 t CO_2. Asimismo, las emisiones asociadas al consumo de agua, residuos sólidos, movilidad y consumo de papel ascendieron a 6.556 t CO_2. Del total de emisiones registradas, el consumo de energía eléctrica representó 45,58%, constituyéndose como la principal fuente de emisión.

Por otro lado, Dieste y Gaudioso (2013) realizaron el estudio denominado *"Estimación de la huella de carbono de productos forestales en Uruguay"*, con el objetivo de estimar la huella de carbono de trozas y tablas de madera producidas bajo condiciones habituales de producción, así como identificar los procesos que generan mayor impacto ambiental.

Para el cálculo de la huella de carbono se utilizó información proporcionada por empresas locales, cálculos propios y referencias bibliográficas. La medición del impacto ambiental se realizó mediante la masa de dióxido de carbono equivalente fósil, siguiendo la norma PAS 2050 del Instituto Británico de Normalización y Carbon Trust. Asimismo, los factores de emisión fueron obtenidos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), considerando el potencial de calentamiento global a 100 años. Los resultados mostraron que la huella de carbono de madera de pino puesta en planta fue de 70 kg CO_2 eq/m³ para tablas aserradas, 95 kg CO_2 eq/m³ para tablas secas y 119 kg CO_2 eq/m³ para tablas cepilladas a dos caras.

De manera similar, Martínez (2012) realizaron el estudio titulado *"Huella de carbono de un producto de madera de castaño"* en España, cuyo objetivo fue calcular la huella de carbono de la empresa Maderas Siero S.A., además de desarrollar un plan de reducción de emisiones orientado a alcanzar la neutralidad de carbono. El cálculo se efectuó siguiendo la normativa PAS 2050, considerando las emisiones generadas durante el ciclo de vida del producto desde el bosque hasta la salida del aserradero. Los resultados evidenciaron que las actividades desarrolladas dentro del aserradero fueron las más significativas en cuanto a emisiones de GEI, representando más del 90% de las emisiones totales, equivalente a aproximadamente 400 kg CO_2 eq por metro cúbico de madera de castaño producida.

Asimismo, Arango y Camargo (2012) realizaron la investigación denominada *"Determinación de la huella de carbono de una empresa*

forestal productora de Guadua" en Colombia. El objetivo del estudio fue analizar los procesos de precosecha, cosecha y poscosecha para determinar la huella de carbono y su impacto ambiental. Para ello, se evaluaron las etapas de extracción, transporte y entrega de guadua rolliza, considerando el enfoque "de la cuna a la puerta". La información fue obtenida mediante entrevistas con los trabajadores y mediante el muestreo de biomasa para determinar el contenido de carbono en los guaduales. Los resultados indicaron que la huella de carbono fue de 123.947 t CO_2 por hectárea, equivalente a 1,22 kg CO_2 eq por metro cúbico de guadua preservada. El estudio concluyó que la empresa evaluada presenta un indicador ambiental positivo en comparación con otras empresas del sector; sin embargo, se recomienda reducir el consumo de combustibles para disminuir las emisiones.

Por otra parte, Quezada, Hsieh y Valderrama (2013) desarrollaron el estudio titulado *"Determinación de la huella de carbono mediante el Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3) para una empresa vitivinícola en Chile"*. El objetivo fue calcular la huella de carbono de la empresa Viña Modelo utilizando el método MC3 versión 2.0. Los resultados indicaron que la huella de carbono obtenida fue de 0,2 kg de CO_2 por botella de vino producida. Los autores concluyen que la medición de la huella de carbono constituye actualmente un elemento importante de competitividad en el mercado internacional, ya que permite evidenciar el compromiso ambiental de las empresas.

Finalmente, Chamorro y Romero (2015) realizaron la investigación titulada *"Determinación de la huella de carbono para bloques de balsa de*

madera en la empresa GIBAGO Cía. Ltda., Quito-Ecuador", cuyo objetivo fue determinar la huella de carbono generada durante el proceso de fabricación de bloques de balsa de madera. Para ello, se utilizó la metodología del GHG Protocol, la cual establece tres alcances (Scopes) para la cuantificación de las emisiones de dióxido de carbono equivalente. Los resultados indicaron que la empresa generó 427,95 toneladas de CO_2 equivalente durante su proceso productivo, concluyendo que las emisiones de carbono están directamente relacionadas con el nivel de producción de la empresa.

En conjunto, estos estudios evidencian la importancia de medir la huella de carbono en diversas actividades productivas, especialmente en el sector forestal e industrial, ya que permite identificar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y establecer estrategias orientadas a la mitigación del cambio climático.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el contexto nacional, diversas investigaciones han abordado la medición de la huella de carbono (HC) en diferentes sectores productivos y de servicios, evidenciando la importancia de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con el fin de implementar estrategias de mitigación ambiental.

En el Perú, algunas empresas han iniciado procesos de medición, reducción y neutralización de su huella de carbono como parte de sus políticas de responsabilidad ambiental. Entre estas organizaciones se encuentran Topy Top, Corporación Rey, Texfina, Agrícola ATHOS, Calsa

Fleischman, Cormin Callao, Silgelsa, Zinsa, COPEINCA, Banco de Crédito del Perú, HSBC, así como diversas cadenas hoteleras como Los Delfines, Miraflores Park Hotel, Casa Andina e Inkaterra, entre otras. Estas empresas han logrado cuantificar sus emisiones y desarrollar estrategias para su reducción, evidenciando que la gestión de la huella de carbono también puede contribuir a la optimización de costos operativos (Calle y Guzmán, 2011).

Por otro lado, Díaz y Pinillos (2012) señalan que la empresa AFP Integra fue la primera administradora de fondos de pensiones en el Perú y la primera empresa del grupo ING en América Latina en medir y neutralizar su huella de carbono. En dicho estudio se determinó que la empresa generó 1 946 tCO_2eq durante el año 2010. Para compensar estas emisiones, la organización optó por adquirir bonos de carbono provenientes del proyecto de reforestación desarrollado por la Sociedad Agrícola de Interés Social (SAIS) José Carlos Mariátegui, ubicada en Cajamarca. Este proyecto tiene como objetivo reforestar 1 450 hectáreas de bosques de pino, con la finalidad de capturar aproximadamente 373 000 tCO_2eq en un periodo de 25 años.

Asimismo, Díaz y Pinillos (2012) reportan que la empresa Distribuidora Wood S.R.L., dedicada a la comercialización de madera en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, determinó que sus operaciones generan aproximadamente 20,41 tCO_2eq al año, lo que equivale a 11,54 $kgCO_2eq$ por metro cúbico de madera reaserrada producida. Estos resultados evidencian la importancia de medir las emisiones generadas en las actividades productivas relacionadas con la industria maderera.

De igual manera, Barrientos y Molina (2014) realizaron un estudio en la empresa CARBOTEC S.A., ubicada en el distrito de Comas, Lima, dedicada a la producción de briquetas. Los resultados mostraron que las operaciones de la empresa generan 38,93 tCO_2eq anuales, mientras que el proceso de fabricación de briquetas produce aproximadamente 24,41 $kgCO_2eq$ por millar de briquetas. Este estudio destaca la necesidad de implementar tecnologías más eficientes que permitan reducir las emisiones durante el proceso productivo.

En el sector turístico, Calle y Guzmán (2011) analizaron la huella de carbono del Ecolodge Ulcumano, ubicado en la provincia de Oxapampa, región Pasco. Los resultados indicaron que el establecimiento genera aproximadamente 71,15 tCO_2eq al año, lo que equivale a 0,41 $kgCO_2eq$ por huésped por noche, considerando el traslado de visitantes desde la ciudad de Lima. Por su parte, Burga y Ordoñez (2014) estimaron que la empresa recreativa Granja Villa y su Mundo Mágico S.A. genera 395 605 tCO_2eq anuales, con una emisión promedio de 1,3 kg CO_2eq por visitante.

En el sector financiero, A2G (2016) reporta que la empresa SURA Perú determinó una huella de carbono de 4 350 tCO_2eq durante el año 2016, considerando los alcances 1, 2 y 3 según la metodología del GHG Protocol. Los resultados indicaron que las emisiones indirectas representaron el 99,05% del total, siendo el transporte terrestre casa - trabajo la principal fuente de emisión con 2 230,89 tCO_2eq (51,3% del total), seguido por el consumo de energía eléctrica con 1 243,44 tCO_2eq (28,6%).

En el ámbito industrial, Gálvez (2016) realizó un estudio titulado *“Cálculo de la huella de carbono en una empresa de fabricación e*

instalación de pisos de madera". El objetivo fue determinar las emisiones de GEI generadas durante el proceso productivo. La metodología utilizada fue el GHG Protocol desarrollado por WBCSD y WRI. Los resultados indicaron que la huella de carbono total fue de 88,40 tCO_2eq en el año 2014, equivalente a 0,05 $kgCO_2eq$ por metro cúbico de madera producida. Asimismo, se determinó que el alcance 2, correspondiente al consumo de energía eléctrica, representó 69,54% del total de emisiones. Como medida de mitigación, se propuso mejorar el factor de potencia mediante la instalación de condensadores, lo cual permitiría reducir 18,37 tCO_2eq. Además, para compensar las emisiones restantes se recomendó la siembra de 3,65 hectáreas de Capirona.

Por otra parte, García (2016) realizó el estudio titulado *"Análisis de la huella de carbono de una industria de concreto y agregados en sus tres alcances"*. Para el cálculo de las emisiones se empleó la Norma Técnica Peruana ISO 14064-1:2011, complementada con el GHG Protocol, así como con las directrices del IPCC y DEFRA. Los resultados mostraron una emisión total de 4 869,50 tCO_2eq durante el periodo abril 2013 – marzo 2014. Se determinó que las emisiones del alcance 1 representaron el 90% del total, equivalente a 4 385,51 tCO_2eq, generadas principalmente por las actividades de operación, transporte de concreto y agregados, así como por el transporte del personal.

Asimismo, Saavedra (2017) desarrolló la investigación titulada *"Cálculo de la huella de carbono de EDEGEL S.A.A. en el año 2014"*, cuyo objetivo fue estimar las emisiones de GEI generadas por la empresa utilizando la metodología ISO 14064-1. Los resultados indicaron que las

emisiones totales alcanzaron 1 810 579,57 tCO_2eq, siendo la quema de combustibles fósiles en la central termoeléctrica Ventanilla la principal fuente de emisión con 1 281 326,65 tCO_2eq, equivalente al 70,77% del total.

Finalmente, Palomino (2019) realizó el estudio denominado *"Cálculo de la huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería"*. La metodología aplicada fue el GHG Protocol, considerando los alcances 1, 2 y 3. Los resultados mostraron que la mayor contribución de emisiones correspondió a fuentes móviles (49,80%), seguidas por residuos sólidos (38,24%) y consumo de electricidad (11,96%). Se estimó una huella de carbono total de 168,74 tCO_2eq para el periodo académico 2018-1, con una emisión per cápita de 0,15 tCO_2eq por persona.

En conjunto, estos estudios evidencian la importancia de medir la huella de carbono en diferentes sectores productivos y de servicios en el Perú, ya que permiten identificar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y proponer estrategias orientadas a la mitigación del cambio climático.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Tiene como objetivo la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático

(CMNUCC, 1992). El impacto acumulado de las emisiones antropogénicas producidas por la combustión de carbón e hidrocarburos desde la revolución industrial, ha alterado progresivamente la composición de la atmósfera. En particular la concentración de dióxido de carbono (C02) en la atmósfera ha crecido considerablemente desde la era preindustrial (alrededor de 1750 A.D.) de unos 280 a 360 ppmv7; la concentración de metano (CH4) ha crecido de 700 a 1720 ppbv8; y la de óxido nitroso (N2O) de unos 275 a 310 ppbv. El aumento de concentración en la atmósfera de gases de efecto invernadero modifica el equilibrio radiactivo entre el flujo entrante de energía solar y el flujo saliente de disipación térmica al espacio, con un resultado neto de acumulación de energía y calentamiento global conocido como efecto invernadero (Acquatella, 2000).

El denominado “mercado voluntario de carbono” comprende a todas las transacciones de créditos de carbono que no están regidas por una obligación regulatoria de cumplir con una meta de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los créditos de carbono generados en el marco de este último se conocen como “créditos VER” – Reducción de Emisiones Verificadas (Verified Emissions Reductions, VER, por sus siglas en inglés) (Finanzas carbono, 2014).

2.2.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Dióxido de carbono (CO_2)

El dióxido de carbono no es un contaminante en sentido convencional, es un componente natural de la atmosfera (0.033%) y es

esencial para el crecimiento de las plantas (Kiely, 1999). Sin embargo, se ve incrementado por ser un subproducto del quemado de combustibles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, o de los cambios de uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el GEI antropógeno que más afecta al equilibrio radiactivo de la Tierra. Es también el gas de referencia para la medición de otros GEI y, por consiguiente, su Potencial de Calentamiento Global (PCG) es igual a 1 (IPCC, 2007).

Metano (CH_4)

El metano es un GEI que se genera en la naturaleza en condiciones anaerobias. Este proceso tiene lugar en lagunas, campos de arroz, ganaderías, rellenos sanitarios y en la producción y consumo de los combustibles fósiles. Las concentraciones atmosféricas de CH_4 en 2005 fueron de 1774 ppm. (IPCC, 2007). El CH_4 tiene un PCG igual a 25 (Forster et al, 2007). El CH_4 posee un tiempo de residencia alto aproximadamente de 10 años, pasado ese tiempo pasa a oxidarse con radicales OH (Kiely, 1999).

Óxido de nitrógeno (N_2O)

El óxido nitroso se produce en el ciclo del nitrógeno mediante la nitrificación de NH_4 a N_2 y N_2O (Kiely, 1999). La fuente antropógeno principal de óxido nitroso es la agricultura (la gestión del suelo y del estiércol), pero hay también aportaciones importantes provenientes del tratamiento de aguas residuales, del quemado de combustibles fosílicos y de los procesos industriales químicos. El óxido nitroso es también

producido naturalmente por muy diversas fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y particularmente por la acción microbiana en los bosques tropicales pluviales (IPCC, 2007).

2.2.3. Potencial de Calentamiento Global (PCG)

El efecto causado por la emisión de GEI a la atmósfera es medido por el índice conocido como Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en ingles). El PCG es un índice para calcular la contribución al calentamiento mundial relativo debido a la emisión en la atmósfera de un kilogramo de un gas determinado de efecto invernadero, comparado con la emisión de un kilogramo de dióxido de carbono. Los PCG calculados para diferentes horizontes temporales muestran los efectos de los períodos de vida en la atmósfera de los diferentes gases (IPCC, 2001).

El PCG cambia dependiendo del escenario del tiempo que desea comparar. El acuerdo internacional es usar horizontes de 100 años. De acuerdo al quinto reporte de evaluación del Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC), presentado en el 2013 por el Grupo de Trabajo I, se han actualizado los valores PCG de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 1

Potencial de Calentamiento Global de los Principales GEI

Gas	PCG
CO_2	1
CH_4	28
N_2O	265
SF_6	23500
NF_3	162100
HFC-134 a	1300
CFC-11	4660

Fuente: IPCC (2013).

2.2.4. Huella de Carbono (HC)

Según Reed y Ehrhart (2007), la Huella de Carbono es la suma total de las emisiones directas e indirectas de GEI asociadas a las actividades de una organización y expresada en CO_2. Asimismo, señalan que la Huella de Carbono se calcula elaborando un inventario de emisiones que resulta en un registro de la fuente y la proporción de todos los GEI descargados durante un periodo de tiempo específico.

Asimismo, García (2013), define la Huella de Carbono es un indicador que mide la cantidad de GEI, expresados en toneladas de CO_2 equivalente, asociados a las actividades de una empresa, entidad, evento, producto, servicio o persona individual. La medición de la Huella de Carbono es la contribución de cada una de estas actividades al calentamiento global, porque sólo se puede actuar sobre lo que se ha medido previamente. El cálculo de la Huella de Carbono es una herramienta que nos permite detectar dónde se producen los principales impactos de la actividad estudiada.

2.2.5. Carbono Neutro (CN)

Según el Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC, 2015), carbono neutro es un término que significa tener una Huella de Carbono igual a cero emisiones, es decir, que el balance entre la cantidad de carbono liberada frente a la cantidad equivalente secuestrada o compensada es igual a cero. El concepto de carbono neutro incorpora todos los GEI medidos en términos de CO2 equivalente, más su compensación.

2.2.6. Iniciativas relacionadas con la Huella de Carbono en el Perú

En relación con la Huella de Carbono, Perú ha medido su HC interna del Ministerio del Ambiente. Además, el viceministro de gestión ambiental Jorge Mariano Castro Sánchez-Moreno, ha declarado que la HC es un indicador de referencia importante para la toma de decisiones, ya que esta huella permite identificar a distinta escala (personas, productos, procesos industriales, etc.) cuanto CO_2 se emite y dónde están las mayores emisiones, lo que se traduce generalmente en mayores costos (altas emisiones en energía, transporte, papel, etc.), permitiendo entonces bajar los costos a través de medidas de eficiencia de usos de recursos y además se traduce en la disminución o neutralización de las emisiones de CO_2; permitiendo hacer frente al Cambio Climático y estar acorde con el desarrollo sostenible (Castro, 2012; citado por CPPS, 2014).

En la actualidad Perú cuenta con diferentes instrumentos de gestión ambiental, que permiten dar coherencia al conjunto de propuestas institucionales en las áreas de biodiversidad, cambio climático, recursos hídricos y calidad ambiental, teniendo como objetivo contribuir a las garantías de la gobernanza ambiental, de esta forma las inversiones públicas y privadas serán sostenibles y se podrá dar cumplimiento a los compromisos asumidos en relación a los objetivos del Milenio, al Plan Bicentenario, a la Política Nacional del Ambiente (PNA), al Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA 2011-2021) y a los Ejes Estratégicos de la Gestión Ambiental, aprobados por el Consejo de Ministros.

2.3. Definición de términos básicos

- **Combustibles Fósiles:** “Combustibles basados en carbono procedentes de depósitos de hidrocarburos fósiles, incluidos el carbón, la turba, el petróleo y el gas natural”. (IPCC, 2007, p. 78)

- **Cambio climático:** Se define como la variación global del clima en la Tierra, pues a esta se ha reconocido como una amenaza real a nuestro entorno trayendo consigo consecuencias que afectan la agricultura, ganadería, salud humana, etc. En suma, es el clima que a nivel global experimenta cambios como consecuencia de actividades humanas que se incrementa a pasos acelerados.

- **Dióxido de carbono equivalente (CO_2eq):** Los resultados finales de un inventario de emisiones de GEI se reportan en toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq). Para hacer esto, es necesario convertir la emisión de GEI a unidades de CO_2eq usando el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada gas. Es la cantidad de emisiones de CO_2 que provocaría la misma intensidad radiante que una determinada cantidad emitida de un GEI bien mezclado o una mezcla de gases de efecto invernadero, multiplicados por sus PCG respectivos para tener en cuenta los distintos tiempos que se mantienen en la atmósfera (SEMARNAT, 2014).

- **Efecto Invernadero:** Los GEI absorben con eficacia la radiación infrarroja, emitida por la superficie de la tierra, las nubes y por la atmosfera debido a estos mismos gases. La atmosfera emite

radiación en todas direcciones, incluida la descendente hacia la superficie de la tierra. Por lo tanto, los GEI atrapan el calor en el sistema superficie-troposfera. Esto se denomina efecto invernadero (IPCC, 2007, p.80).

- **Emisiones Directas:** "Las emisiones directas o "puntos de emisión" se definen en el punto de la cadena energética donde éstas son liberadas y se atribuyen a ese punto en la cadena energética, ya sea un sector, una tecnología o una actividad". (IPCC, 2007, p.82)

  Por ejemplo: las emisiones generadas por las centrales eléctricas que utilizan el carbón como combustible se consideran emisiones directas del sector encargado del suministro de energía.

- **Emisiones Indirectas: "**Las emisiones indirectas o emisiones "asignadas al sector del consumo final" se refieren a la energía utilizada en los sectores de consumo final y representan las emisiones asociadas a las primeras etapas de producción de energía para el consumo final". (IPCC, 2007, p.82)

- **Factor de emisión:** Coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones. "Los factores de emisión se basan a menudo en una muestra de datos sobre mediciones, calculados como promedio para determinar una tasa representativa de las emisiones correspondientes a un determinado nivel de actividad en un conjunto dado de condiciones de funcionamiento" (IPCC, 1997, p.14).

- **GHG Protocol:** La iniciativa del protocolo de Gases de Efecto

Invernadero (GHG Protocol) es una alianza multipartidaria de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), ONG radicada en estados unidos, y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD), coalición integrada por 170 empresas internacionales, con sede en Ginebra, Suiza. La iniciativa fue lanzada en 1998 con la misión de desarrollar estándares de contabilidad y reporte para empresas aceptados internacionalmente y promover su amplia adopción (WBCSD & WRI, 2004).

- **Huella de Carbono:** La huella de carbono es una de las formas más simples que existen de medir el impacto o la marca que deja una persona sobre el planeta en su vida cotidiana. Es un recuento de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), que son liberadas a la atmósfera debido a nuestras actividades cotidianas o a la comercialización de un producto. Por lo tanto, la huella de carbono es la medida del impacto que provocan las emisiones del ser humano en el medio ambiente y se determina según la cantidad de emisiones de GEI producidos, medidos en unidades de dióxido de carbono equivalente (García, 2013).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La presente investigación se desarrolló mediante el método científico, debido a que siguió un proceso ordenado, sistemático y verificable para la recolección, análisis e interpretación de la información relacionada con la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las empresas de aserrío del distrito de Manantay. Este método permitió identificar las fuentes de emisión, establecer los límites organizacionales y operacionales, cuantificar la huella de carbono empresarial y, finalmente, formular una propuesta de neutralización mediante plantaciones forestales. Asimismo, la investigación se sustentó en procedimientos técnicos y fórmulas reconocidas internacionalmente, tomando como referencia las directrices del IPCC, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y otras fuentes especializadas.

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque estuvo orientada a resolver un problema concreto relacionado con la gestión ambiental de las empresas forestales, específicamente la determinación de su huella de carbono y la formulación de medidas para su neutralización. Asimismo, presentó un enfoque cuantitativo, ya que se emplearon datos numéricos sobre consumo de combustible, energía eléctrica, papel y transporte del personal, los cuales fueron procesados mediante fórmulas y factores de

emisión para obtener resultados expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO2eq).

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue descriptivo, porque permitió identificar, caracterizar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en las actividades operativas y administrativas de las empresas de aserrío evaluadas. A través de este nivel se describieron las principales fuentes de emisión según los alcances 1, 2 y 3, así como la magnitud de la huella de carbono producida durante el año base 2019. Del mismo modo, se describieron las alternativas de compensación orientadas al logro de la carbono neutralidad en las empresas objeto de estudio.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, transeccional o transversal, de alcance descriptivo. Fue no experimental porque no se manipularon deliberadamente las variables de estudio, sino que únicamente se observaron y registraron los datos tal como ocurrieron en su contexto natural dentro de las empresas forestales. Fue transeccional o transversal porque la información fue recopilada en un solo periodo de estudio, tomando como referencia el año base 2019 para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Finalmente, fue descriptivo porque se centró en medir y detallar el comportamiento de las fuentes de emisión y la huella de carbono generada en las empresas evaluadas.

3.2. Ubicación del estudio

3.2.1. Industria del aserrío de Pucallpa

A nivel de Pucallpa, existen aproximadamente 40 industrias que se dedican a la transformación primaria de la madera, y solo en el sector del distrito Manantay existen el 60% del total. Dentro de estas últimas se encuentran las empresas materia de estudio, que por su nivel de producción e impacto ambiental son importantes; las mismas se ubican en el sector de Santa Clara de San Fernando y en el sector de la Carretera Manantay.

3.2.2. Infraestructura de las empresas

Las empresas forestales en estudio poseen características similares a los demás aserraderos típicos de la zona, las que sirven para desarrollar actividades operativas y administrativas, las cuales se detallan en la tabla 2.

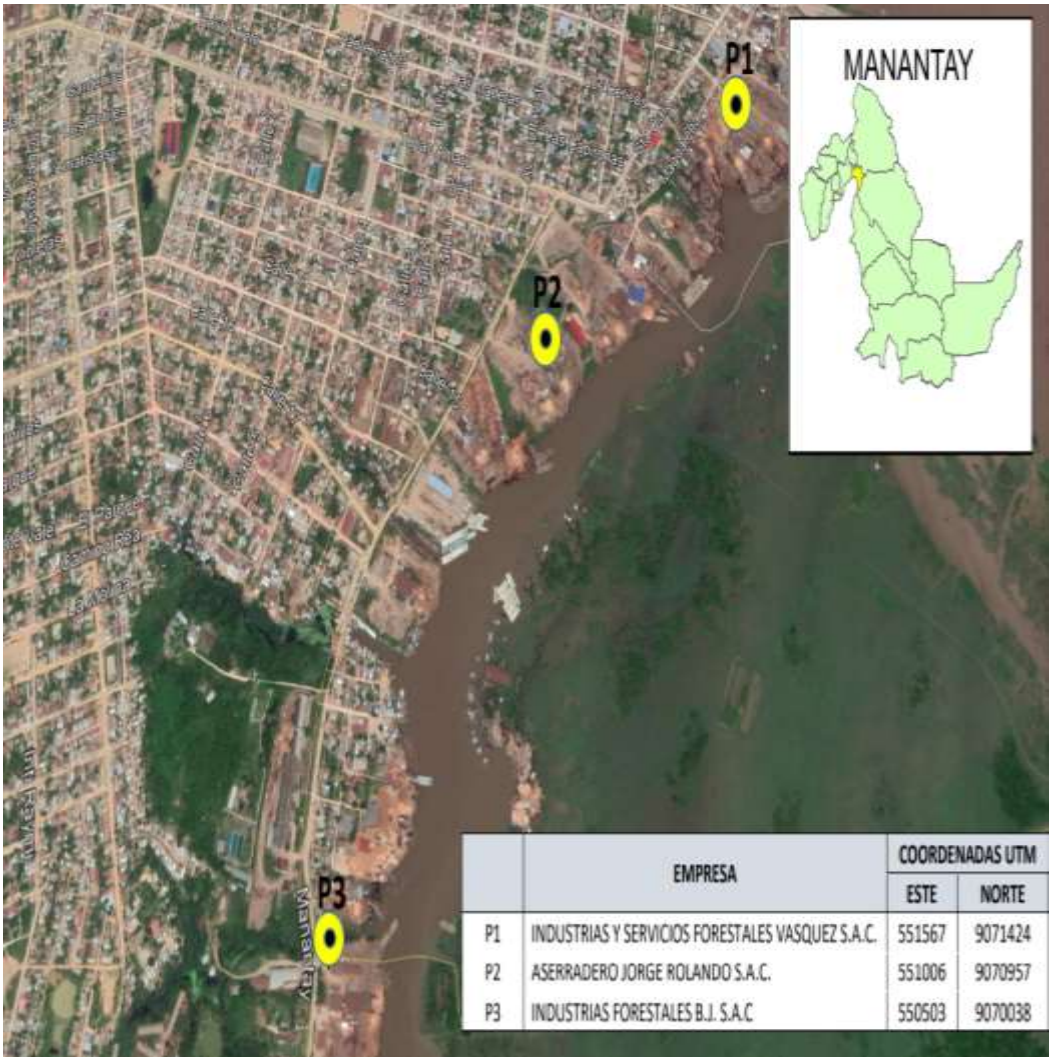
Tabla 2

Áreas de trabajo de las empresas en estudio

Área de trabajo	Proceso	Fuente de emisión
Sala de aserrío	Aserrado	Winche
		Carro Porta trozas
		Sierra de Cinta
		Guía de sierra de cinta
		Compresora de aire
		Volteador de troza
		Succionador de aserrín de sierra principal
		Luminarias
	Canteado	Canteadora Múltiple/Simple
		Succionador de aserrín de canteadora
		Luminarias
	Despuntado	Despuntadora
		Sierra Circular de recuperación
		Luminarias
Sala de afilado	Afilado	Tensionadora
		Esmeril
		Afiladora
		Soldadora
		Luminarias
Administración	Oficina	Computadora
		Impresora
		Ventiladores
		Luminarias
Servicios higiénicos	Baño	Luminarias
Seguridad	Vigilancia	Cámara de vigilancia
		Luminarias

Figura 1

Mapa de ubicación de las empresas forestales evaluadas



	EMPRESA	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
P1	INDUSTRIAS Y SERVICIOS FORESTALES VASQUEZ S.A.C.	551567	9071424
P2	ASERRADERO JORGE ROLANDO S.A.C.	551006	9070957
P3	INDUSTRIAS FORESTALES B.J. S.A.C	550503	9070038

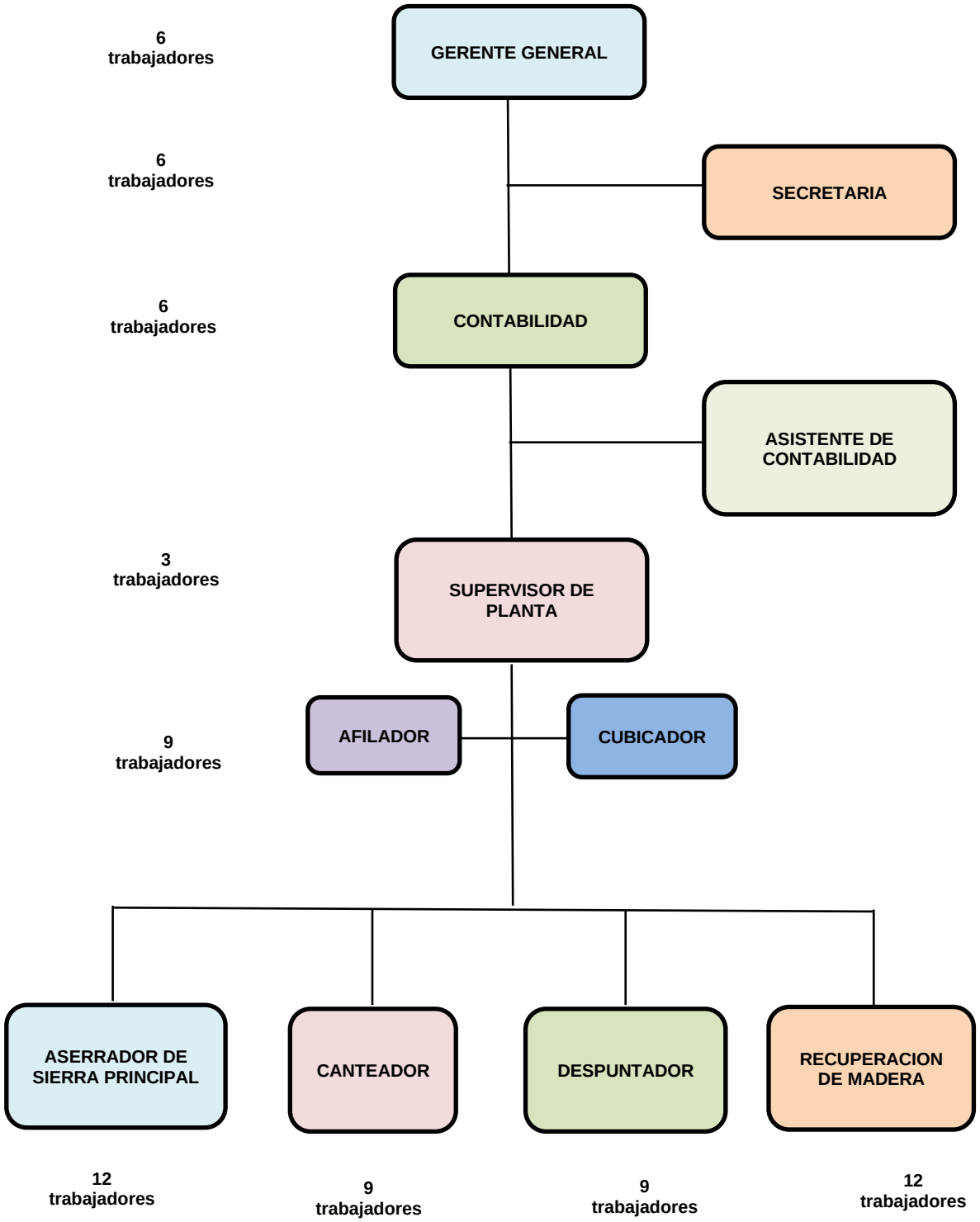
Fuente: Google Earth (2020).

3.2.3. Estructura organizacional de las empresas

La forma como se organizan las empresas del aserrío es similar a todas, debido a que la mayoría elabora solo un producto: madera aserrada comercial**.**

Figura 2

Estructura orgánica de las empresas evaluadas



3.2.4. Delimitación de tiempo y espacio

Se estableció como año base el 2019 para la medición de la Huella de Carbono. La selección del año se fundamentó en que los aserraderos dispusieron de información suficiente y confiable, que garantizaron los resultados consistentes.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por 72 trabajadores de planta (supervisores, operadores y operarios) e infraestructura (trabajadores de las oficinas administrativas y del área de seguridad). Mientras que la muestra estuvo constituida por el 66% (48) del total de trabajadores, el mismo que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3

Número de trabajadores encuestados

Descripción	Por Empresa	Total	Encuestas	
	N° Trabajadores		Número	%
Supervisor	1	3	3	100
Planta de aserrío	10	30	20	66
Cubicadores	1	3	3	100
Recuperación	4	12	4	50
Afiladores	2	6	3	50
Administrativos	4	12	5	33
Directivos	2	6	3	50
Total	24	72	41	56,9

3.3.2. Muestra

La muestra fue obtenida mediante la fórmula estadística para obtener el tamaño exacto de la muestra sobre el número total de la población de trabajadores a encuestar, con un nivel de confianza del 90% y un error de estimación del 10%. Este tamaño de muestra fue determinado considerando un error de muestreo del 10%, valor aceptado en estudios descriptivos aplicados con poblaciones finitas y limitaciones operativas, como el presente estudio. La población total estuvo conformada por 72 trabajadores, de los cuales se encuestó a 40, representando más del 50% del total. Este nivel de precisión permite obtener estimaciones representativas del patrón de transporte utilizado por los trabajadores, insumo necesario para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al traslado domicilio–empresa, sin comprometer la validez general del estudio.

De acuerdo a la siguiente ecuación, el resultado la muestra fue de 40 trabajadores a encuestar:

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

Dónde:

n : Tamaño de la muestra (Número de trabajadores a encuestar=40).

N : Tamaño de la población (72 trabajadores).

Z : Nivel de confianza (95%; 1.96).

p : Probabilidad máxima y esperada de ocurrencia (0.5).

q : Probabilidad de no ocurrencia (1-p).

e : Error de estimación (10%).

3.4. Procedimiento de recolección de datos

Determinación de los límites organizacionales y operacionales

Se tomaron como referencia los aspectos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero propuesta por (WBCSD-WRI, 2004) que se verán en los siguientes límites.

Límites Organizacionales

Se determinó los límites organizacionales de las empresas forestales que incluye la planta de aserrío, sala de afilado, oficinas administrativas y área de vigilancia; dentro del perímetro de la empresa Industrias y Servicios "Vásquez" (Aserradero "Vásquez"), Aserradero "Jorge Rolando" e "Industrias Forestales B&J"; ubicados en Santa Clara, Carretera Manantay km 1.500 y km 4.200 respectivamente, en el Distrito Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

Límites Operacionales

Se identificó las emisiones directas e indirectas de las empresas forestales a través de los alcances establecidos a continuación:

- **Alcance 1:** Emisiones directas de GEI por consumo de combustibles fósiles, productos de las operaciones controladas por las tres empresas forestales.

- **Alcance 2:** Emisiones indirectas de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica para la iluminación, funcionamiento de máquinas y equipos en las diferentes áreas de las empresas forestales. En este alcance las empresas forestales realizan la compra de energía eléctrica a la empresa Electro Ucayali S.A.

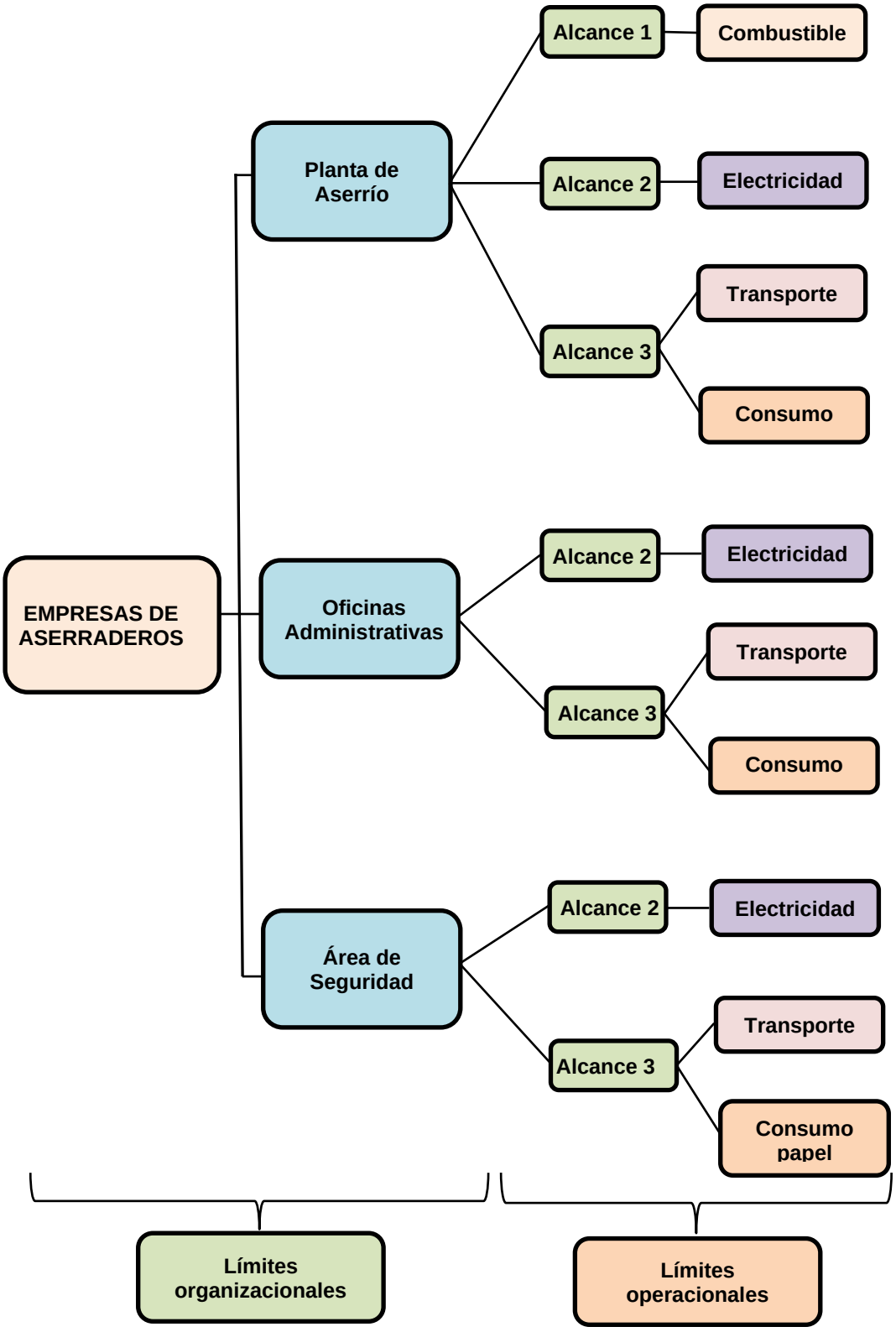
  Al no disponer información sobre el consumo eléctrico de las empresas, fue necesario realizar (por cada unidad operativa) un inventario detallado de las fuentes de emisiones (capacidad de los motores de las diferentes maquinarias, fluorescentes, equipos de cómputo, ventiladores, entre otras). Para este fin, se registró las potencias eléctricas por fuente de emisión o equipo eléctrico. De la misma manera, se estimó la cantidad de horas de uso de cada equipo inventariado (por día, semana, mes y por año).

- **Alcance 3:** Emisiones indirectas de GEI por consumo de papel, transporte por vía terrestre o aérea por asuntos administrativos o de gestión y por transporte Casa-empresa-Casa de los operadores, operarios y personal administrativo de las empresas forestales.

  Los límites organizacionales y operacionales de las empresas forestales del distrito Manantay, descritas en la metodología, son mostrados en la figura 3.

Figura 3

Diagrama de límites organizacionales y operacionales de las empresas evaluadas



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Materiales y equipos

- Materiales de escritorio
- Formatos para la recolección de datos
- Equipo de cómputo
- Cámara fotográfica
- Unidad de transporte

3.5.2. Técnica para la recolección de datos

Las técnicas empleadas fueron:

- La entrevista, se realizó a los supervisores, operadores, operarios, personal administrativo y directivos de las empresas de acuerdo al tamaño de muestra.
- El análisis documental, se basó en los datos obtenidos a partir de reportes encontrados en las oficinas administrativas de las empresas; por pedido de combustible, papel o viajes realizados por los trabajadores de las empresas en estudio.
- La observación experimental, se identificó de manera visual como por ejemplo el tipo de fluorescentes, la potencia de los diferentes motores del proceso de producción en las áreas de trabajo de las empresas.

El instrumento utilizado fueron las encuestas, los formatos de encuesta constaron de preguntas cerradas, siendo la misma encuesta para

los supervisores, operarios, operadores, directivos y personal administrativo. Las preguntas son referidas principalmente al tipo de transporte, tipo de combustible, distancia recorrida, número de veces al día que se asiste a la empresa y cuantos días a la semana asiste.

3.6. Procesamiento para la recolección de datos

Metodología para la cuantificación de emisiones de GEI

Se tomaron como referencia los factores de emisión del IPCC (2006), DEFRA, Petroperú y MINAM y la metodología del protocolo de Gases de Efecto Invernadero propuesta por (WBCSD-WRI, 2007; SEMARNAT, 2014). El procedimiento para llevar a cabo la cuantificación de las emisiones de GEI fue la siguiente:

Identificación de las fuentes de emisión de GEI

Se identificaron y clasificaron las fuentes de GEI dentro de los límites organizacionales y operacionales determinados.

Cuantificación de las emisiones directas de GEI por consumo de combustible

El cálculo de las emisiones directas de GEI se determinó utilizando los métodos propuestos por IPCC (2006), ICFPA (2005), WBCSD-WRI (2007) y WRI (2005).

- **Determinación del consumo de combustible:** Se obtuvieron los datos mensuales de consumo de combustible, en litros (l) de todas las fuentes de emisión de GEI. Esta información fue recogida de los diferentes

registros por consumo de combustibles mantenidos por la empresa.

- **Determinación de las emisiones de GEI por consumo de combustible:** Las lecturas de consumo de combustible (l), se expresaron en unidades de masa. Para ello se tomó como referencia los valores de densidad, valor calórico neto y factores de emisión registrados en el Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2014 de la empresa Petroperú y de la Guía de Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero para el Sector de Energía 2016 del MINAM.

Tabla 4

Valor calorífico neto, densidad y factores de emisión de combustibles fósiles

Tipo de Combustible	Densidad (Kg/l)	Valor Calórico Neto (GJ/Kg)	Kg CO_2/GJ Por defecto	Kg CH_4/GJ Por defecto *	Kg N_2O/GJ Por defecto
Gasolina 90 oct	0,7390	0,0443	69.3	0.0330	0.0032
Diesel B5	0,8422	0,0422	74.1	0.0030	0.0006
GLP	0,5420	0,0473	63.1	0.0620	0.0002
Lubricantes**	0,8530	0.0402	73.3	0.0030	0.0006

Fuente: IPCC (2006), Díaz y Pinillos (2012) **
Los valores representan el 100% de oxidación del contenido de carbono del combustible.
Factores de emisión por defecto de CO_2, CH_4 y N_2O del transporte terrestre únicamente.

Luego, una vez obtenido el consumo de combustible en unidades de masa (kilogramos), se multiplicaron los Kg de combustible por su valor calórico neto (Tabla 4). A continuación, se multiplicó de forma separada el valor resultante por cada uno de los factores de emisión de CO_2, CH_4 y N_2O (Tabla 4) y por sus respectivos Potencial de Calentamiento Global (PCG) de GEI (Tabla 1). Finalmente, la sumatoria de dichas multiplicaciones

permitió obtener el total de emisiones de GEI, expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq). Las emisiones directas por consumo de combustible se calcularon con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{ED} = \sum \frac{\mathbf{CC_i x VCN_i}}{\mathbf{10^3}} (\mathbf{FE}_{\mathbf{CO_2}} + \mathbf{FE}_{\mathbf{CH_4}} \mathbf{xPCG}_{\mathbf{CH_4}} + \mathbf{FE}_{\mathbf{N2O}} \mathbf{xPCG}_{\mathbf{N2O}})_i$$

Dónde:

ED : Emisiones Directas de GEI, en tCO_2eq.

CC : Cantidad de Combustible obtenido, en Kg.

VCN : Valor Calorífico Neto del combustible utilizado, en GJ/Kg.

$FECO_2$: Factor de Emisión de CO_2 del combustible utilizado, en $KgCO_2/GJ$.

$FECH_4$: Factor de Emisión de CH_4 del combustible utilizado, en $KgCH_4/GJ$.

FEN_2O: Factor de Emisión de N_2O del combustible utilizado, en KgN_2O/GJ.

$PCGCH_4$: Potencial Calentamiento Global CH_4.

$PCGN_2O$: Potencial Calentamiento Global N_2O.

I : Tipo de Combustible

Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica

Para el cálculo de las emisiones de GEI atribuibles al consumo de energía eléctrica se usó de la metodología propuesta por WBCSD-WRI (2007). Asimismo, se recopiló información específica de la matriz energética del Perú, la cual se obtuvo del Comité de Operaciones Eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC) e información de los factores de emisión del IPCC (2006), según la siguiente fórmula:

$$\mathbf{EI_i = CE \ x \ FE_e}$$

Dónde:

EIi : Emisiones Indirectas en tCO_2eq

CE : Consumo Eléctrico en MWh

FEe : Factor de Emisión en tCO_2eq/MWh correspondiente a la matriz energética peruana.

Determinación del Consumo Eléctrico de las empresas

Estos se hallaron a partir de datos individuales de potencia (watts) de cada equipo y el tiempo de uso. En caso de no tener potencia, se utilizaron los datos de voltaje e intensidad de corriente, según la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{P = VxI}$$

Dónde:

P : Potencia en watts (W)

V : Voltaje en voltios (V)

I : Intensidad de corriente en amperios (Aº)

Determinación del Factor de Emisión

A partir de los datos de la matriz energética peruana del año 2017, se identificó la participación de cada tipo de combustible utilizado para la generación de este tipo de energía. Posteriormente estos se convirtieron a las mismas unidades de masa y se multiplicaron por los factores de emisión de cada GEI correspondiente a cada tipo de combustible, según la siguiente ecuación:

$$\mathbf{EEt} = \sum \frac{\mathbf{C_i x VCN_i}}{\mathbf{10^3}} (\mathbf{FE_{CO_2}} + \mathbf{FE_{CH_4} x PCG_{CH_4}} + \mathbf{FE_{N2O} x PCG_{N2O}})_{\mathbf{i}}$$

Dónde:

EEt : Emisiones de Energía Termoeléctrica en tCO_2eq

Ci : Consumo de Combustible *i* durante el 2017 en Kg

VCNi : Valor Calorífico Neto en GJ/Kg

$FECO_2$: Factor de Emisión de CO_2 del combustible *i*, en $KgCO_2/GJ$

$FECH_4$: Factor de Emisión de CH_4 del combustión *i*, en $KgCH_4/GJ$

FEN_2O : Factor de Emisión de N_2O del combustión *i*, en KgN_2O/GJ

$PCGCH_4$: Potencial Calentamiento Global CH_4

$PCGN_2O$: Potencia Calentamiento Global N_2O

El valor hallado (EEt) se dividió entre el total de energía eléctrica generada por Perú durante el año 2017 con lo cual se obtuvo el factor de emisión de energía eléctrica (FEe) correspondiente a la matriz energética peruana.

Determinación de las emisiones de GEI por consumo de energía eléctrica

Se dividió la información referida al consumo eléctrico (KWh) entre 1000, obteniendo la cifra expresada en MWh, y se multiplicó ese valor por el factor de emisión (FEe), obteniendo las emisiones de GEI expresas en tCO_2eq.

Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel

- **Determinación del consumo de papel de las empresas:** Para el consumo de papel en las empresas se recopiló información de la cantidad de papel y tipo. Esta información se obtuvo en la oficina de administración de las empresas mediante datos de compra.

- **Determinación de las emisiones de GEI por consumo de papel de las empresas:** Para el cálculo de las emisiones de GEI por consumo de papel se realizó en base a la información recopilada en el paso anterior, la cual fue llevada a unidades de masa. Posteriormente se multiplicó la información referida al consumo de papel (Kg) por el factor de emisión de 0.002679 tCO2eq/Kg de papel virgen 0.001877 tCO2/Kg de papel reciclado (ECODES, 2013), obteniéndose como resultado las emisiones de GEI en tCO2eq, usando la siguiente ecuación:

$$\textbf{Papel (Kg)} = (\textbf{Alto de Hoja x Ancho de Hoja}) \textbf{ x Gramaje x Nº de Hojas}$$

Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por el transporte Casa - trabajo - Casa

- **Elaboración de encuestas de transporte Casa – trabajo - Casa**
  Se elaboró una encuesta (ver anexo 4) que incluyó información referente a:
  - Cargo del colaborador

- Distrito de domicilio
- Dirección de domicilio
- Medio de transporte (propio o público)
- Tiempo promedio de desplazamiento
- Marca y año (en caso de vehículo propio)
- Tipo de combustible (en caso de vehículo propio)
- Distancia y tiempo de recorrido
- Veces al día que asiste
- Días a la semana que trabaja

- **Encuesta de transporte Casa-trabajo-Casa del personal**

  Se encuestó al 57% de la totalidad de trabajadores de las empresas, con la finalidad de recopilar la información referida al transporte de su casa al trabajo y viceversa.

- **Determinación de las emisiones de GEI por el transporte Casa-trabajo-Casa**

  Se utilizó la información recopilada en las encuestas y los factores de emisión de CO_2 por tipo de vehículo de transporte (Anexo 6) y los factores de emisión de CH_4 y N_2O por tipo de vehículo de transporte (ver Anexo 7) para determinar las emisiones totales de GEI generadas por el transporte de la casa a la empresa a través de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{EEIt_i} \quad \frac{\mathbf{DR_i}}{\mathbf{n}} \left(\frac{\mathbf{FE_{CO_2}}}{\mathbf{10^6}} + \frac{\mathbf{FE_{CH_4} \, x \, PCG_{CH_4}}}{\mathbf{10^9}} + \frac{\mathbf{FE_{N2O} x \, PCG_{N2O}}}{\mathbf{10^9}} \right)$$

Dónde:

OEIti : Emisiones indirectas de GEI por transporte en CO_2eq

DRi : Distancia recorrida por colaborador, en Km (ida y vuelta)

$FECO_2$: Factor de Emisión CO_2 del vehículo, en $KgCO_2/Km$

$FECH_4$: Factor de Emisión CH_4 del vehículo, en $KgCH_4/Km$

FEN_2O : Factor de Emisión N_2O del vehículo, en KgN_2O/Km

$PCGCH_4$: Potencial de Calentamiento Global CH_4

$PCGN_2O$: Potencial de Calentamiento Global N_2O

n : Número de pasajeros que ocupa el vehículo empleado por el colaborador para su transporte de su casa al trabajo y viceversa.

i : Colaborador(a).

Es necesario incluir la variable “n” en la ecuación pues se entiende que cada pasajero comparte un porcentaje de las emisiones de GEI del vehículo de transporte del que hacen uso. Por lo tanto, solo se le puede atribuir al colaborador una fracción de las emisiones de GEI del vehículo de transporte en el tramo de su casa al trabajo, la cual, para fines prácticos, será equivalente a dividir la emisión total calculada en un determinado tramo entre el número de pasajeros que ocupa el vehículo de transporte (WRI, 2005).

La tabla 4 muestra los factores de emisión CO2 por tipo de vehículo (ICFPA, 2005). La tabla 5 contiene los factores de emisión de CH4 y N2O por tipo de vehículo (IPCC, 2006). Para fines del presente estudio, los factores de CH4 y N2O provenientes del arranque en frio

de los vehículos (Tabla 4) solo fueron incluidos en el cálculo de las emisiones de GEI en el caso de que estos últimos fueran propiedad del trabajador.

Cálculo de la Huella de Carbono de las empresas evaluadas

Se calculó el total de emisiones de GEI de las empresas de aserrío durante el año 2019 utilizando para ello la siguiente ecuación:

$$\mathbf{ET = ED + EI + OEI}$$

Dónde:

ET **:** Emisiones totales de GEI, en tCO_2eq

ED **:** Emisiones directa de GEI, en tCO_2eq (alcance 1)

EI **:** Emisiones indirectas de GEI, en tCO_2eq (alcance 2)

OEI **:** Otras emisiones indirectas de GEI, en tCO_2eq (alcance 3)

Estimación de la Huella de Carbono per cápita

Una vez determinada la totalidad de emisiones de GEI generadas en las empresas de aserrío, se procedió a dividir el resultado obtenido entre la producción total anual de madera de la empresa evaluada durante el año 2019, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{HC = \frac{ET}{PA}}$$

Dónde:

HC **:** Huella de Carbono per cápita de la empresa evaluada, tCO_2eq/m^3.

ET **:** Emisiones totales de GEI en tCO_2eq

PA **:** Producción anual de madera aserrada en m^3

La producción anual de madera de las empresas evaluadas se determinó utilizando como fuente de datos las ventas correspondientes al año de estudio, las mismas que fueron proporcionadas por el área administrativa de las empresas.

Elaboración del Plan de Carbono Neutro

Para la propuesta de neutralización de la huella de carbono de las empresas estudiadas se realizarán medidas de reducción interna de emisiones a través de mejoras en eficiencia energética y cambios a combustibles fósiles con menores emisiones de GEI; y las emisiones remanentes se compensarán con la plantación de la especie “Tornillo” (*Cedrelinga catenaeformis*). Esta especie se eligió debido a que tiene un significante valor y consumo en el mercado nacional e internacional. La plantación se proyecta realizar en la cuenca del río Tamaya, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali, donde actualmente uno de los propietarios de las empresas cuenta con un fundo de 25 hectáreas disponibles y suficientes para la compensación de la huella de carbono de las 3 empresas.

Se tomó como información referencial para la captura de carbono de plantaciones de Cedrelinga catenaeformis (“Tornillo”); la investigación realizada por Del Aguila (2014), hizo evaluaciones a 152 árboles provenientes de plantaciones de 27, 35 y 43 años de edad sobre una

superficie de 2.73 ha. En la siguiente tabla se presentan las consideraciones técnicas, a tenerse en cuenta, para realizar la plantación forestal de la especie “Tornillo”.

Tabla 5

Consideraciones técnicas para la plantación de la especie “Tornillo”

Descripción	Aspecto técnico
Nombre científico (+)	*Cedrelinga Catenaeformis Ducke*
Sistema de plantación (+)	Fajas de enriquecimiento
Tipo de bosque (+)	Colina baja
Suelo (+)	Suelos de coloración rojiza de textura arcillo arenosa en suelos ondulados o colinosos de buen drenaje, capacidad de adaptación a suelos infértiles, pero de buen drenaje.
Densidad de plantación(+)	200 árboles/ha
Distanciamiento (+)	10 x 5 m
Tolerancia a competencia (+)	Media, relativamente tolerante
Asociación (+)	“Espíntana negra” (Oxandra xilopioides) y “Cumala colorada” (Iryanthera sp.)
Plagas importantes (+)	Ataque a insectos a la yema terminal
Comportamiento inicial (+)	Crecimiento rápido, es influenciado por hongos simbiotes, estando joven tiene copa pequeña lo que permite distanciamientos cortos,; a la edad de 10 años alcanza de 22 a 23 cm de diámetro (DAP) y de 19 a 20 m de altura.
Densidad básica de la madera (++)	0.45 gr/cm^3
Utilidad (++)	Madera estructural, para muebles, puertas y ventanas
Tasa de mortalidad	20%

Fuente:
(+) Tomado de Manual de Plantaciones Forestales – COTESU (1991).
(++) Tomado de Sibille, 2006.

Del Aguila (2014), encontró que el carbono equivalente o CO_2 almacenado en la biomasa aérea de una plantación de 27 años de *Cedrelinga catenaeformis* es de 35,30 tC eq/ha.

Asimismo, indica que la biomasa radical aporta en promedio el 17% de la biomasa total. Para efectos del presente estudio asumiremos los datos mencionados en la siguiente tabla:

Tabla 6

Valores de captura de CO2 para plantación de 27 años de la especie Cedrelinga catenaeformis

BIOMASA (t/ha)			CARBONO (t/ha)	SECUESTRO (tCO_2/ha)
Biomasa aérea	**Biomasa radical**	**Biomasa total**		
8.50	1.74	10.24	35.30	77.65

Fuente: Del Aguila (2014).

3.7. Tratamiento de datos

Los datos fueron procesados con ayuda de Microsoft Excel; las figuras se representaron en forma de barras y tortas, de acuerdo a las diferentes ecuaciones y en concordancia con los límites operacionales de las empresas forestales evaluadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

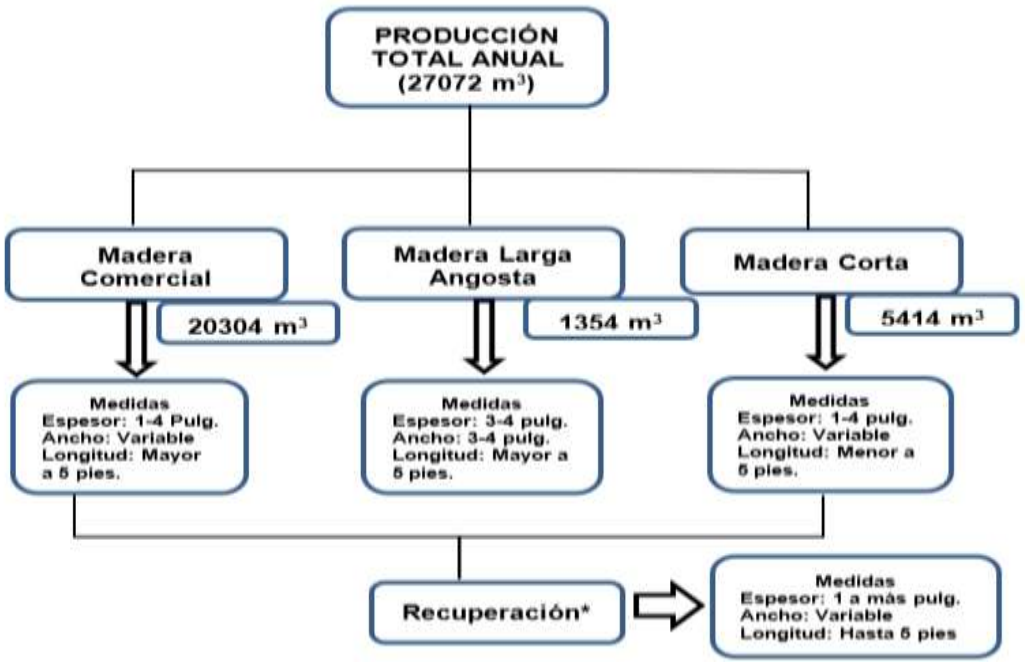
4.1. Diagnóstico de la organización

4.1.1. Descripción de las operaciones

Las empresas de aserraderos evaluadas se dedican a la transformación primaria de la madera, es decir, a la producción y comercialización de madera aserrada de diferentes especies comerciales. En la siguiente figura se muestra el volumen total anual, con promedio de 9024 m^3 por empresa, y calidades de madera que producen, el 75% corresponde a madera comercial, 20% a madera corta y 5% a madera larga angosta.

Figura 4

Diagrama del volumen de producción anual de las empresas evaluadas



(*): El volumen de recuperación es a partir de los residuos que se generan y no se contabiliza para efectos del volumen de producción total anual.

La madera aserrada, que producen y comercializan corresponde a especies forestales como son: Tornillo (Cedrelinga catenaeformis), Catahua (Hura crepitans), Capirona (*Calicophyllum spruceanum*), Shihuahuaco (Dipterix odorata), Marupa (*Brosimun alicastrum), Cumala (Virola spp.), Cachimbo (Cariniana decandra*), entre otras.

Para el año 2019, las tres empresas de aserraderos tuvieron una producción total anual de 27072 m^3 de madera aserrada, con un promedio de 9024 m^3 por aserradero, según como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 7

Volumen de empresas de aserraderos evaluados

		M3)		
		DIARIO	**MENSUAL**	**ANUAL**
Aserradero Vásquez SAC.	Jr. Washington s/n. San Clara. San Fernando.	35	840	10080
Aserradero Jorge Rolando	Carretera Manantay Km 1.500	24	576	6912
Industrias Forestales B&J SAC.	Carretera Manantay Km 4.200	35	840	10080
Total		94	2256	**27072**
Promedio				**9024**

A continuación, se describen las operaciones de las empresas de aserraderos evaluadas para el periodo de estudio:

Producción de madera aserrada

- **Descarga:** La madera en troza utilizada como materia prima llega de diferentes lugares y/o cuencas de la región Ucayali. Se transporta con ayuda de botes-motores fuera de borda y en boyas hasta el aserradero e ingresa a través de la quebrada Manantay; posteriormente se descarga con ayuda de grúas.

- **Almacenamiento:** Las trozas se transportan hacia el patio de almacenamiento, con ayuda de Tractor Caterpillar, el cual utiliza Diesel como combustible y tiene una capacidad de carga de hasta 6 toneladas.

- **Aserrío:** En el aserrado, la madera en troza se habilita para determinar el espesor del producto (madera aserrada). Se utiliza una sierra de cinta, de marca Schiffer con una volante de 120 cm de diámetro, la cual opera con un motor eléctrico de 100 hp, dos motores eléctricos de 10 hp y un motor eléctrico de 3.5 hp.

- **Canteado:** En el canteado, se corta de forma longitudinal a la tabla aserrada para determinar el ancho final de la pieza. Se utiliza una Canteadora simple (caso Aserradero “Jorge Rolando”) o múltiple (caso Aserradero “Vásquez” e Industrias Forestales B&J) de marca Schiffer con un motor eléctrico de 25 y 40 hp respectivamente.

- **Despuntado:** En el despuntado, el tablón aserrado se corta de forma transversal con el fin de determinar la longitud final de la pieza. Se utiliza una despuntadora tipo péndulo de origen nacional con un motor eléctrico de 15 hp.

- **Reaserrío de madera corta:** Las tablas aserradas que no cumplen con la longitud mayor a 5 pies de longitud vuelven a ser aserradas para eliminar defectos que pudiera tener la pieza de madera. Se utiliza una sierra de disco de origen nacional con un motor eléctrico de 13.5 hp.

- **Afilado:** Para el afilado de la cinta se utiliza una afiladora marca Schiffer, la cual emplea un motor de 3 hp; adicionalmente se utiliza tensionadora de 3 hp, esmeril y soldadora de 1 hp cada una.

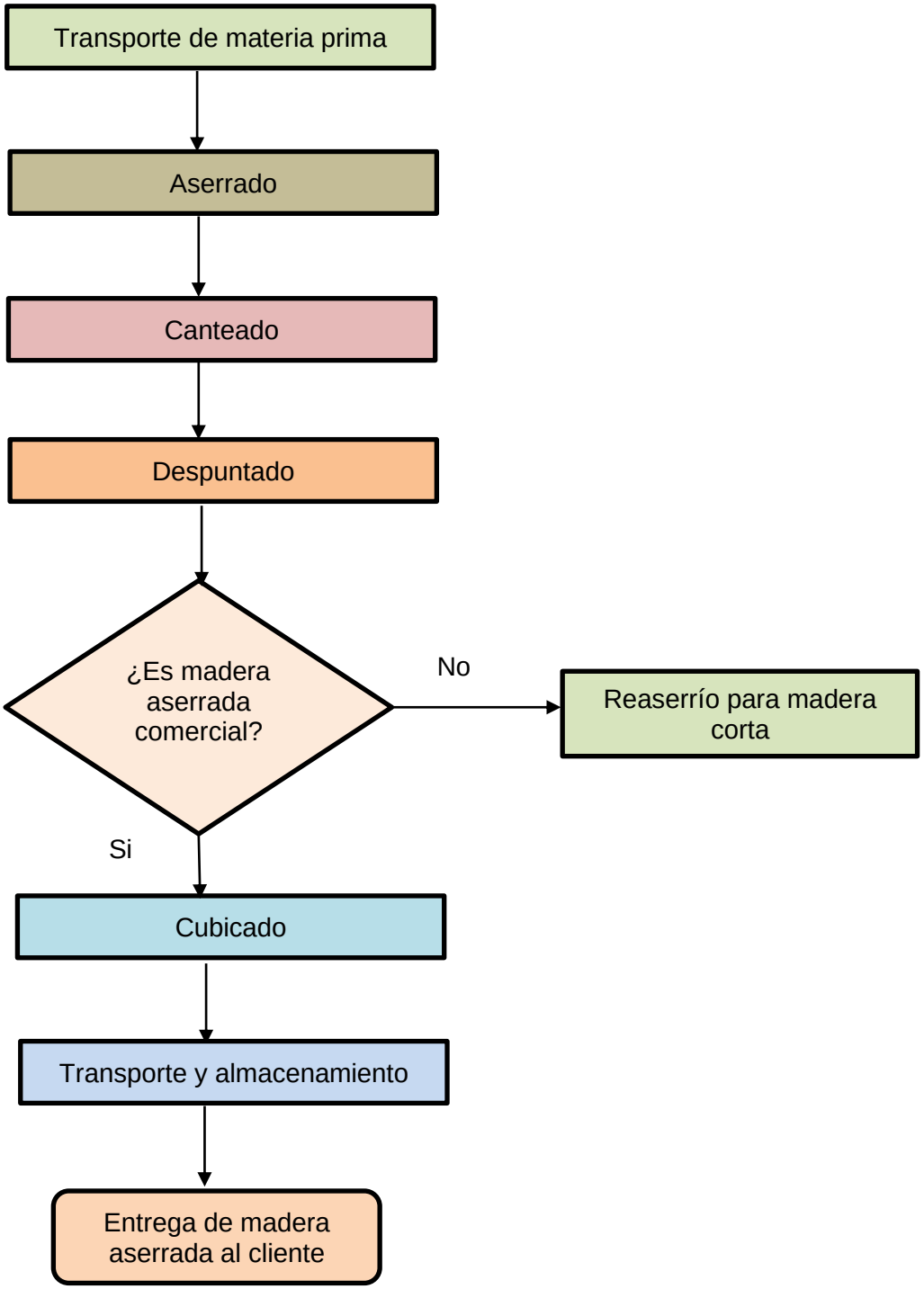
- **Cubicado de madera:** Las tablas aserradas son registradas y cubicadas empleando el sistema Doyle, es decir, espesor y ancho en pulgadas, longitud en pies y el volumen se expresa en pies tablares.

- **Clasificado y almacenamiento:** El clasificado de la madera aserrada se realiza básicamente en función de sus medidas en tres categorías: madera comercial, madera larga angosta y madera corta. El almacenamiento se realiza en el patio de madera aserrada al aire libre. El almacenamiento se hace manualmente y con la ayuda de un tractor forestal de marca Caterpillar en las tres empresas evaluadas.

- **Iluminación:** Con respecto a la iluminación de la planta, oficinas y vigilancia del Aserradero “Vásquez” se utilizan 41 fluorescentes marca PHILIPS de 100 W cada uno. En el Aserradero “Jorge Rolando” se utilizan 23 fluorescentes marca PHILIPS de 85 W cada uno; mientras que Industrias Forestales B&J se utilizan 38 fluorescentes marca PHILIPS de 100 W cada uno.

Figura 5

Diagrama de flujo del proceso de producción de madera aserrada de las empresas evaluadas



Administración

Las empresas de aserraderos cuentan con un área administrativa ubicada en el mismo local del aserradero. Desde estos recintos se reciben los pedidos de los clientes, se organiza la producción de la planta y la parte contable de las empresas.

La empresa Aserradero “Vásquez” cuenta con una computadora de escritorio marca LENOVO de 200 W, una impresora marca Epson de 10 W, un teléfono, un modem de internet y cuatro cámaras de seguridad marca TP-Link de 51 W, las cuales se son visualizadas en un monitor marca LG de 21 W. La iluminación se basa en energía eléctrica para lo cual se utilizan cuatro fluorescentes de marca Phillips de 85 W en las oficinas y dos fluorescentes circulares marca PHILIPS de 50 W en la sala de espera y baño.

La empresa Aserradero “Jorge Rolando” cuenta con una Laptop de marca LENOVO de 200 W, una impresora marca Epson de 10 W. La iluminación se basa en energía eléctrica para lo cual se utilizan dos fluorescentes de marca Phillips de 85 W en las oficinas y dos fluorescentes circulares marca PHILIPS de 50 W en el pasadizo y baño.

La empresa Industrias Forestales B&J cuenta con una Laptop portátil de marca HP de 200 W, una impresora marca Epson de 10 W. La iluminación se basa en energía eléctrica para lo cual se utilizan cuatro fluorescentes de marca Phillips de 85 W en las oficinas y dos fluorescentes circulares marca PHILIPS de 50 W en el pasadizo y baño.

Finalmente, el personal de cada empresa está conformado por un gerente, administrador, un supervisor de planta, seis operarios de planta y

seis obreros. El personal se moviliza por medio de transporte público y a través de vehículos privados.

4.1.2. Consumo de electricidad

La empresa cuenta con dos suministros de energía eléctrica, cuyo proveedor es la empresa Electro Ucayali; uno de ellos tiene una tarifa MT2 cuyos medidores electrónicos tienen el sistema trifásico de 3 hilos, que permite la medición de energía activa, energía reactiva y potencia. Las diferentes máquinas y equipos de la planta y oficinas, están conectados indistintamente a los suministros.

Los datos del consumo total de 2019 fueron obtenidos del histórico de los recibos de luz, que fueron proporcionados por las empresas; el resumen de datos de consumo se presenta en la siguiente tabla 8:

Tabla 8

Consumo de energía eléctrica del año 2019

Meses 2019	Consumo (MW)		
	Industrias "Vásquez"	As. "Jorge Rolando"	Industrias "B&J"
Enero	24.89	15.14	11.25
Febrero	28.33	15.18	14.60
Marzo	22.97	15.47	16.68
Abril	15.68	12.85	16.75
Mayo	25.40	13.05	15.09
Junio	25.45	12.36	13.26
Julio	23.25	9.87	8.90
Agosto	30.69	4.70	9.96
Setiembre	30.81	3.03	14.76
Octubre	27.20	3.74	13.79
Noviembre	31.03	9.54	11.66
Diciembre	27.49	12.06	12.13
Total	**313.20**	**126.99**	**158.85**
Promedio por empresa			**199.68**

Fuente: Tomado de los recibos de luz del año 2019 de las empresas estudiadas.

Los resultados evidencian que el aserradero Vásquez presenta mayores emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica (Alcance 2), atribuibles principalmente a su mayor tiempo de operación y capacidad productiva. No obstante, al analizar la intensidad de emisiones por unidad de producto, la empresa muestra un potencial desempeño ambiental favorable. En este contexto, la implementación de medidas de eficiencia energética, gestión operativa y aprovechamiento de residuos forestales permitiría reducir significativamente su huella de carbono, contribuyendo a una gestión ambiental más sostenible y alineada con el GHG Protocol.

Según la tabla 8, el mayor consumo de energía eléctrica registrado en el aserradero Vásquez se atribuye principalmente a su mayor tiempo de operación (dos turnos diarios), mayor capacidad productiva y uso intensivo de maquinaria eléctrica en diversas etapas del proceso de transformación primaria de la madera. Si bien la planta cuenta con tecnología más moderna, lo que sugiere una mayor eficiencia energética por unidad de producto, el consumo total de energía eléctrica es superior debido al mayor volumen de producción y a la operación continua de equipos y sistemas auxiliares.

4.2. Determinación de límites organizacionales y operacionales del inventario de GEI

- **Límites organizacionales:** Los límites organizacionales considerados para el cálculo de la huella de carbono de las empresas evaluadas durante el año 2019, abarcan los aserraderos

con sus instalaciones que se ubican en el sector de Santa Clara y Carretera Manantay km 1.500 y km 4.200, del distrito Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

- **Límites operacionales:** Se definieron los siguientes alcances:
  - **Alcance 1:** Se incluyeron las emisiones directas de GEI por consumo de combustibles fósiles del uso de tractores y cargadores forestales, motosierra y movilidad local para gestiones de cada empresa evaluada.
  - **Alcance 2:** Se incluyeron las emisiones indirectas de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica en áreas de producción y administración de las empresas evaluadas.
  - **Alcance 3:** Se incluyeron las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel y transporte del personal (casa – planta y viceversa).

En la figura 4 se presenta un diagrama de los límites operacionales y organizacionales del sistema:

4.2.1. Identificación de fuentes de emisión

Se identificaron las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en las actividades de operación de las empresas evaluadas y se asignó un alcance a cada una de ellas (Ver Tablas 9, 10 y 11). El alcance 2, se presenta en su mayoría, representando más del 68% en relación al total de fuentes de emisión identificadas.

Tabla 9

Fuentes de emisión de GEI atribuibles a las actividades de la empresa Industrias y Servicios "Vásquez"

Actividad/ Operación	Fuente de Emisión	Marca	Modelo	Fuente Energética	Nivel de Alcance según GH Protocol
PLANTA DE ASERRIO					
Transporte de madera en troza y madera aserrada	Tractor forestal	Jhon Deere	624-J	Diesel	1
	Cargador Frontal	Caterpillar	966-G	Diesel	1
Aserrío	Motosierra	STHIL	060	G90	1
	Sierra de cinta	Schiffer		EE*	2
	Canteadora múltiple	Schiffer		EE*	2
	Canteadora simple		Nacional	EE*	2
Re-Aserrío	Despuntadora	Khampos	Nacional	EE*	2
	Sierra circular		Nacional	EE*	2
Iluminación	Fluorescentes	Phillips	85 w	EE*	2
ADMINISTRACIÓN					
Oficina	2 Monitores	LG	FLATRON	EE*	2
	1 Computadora de escritorio	Lenovo	Corel i5	EE*	2
	1 Impresora	Epson	L575	EE*	2
	Parlantes	Logitec	-	EE*	2
	4 Focos fluorescentes	Phillips	-	EE*	2
	Consumo de papel	-	-	-	3
Sala de espera	2 Focos circulares	PHILIPS		EE*	2
Servicios higiénicos	1 Foco circular	PHILIPS	-	EE*	2
Seguridad	Cámaras de video vigilancia	TP-LINK	-	EE*	2
	2 fluorescentes	PHILIPS	-	EE*	2
TRANSPORTE					
Casa-Trabajo	Transporte público	Mototaxi	150 cc	G90	3
Casa-Trabajo	Automóvil	Toyota		G90	3
Casa-Trabajo	Motocicleta	Honda	125 cc	G90	3

Tabla 10

Fuentes de emisión de GEI atribuibles a las actividades de la empresa Aserradero "Jorge Rolando"

Actividad/ Operación	Fuente de Emisión	Marca	Modelo	Fuente Energética	Alcance
PLANTA DE ASERRIO					
Transporte de madera en troza y madera aserrada	Tractor forestal	Jhon Deere	624-J	Diesel	1
	Motosierra	STHIL	060	G90	1
Aserrío	Sierra de cinta	Schiffer		EE*	2
	Canteadora simple		Nacional	EE*	2
	Despuntadora	KHAMPOS	Nacional	EE*	2
Re-Aserrío	Sierra circular		Nacional	EE*	2
Iluminación	Fluorescentes	Phillips	85 w	EE*	2
ADMINISTRACIÓN					
Oficina	1 Laptop	LENOVO	Corel i5	EE*	2
	1 Impresora	EPSON	L575	EE*	2
	2 Focos fluorescentes	PHILIPS	-	EE*	2
	Consumo de papel	-	-	-	3
Servicios higiénicos	1 Foco circular	PHILIPS	-	EE*	2
Seguridad	1 focos ahorrador	PHILIPS	-	EE*	2
TRANSPORTE					
Casa-Trabajo	Transporte público	Mototaxi	150 cc	G90	3
Casa-Trabajo	Motocicleta	Honda	125 cc	G90	3

Tabla 11

Fuentes de emisión de GEI atribuibles a las actividades de la empresa "Industrias Forestales B&J"

Actividad/ Operación	Fuente de Emisión	Marca	Modelo	Fuente Energética	Alcance
PLANTA DE ASERRIO					
Transporte de madera en troza y madera aserrada	Tractor forestal	Caterpillar	950 G	Diesel	1
	Cargador Frontal	Caterpillar	966-G	Diesel	1
Aserrío	Motosierra	STHIL	060	G90	1
	Sierra de Cinta.	Schiffer		EE*	2
	Canteadora Múltiple	Schiffer		EE*	2
	Canteadora Simple		Nacional	EE*	2
	Despuntadora	Khampos	Nacional	EE*	2
Re-Aserrío	Sierra circular		Nacional	EE*	2
Iluminación	Fluorescentes	Phillips	85 w	EE*	2
ADMINISTRACIÓN					
Oficina	1 Laptop	LENOVO	Corel i5	EE*	2
	1 Impresora	EPSON	L975	EE*	2
	Parlantes	LOGITEC	-	EE*	2
	2 Focos fluorescentes	PHILIPS	-	EE*	2
	Consumo de papel	Report	TA4-80 gr	-	3
Servicios higiénicos	1 Foco circular	PHILIPS	-	EE*	2
Seguridad	2 focos ahorradores	PHILIPS	-	EE*	2
TRANSPORTE					
Casa-Trabajo	Transporte publico	Mototaxi	150 cc	G90	3
Casa-Trabajo	Camioneta	Toyota		G90	3
Casa-Trabajo	Motocicleta	Honda	110 cc	G90	3

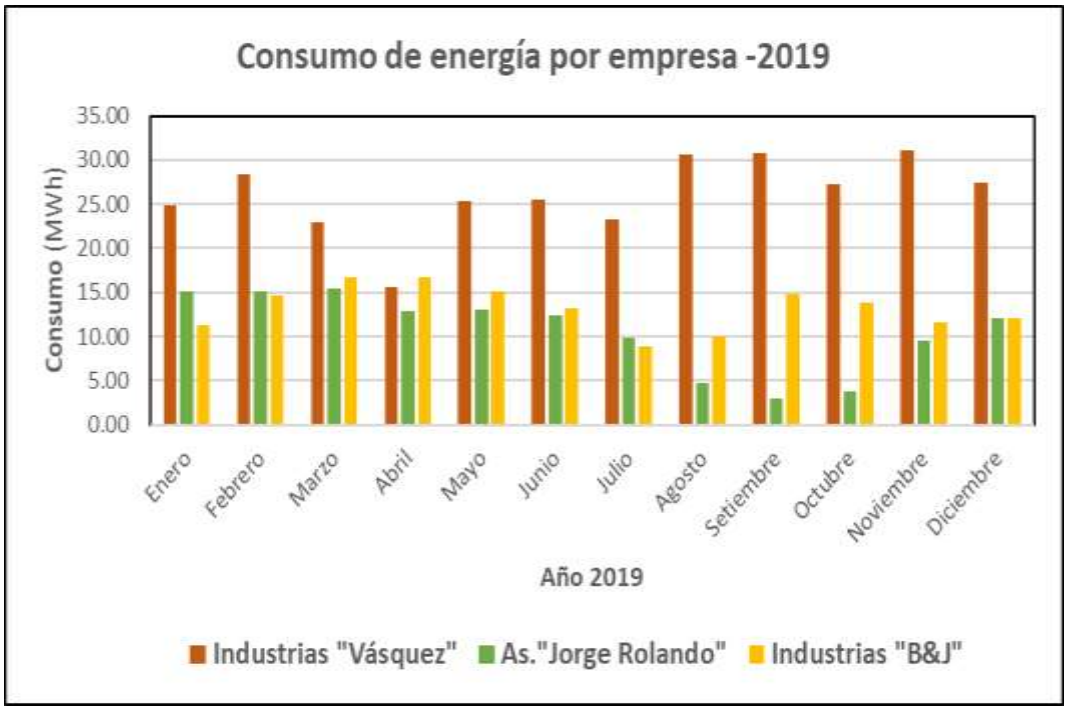
4.2.2. Determinación del consumo de energía eléctrica

En la figura 6, en base a la información proporcionada se presenta gráficamente el consumo de energía eléctrica en MWh durante el año 2019 para las empresas evaluadas, que en total suman 599.03 MWh con un

promedio por empresa de 199.68 MWh. La empresa que genera mayor consumo anual es Industrias y Servicios “Vásquez” (313.02 MWh), mientras que el Aserradero “Jorge Rolando” es el que genera menos consumo por año (126.99 MWh); esto podría deberse a que la primera empresa produce 31% más que la segunda (Tabla 7), con lo que se podría entender que el nivel de producción está relacionado con la generación de emisiones de GEI (Tabla 14).

Figura 6

Consumo de mensual de energía eléctrica 2019 por empresa



El consumo correspondió a la energía activa, que por definición es aquella que genera trabajo útil. La energía reactiva registrada fue de 191,161.46 kVArh, la se convirtió a energía activa utilizando $tan\varphi=0.80$, valor que corresponde al factor de potencia de la empresa en estudio ($cos\varphi=0.78$), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12

Conversión de energía reactiva a energía activa

Energía reactiva* (kVArh)	Conversión a Energía activa (kWh)
191,161.46	238,951.82

* *No se consume ni sirve para calentar. Se mide en kVArh (kilo voltio-amperio reactivo hora). Se asocia a todos los aparatos que para su funcionamiento precisen de una bobina (es decir aquellos que funcionan con motores o transformadores) alimentados en corriente alterna (la intensidad cambia de sentido de circulación, esta va y viene de nuestro consumo a la red 50 veces por segundo*).

A pesar que la energía reactiva no es utilizada para generar trabajo útil, a diferencia de la activa, esta suele saturar las líneas de distribución y como consecuencia se dan pérdidas de energía que implican la emisión de GEIs. Los consumos de cada una de las etapas de producción se calcularon en base a los datos teóricos de las máquinas utilizadas y entrevista al supervisor de planta para determinar las horas de uso.

En la tabla 13, se detallan los consumos eléctricos por empresa y por turno observando que, de las tres empresas estudiadas, Industrias Forestales “B&J” es la que consume mayor cantidad de energía eléctrica por turno (2073.48 kWh), es decir, 22% más que el promedio por empresa (1705 kWh) según el cálculo realizado por área de trabajo. Asimismo, se observa que el área de planta (aserrío de la madera) es la que consume mayor energía que las demás áreas de las empresas.

Los resultados evidencian que el aserradero Vásquez presenta mayores emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica (Alcance 2), atribuibles principalmente a su mayor tiempo de operación y capacidad productiva. No obstante, al analizar la intensidad de emisiones por unidad de producto, la empresa muestra un potencial desempeño ambiental favorable. En este contexto, la implementación de medidas de

eficiencia energética, gestión operativa y aprovechamiento de residuos forestales permitiría reducir significativamente su huella de carbono, contribuyendo a una gestión ambiental más sostenible y alineada con el GHG Protocol.

Tabla 13

Consumo eléctrico por turno de las empresas estudiadas

Área	Equipo	Marca	Consumo eléctrico por turno (kWh)		
			As. Vásquez	As. Jorge Rolando	Industrias Forestales B&J
Planta	Winche	Nacional	39.15	39.15	39.15
	Carro porta trozas	Schiffer	57.05	57.05	57.05
	Sujetador de trozas	Schiffer	80.54	80.54	80.54
	Sierra de Cinta	Schiffer	805.41	671.14	984.39
	Guía de sierra de cinta	Schiffer	7.83	7.83	7.83
	Compresora de aire	Campbell	29.83	29.83	29.83
	Volteador de troza	Nacional	33.56	33.56	33.56
	Succionador de aserrín SP	Nacional	100.71	0.00	100.71
	Canteadora simple	Nacional	104.40	104.40	130.48
	Canteadora Múltiple	Schiffer	167.76	0.00	268.47
	Succionador de aserrín SP	Nacional	100.71	0.00	100.71
	Despuntadora	Nacional	90.60	90.60	90.60
	Sierra Circular recuperación	Nacional	90.60	90.60	90.60
	Luminarias de 85 watts	Ulix	36.00	13.77	27.00
Sala de Afilado	Tensionadora	Schiffer	6.71	6.71	6.71
	Esmeril	Schiffer	0.37	0.37	0.37
	Afiladora	Schiffer	20.13	20.13	20.13
	Soldadora	Schiffer	0.75	0.75	0.75
	Luminarias de 85 watts	Phillips	0.77	0.77	0.77
Oficina	Monitores	LG	0.50	0.00	0.00
	Laptop	Lenovo/HP	0.75	0.75	0.50
	Impresora	Epson	0.05	0.05	0.05
	Ventiladores	Panasonic	0.63	0.63	0.63
	Luminarias de 85 watts	Phillips	1.53	1.53	1.53
SS.HH.	Luminarias de 85 watts	Phillips	0.20	0.10	0.10
Seguridad	Cámaras de video vigilancia	TP-Link	12.00	0.00	0.00
	Luminarias de 85 watts	Phillips	1.02	1.02	1.02
	Total		**1789.56**	**1251.28**	**2073.48**
	Promedio (MW)				**1.705**

4.3. Cuantificación de emisiones totales de GEI de las empresas evaluadas

La Huella de Carbono para las empresas de aserraderos evaluados tiene un total de emisiones de 763.758 tCO_2eq para el año 2019, lo cual se debe principalmente al uso de energía eléctrica que representa el 54% (409.849 tCO_2eq). En la tabla 14 y la figura 7, se detallan las emisiones totales por cada fuente de emisión y alcance y la distribución de la participación de los alcances 1, 2 y 3.

Tabla 14

Emisiones totales de GEI por alcance

Fuente de emisión	Emisiones generadas por empresa			Emisiones Totales (tCO2eq)	Promedio de Emisiones (tCO2eq)	Participación (%)
	Aserradero "Vásquez"	Aserradero "Jorge Rolando"	"Industrias Forestales B&J"			
Alcance 1						
Combustible	135.7330	59.4416	149.0369	344.2114	114.7371	45.07
Alcance 2						
Energía Eléctrica	144.1538	100.5927	165.1034	409.8499	136.6166	53.66
Alcance 3						
Consumo de papel	0.3703	0.1183	0.4796	0.9682	0.3227	0.13
Transporte (Casa-Aserradero-Casa)	1.0412	2.5506	5.1256	8.7173	2.9058	1.14
TOTAL	281.2982	162.7032	319.7454	763.7469	254.5823	100.00

4.3.1. Estimación de la Huella de Carbono per cápita

Se calculó la huella carbono per cápita de la población de trabajadores de las empresas de aserraderos evaluados, en base al total de emisiones de los alcances 1, 2 y 3, el mismo que se muestra en la siguiente tabla.

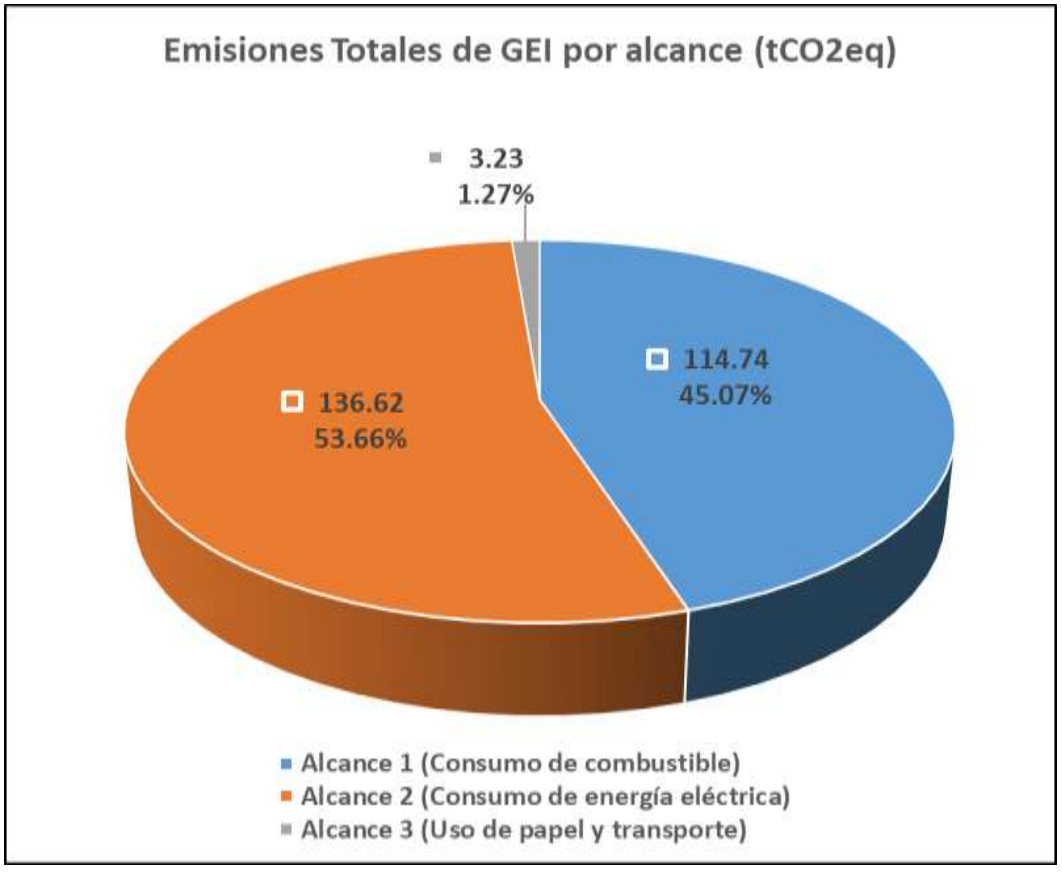
Tabla 15

Estimación per cápita de la Huella de Carbono

Emisiones totales tCO2eq anual	Total de trabajadores de empresas evaluadas	Huella per cápita de trabajadores de empresas evaluadas (tCO2eq/persona)
763.75	72	10.61

Figura 7

Distribución de las emisiones de GEI totales según alcance



Se observa que la proporción más significativa de las emisiones es atribuida consumo de energía eléctrica (alcance 2) con un promedio para las empresas evaluadas de 53.66% (136.62 tCO_2eq), provenientes de emisiones indirectas a pesar que en este aspecto se debería tener control directo, seguido por el consumo de combustible (alcance 1) con el 45.07% (114.74 tCO_2eq) y por último las emisiones indirectas o uso de papel y de

transporte (alcance 3) con un 1.27% (3.23 tCO_2eq). Por su parte, en una empresa de fabricación de pisos de madera Jeri y Velásquez (2015), encontró valores para el alcance 2 de 69.54% (61.47 tCO_2eq), alcance 1 con un 27.61% (24.41 tCO_2eq) y alcance 3 con un 2.84% (2.52 tCO_2eq). Mientras que, en una planta de fabricación de briquetas de madera Barrientos y Molina (2014), encontró valores para el alcance 1 de 88.25% (34.35 tCO_2eq), alcance 2 con un 10.67% (4.16 tCO_2eq) y alcance 3 con un 1.08% (0.42 tCO_2eq).

Por otro lado, en base a la población de trabajadores de las empresas evaluadas, se determinó la Huella de Carbono per cápita resultando un promedio de 10.58 tCO_2eq/persona para el año 2019.

Se observan diferentes valores de Huella de Carbono per cápita, debido a los diferentes consumos o actividades individuales que se realizan en cada empresa, en las cuales la generación de emisiones se hace más notable al no haber una conciencia ambiental para reducir sus emisiones.

4.4. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 1

4.4.1. Cuantificación de las emisiones directas de GEI por consumo de combustible

En la tabla 16, se detalla el consumo de combustible para 2019, en el cual se incluye el consumo principal de dos (2) tipos de combustible: Diesel, gasolina 90 y lubricantes. De los 3 tipos, el combustible Diesel tiene mayor consumo (95.6%) que los otros combustibles (gasolina 90 y lubricantes), debido a que las empresas evaluadas emplean tractor forestal y cargador frontal para sus operaciones de transporte interno de madera

rolliza y madera aserrada, lo cual tiene influencia en el consumo y por ende en la generación de emisiones. Las especificaciones sobre el uso de combustible se detallan en el anexo 2.

Tabla 16

Consumo por tipo de Combustible

Ítem	Tipo de combustible	Consumo total Anual (kg)	Consumo Promedio Anual (kg)
Transporte interno	Diesel	38202.19	12734.06
	Gasolina 90	938.59	312.86
	Lubricantes	1049.08	349.69
Planta de aserrío	Diesel	66930.24	22310.08
	Lubricantes	2816.05	938.68
Total		**109936.15**	**36645.38**

El detalle de las emisiones de GEI emitido por el consumo de combustible, se muestra en la tabla 17. Asimismo, los detalles para el cálculo de las emisiones de la gasolina se muestran en el anexo 5.

Tabla 17

Emisiones de GEI por consumo de combustible

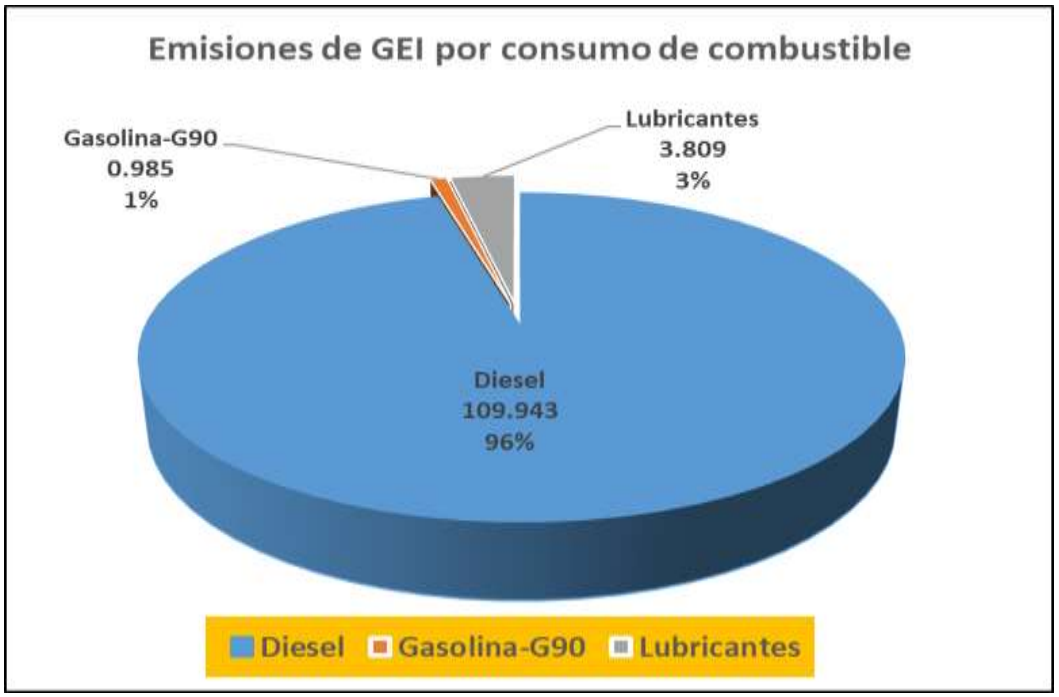
Tipo de combustible	Emisiones de GEI Aserradero "Vásquez"		Aserradero "Jorge Rolando"		Industrias Forestales B&J		Emisiones Totales (tCO2eq)	Promedio	Participación (%)
	(tCO2eq)	%	(tCO2eq)	%	(tCO2eq)	%			
Diesel	129.439	95.4	57.528	96.8	142.862	95.9	329.829	109.943	95.82
Gasolina	2.533	1.9	0.211	0.4	0.211	0.1	2.955	0.985	0.86
Lubricante	3.761	2.8	1.702	2.9	5.964	4.0	11.427	3.809	3.32
Total	135.733	100.0	59.442	100.0	149.037	100.0	**344.211**	**114.737**	100.00
Promedio	**45.244**		**19.814**		**49.679**				

Las emisiones correspondientes al consumo de combustible de acuerdo a los resultados obtenidos fueron en promedio de 114.74 tCO_2eq, el cual representa 45.15% de la totalidad de emisiones generadas por las empresas evaluadas (Ver Tabla 14).

En la figura 8, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por el consumo de combustible; siendo el combustible Diesel, la de mayor emisión con un total de 109.94 tCO_2eq.

Figura 8

Emisiones de GEI por consumo de combustible



Díaz y Pinillos (2012) realizaron estudio similar a una empresa de trasformación secundaria de madera, que con una producción de 1767.47 m^3 de madera procesada, se emitieron 6.38 tCO_2eq correspondientes al alcance 1. Asimismo, Jeri y Velásquez (2016), realizaron estudio en una empresa de fabricación de pisos de madera, con una producción de 1962.26 m^3 de madera procesada, se emitieron 24.41 tCO_2eq correspondientes al alcance 1; estas cantidades se encuentran muy por debajo de las emitidas por las empresas del presente estudio que tiene un promedio de 117,56 tCO_2eq. Esto podría deberse a que las empresas estudiadas tienen una producción mayor (9024 m3) en 80% y 78% más y

por lo tanto, requieren de mayor combustible, lo cual incrementa considerablemente las emisiones generadas.

4.5. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 2

4.5.1. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica

Los consumos se calcularon en base a los datos teóricos de las máquinas, aparatos y equipos. Asimismo, se entrevistó al encargado de las diferentes áreas para determinar las horas de uso. En la tabla 18 se detalla de manera general el consumo eléctrico de las áreas que pertenecen a las empresas evaluadas.

Tabla 18

Consumo eléctrico por áreas de las empresas

Área	Consumo eléctrico (kWh)			Total (kWh)	Promedio (kWh)	Participación (%)
	Aserradero "Vásquez"	Aserradero "Jorge Rolando"	Industrias Forestales B&J			
Aserrío	1154.07	919.09	1333.05	3406.21	1135.40	66.6
Canteado	372.87	104.40	499.66	976.93	325.64	19.1
Despuntado	217.21	194.98	208.21	620.39	206.80	12.1
Afilado	28.73	28.73	28.73	86.19	28.73	1.7
Oficinas	16.68	4.08	3.83	24.59	8.20	0.5
Total	**1789.56**	**1251.28**	**2073.48**	**5114.31**	**1704.77**	**100.00**
Promedio (MW)					**1.70477**	

4.5.2. Determinación del factor de emisión de energía eléctrica

De acuerdo al COES-SINAC, la producción de energía eléctrica fue de 48993.3 GWh (COES-SINAC, 2018). La matriz energética del Perú para el año 2017 estuvo representada por la siguiente forma:

Figura 9

Matriz Energética Peruana 2017 por tipo de generación

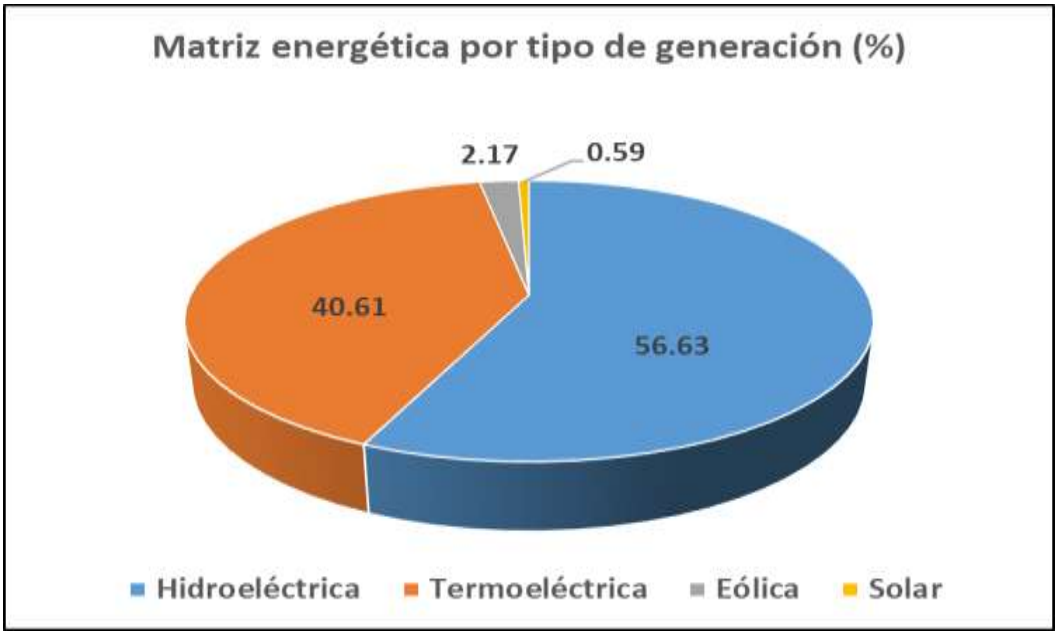


Tabla 19

Factor de emisión de energía eléctrica

tCO_2eq producidos por energía eléctrica	**GW.h consumidos durante el 2017**	**Factor de Emisión de energía eléctrica ($tCO_2eq/MW.h$)**
12 115 515.642	48 993.3	0.247*

*Este índice corresponde a la fuente energética de la concesionaria Electro Ucayali.

El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) de Perú, que abastece a Ucayali (principalmente vía redes aisladas en algunas zonas como Atalaya) se alimenta de una matriz mixta dominada por energía hidroeléctrica (cerca del 50-53%) y gas natural (aproximadamente 48%), complementadas con fuentes renovables (solar, eólica) y térmicas (diésel, carbón). Para Ucayali, se usa el SEIN y sistemas aislados, donde se incorporan fuentes locales como centrales térmicas y solar, con proyectos específicos de plantas solares para comunidades como Masisea.

Tabla 20

Emisión de GEI por consumo de energía

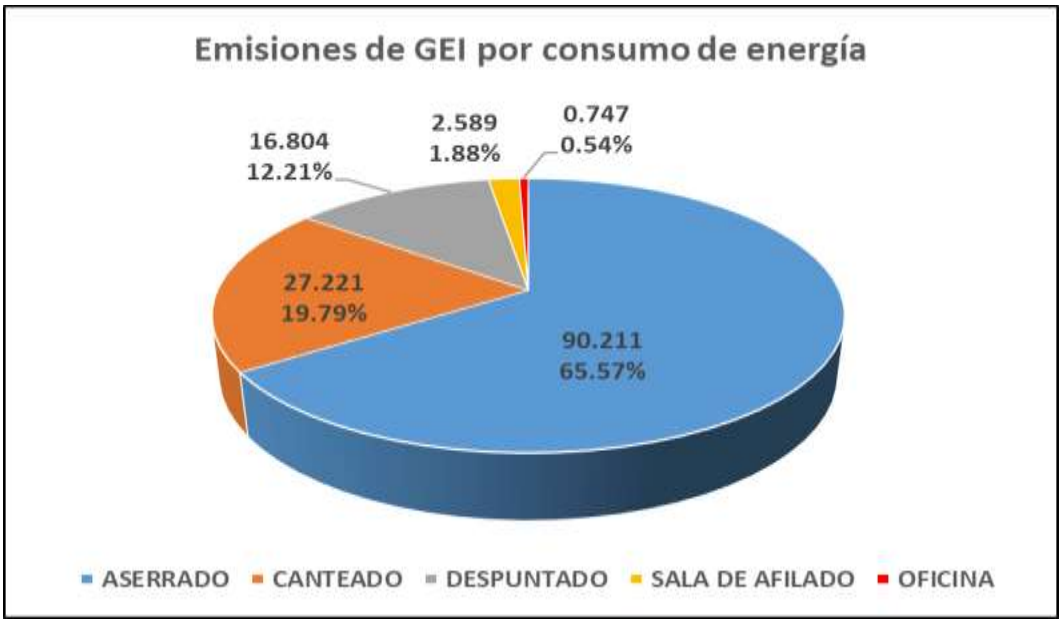
AREA	CONSUMO DE ENERGIA (MWh)			Factor de Emisión (tCO2/MWh)	EMISIONES DE GEI			GEI PROMEDIO TOTAL (tCO2eq)	PARTICIPACION (%)
	Aserradero "Vásquez"	As. "Jorge Rolando"	Industrias Forestales B&J		Aserradero "Vásquez"	As. "Jorge Rolando"	Industrias Forestales B&J		
Aserrío	378.213	298.917	418.549	0.247	93.419	73.833	103.381	90.211	65.57
Canteado	126.080	35.899	168.643	0.247	31.142	8.867	41.655	27.221	19.79
Despuntado	62.606	60.897	80.594	0.247	15.464	15.042	19.907	16.804	12.21
Afilado	10.407	10.368	10.666	0.247	2.570	2.561	2.634	2.589	1.88
Oficinas*	6.312	1.175	1.589	0.247	1.559	0.290	0.392	0.747	0.54
Total					**144.15**	**100.59**	**167.97**	**137.57**	**100.00**

(*): Además de oficinas, incluye área de seguridad.

Las empresas de aserraderos tuvieron un consumo promedio total de 1670.91 MWh durante el año 2019, resultando un total de 136.39 tCO_2eq, el cual representa un 53,18% de la totalidad de emisiones generadas por las empresas (ver Tabla 14). En la figura 8 se muestra la distribución de las emisiones por consumo de energía eléctrica, siendo el aserrado de maderas la etapa de mayor emisión con un total de 90.21 tCO_2eq.

Figura 10

Emisiones por consumo de energía eléctrica



El factor de emisión se calculó en base a lo realizado por Jeri y Velásquez (2016) quienes determinaron para el año 2015 un valor de 0.207 tCO_2eq/Mwh. Para el año 2017 en el trabajo realizado se determinó un valor de 0.247 tCO_2eq/Mwh. Este incremento es el resultado de la creciente utilización de combustibles fósiles para generar electricidad proveniente de las centrales termoeléctricas; debido a una mayor demanda en el consumo de energía eléctrica a nivel nacional.

Como lo señalan Tamayo, Salvador, Vásquez y Vílchez, (2016), quienes se refieren que la disminución de la pobreza energética y el mayor acceso de la población a los servicios energéticos se han vuelto una prioridad de política pública, así el acceso a la energía ha registrado avances significativos.

Las empresas en estudio consumieron un total promedio de 1670.91 MWh durante el año 2019, lo cual representa 136.13 tCO_2eq y 53.58% del total de emisiones generadas.

En comparación con el caso de Díaz y Pinillos (2012), quienes indicaron que en su estudio se consumió un total de 21 205.00 kWh, los consumos de las empresas en estudio utilizan un 97% más de energía debido a que el volumen de procesamiento es mayor, donde los procesos requieren de mayor energía eléctrica para el funcionamiento de motores y de procesos mayores que implican la transformación primaria de la madera (aserrío principal, canteado, despuntado y reaserrío de madera corta. En el caso de Díaz y Pinillos (2012), solo se contemplan los procesos de transformación secundaria (reaserrío, rectificado, despuntado y dimensionado).

4.6. Cuantificación de emisiones de GEI pertenecientes al alcance 3

4.6.1. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por consumo de papel

Las empresas de aserraderos evaluados para el año de 2019, consumieron papel bond de tamaño A4 (80 gramos) y A5 (60 gramos).

En la tabla 21, se detallan en kilogramos y las emisiones de GEI derivados del consumo de papel.

Tabla 21

Emisiones de GEI por consumo de papel

Tipo de papel	Peso total (kg)	Factor de emisión	Emisión Total (tCO2eq)	Emisión Promedio (tCO2eq)
Bond A4	197.589	0.002679	0.5293	0.1764
Bond A5	163.809	0.002679	0.4388	0.1463
Total	**361.398**		**0.9682**	**0.3227**

Las empresas evaluadas utilizaron un total de 361.39 kg de papel al año 2019 con un total de emisiones de 0.32 tCO_2eq, el cual representa un 0.13% de la totalidad de emisiones generadas por las empresas (ver Tabla 14).

A su vez Jeri y Velásquez (2016), en su trabajo realizado sobre fabricación de pisos de madera determinó 0.04 tCO_2eq en un peso de 59.88 kg de papel bond al año de tamaño A4; valores similares en comparación con lo encontrado por Barrientos y Molina (2014) que con un peso total de 21.04 kg de papel al año determinó 0.04 tCO_2eq en la fabricación de briquetas a base de madera.

Muy importante a tener en cuenta son los diferentes factores de emisión utilizada en cada trabajo, y sobre todo en la cantidad de papel utilizado anualmente. Asimismo, en referencia al consumo de papel Greenpeace (2004) resalta que el aumento del consumo del papel en el mundo y las previsiones de crecimiento que se hacen de él se sustentan en modelos económicos insostenibles, enormemente derrochadores y contrarios al principio de precaución con el medio ambiente.

4.6.2. Cuantificación de las emisiones indirectas de GEI por transporte Casa-Empresa-Casa

Para cuantificar las emisiones de GEI se realizaron encuestas considerando a administrativos, supervisores, operadores, operarios que laboraron en 2019, según información obtenida de las empresas evaluadas a 8 administrativos, 3 supervisores, 9 operadores y 21 operarios según tamaño de muestra.

Se calculó la emisión de tCO_2eq de trabajadores a partir de la encuesta realizada a 41 trabajadores de un total de 72 trabajadores.

En la tabla 22, se muestran las emisiones de GEI correspondiente al transporte Casa - Empresa - Casa, los cuales se obtuvieron al realizar el cálculo del desplazamiento empleando información recogida de las encuestas. Dicha información sirvió para obtener las emisiones de GEI generadas por el transporte desde su casa a la empresa (Ver Anexo 3 - Tabla 31).

Tabla 22

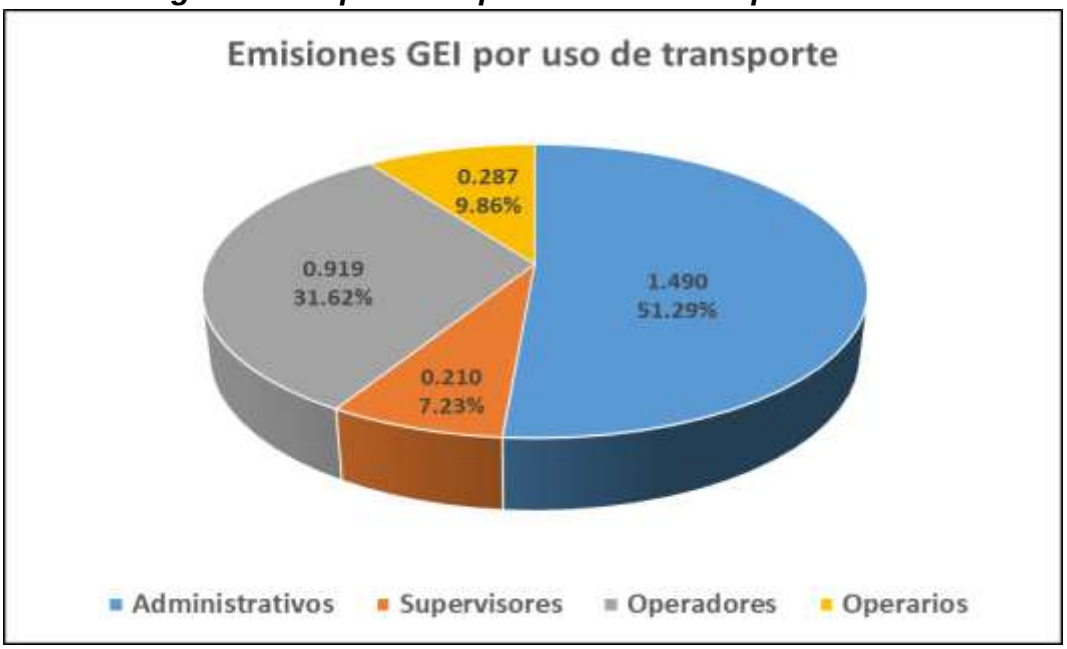
Emisiones de GEI por transporte Casa-Empresa-Casa

Categoría	N° Personas	Medio de transporte	Combustible usado	Emisiones de GEI (tCO2eq)	Participación (%)
Administrativos	8	Carro Moto	Diesel Gasolina	1.490	51.3
Supervisores	3	Moto	Gasolina	0.210	7.2
Operadores	9	Motokar Moto	Gasolina	0.919	31.6
Operarios	21	Moto Motokar Bicicleta	Gasolina	0.287	9.9
Total	41			2.906	100.0

Las emisiones generadas por el transporte Casa-Empresa-Casa generaron un total de 2.906 tCO_2eq, el cual representa un 1.14% del promedio total de emisiones generadas por las empresas (ver Tabla 6). En la figura 7, se puede distinguir la contribución en la emisión entre administrativos, supervisores, operadores y operarios. Siendo los de mayor emisión los administrativos con un total de 1.49 tCO_2eq el cual representa el 51.3%.

Figura 11

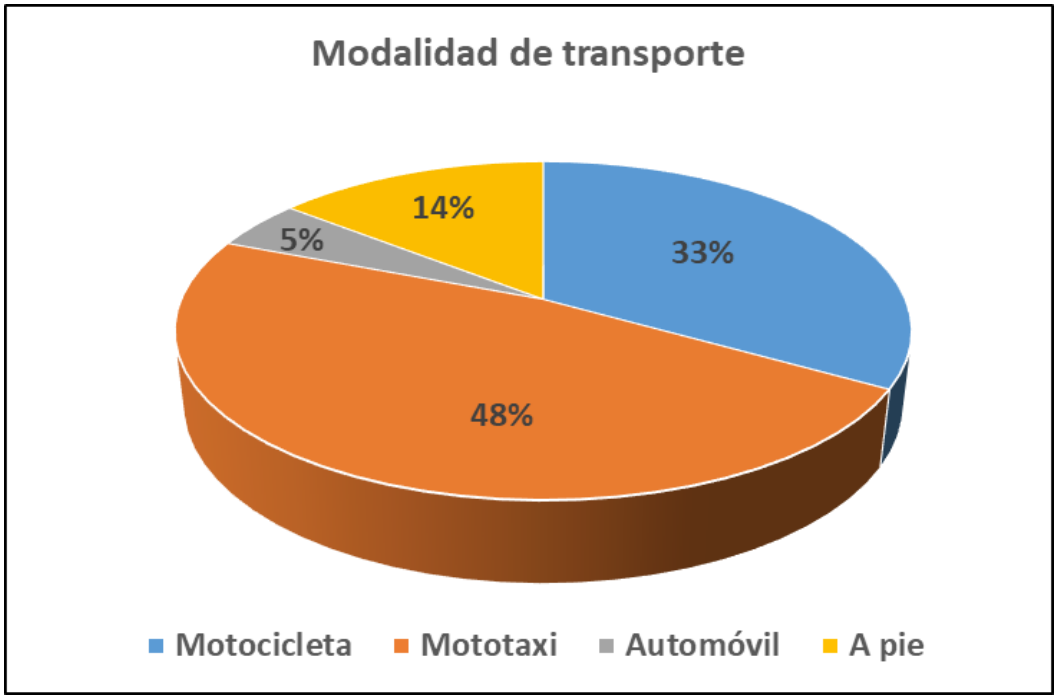
Emisiones generadas por transporte de Casa-Empresa-Casa



En la figura 11, se muestra los tipos de vehículos utilizados por los trabajadores de las empresas, en el cual se puede observar que la motocicleta tiene un mayor uso en la población para desplazarse de sus domicilios a la empresa, representando el 48% en relación a la modalidad de transporte utilizada. Cabe resaltar también que el 14% no genera emisiones de GEI en este rubro, porque se traslada a pie desde su casa a la empresa y viceversa.

Figura 12

Modalidad utilizada en el transporte de Casa-Empresa-Casa



Los resultados determinaron que el transporte Casa-Empresa-Casa, representa la fuente de menor emisión generada en las empresas estudiadas en el año 2019, con un promedio total de 2.90 tCO_2eq. La empresa estudiada por Jeri y Velásquez (2016), el transporte casa-empresa-casa emitió un total de 2.30 tCO_2eq representando un 2.6% del total de emisiones. Cabe precisar que la población total de las empresas

para el año 2019 fue de 72 personas entre directivos, administrativos, supervisores, operadores y operarios.

Asimismo, Barrientos y Molina (2014) cálculo de Huella de Carbono de la empresa CARBOTEC SA en la fabricación de briquetas de carbón vegetal encontrando un total de 0.28 tCO_2eq en el transporte Casa-Empresa-Casa, su análisis arroja al automóvil como el medio de transporte más utilizado representando un 56% con referencia a los demás tipos de vehículos.

4.7. Gestión integral de la huella de carbono

La gestión integral de la huella de carbono se inicia con el inventario de GEI durante el periodo de estudio seleccionado, posterior al resultado obtenido en unidades de dióxido de carbono equivalente, se procede a implementar medidas de reducción basadas en la priorización de fuentes emisoras de GEI. El carbono residual que se mantiene después de la reducción de emisiones podrá ser compensado a través de proyectos de secuestro de carbono tales como las plantaciones forestales, las cuales pueden ser certificadas en el futuro para ingresar al mercado voluntario de carbono o para declarar a la empresa como una organización con carbono neutro.

El resumen de las medidas para alcanzar el carbono neutro se muestra en la tabla 24 de la sección de Anexo 1.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

A partir del análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, se formulan las siguientes conclusiones:

- Se determinó que la huella de carbono total generada por las tres empresas de la industria del aserrío del distrito de Manantay durante el año 2019 fue de 763.75 tCO_2eq, con un promedio de 254.58 tCO_2eq por empresa**.** Este resultado evidencia que las actividades vinculadas al proceso de transformación primaria de la madera generan emisiones significativas de gases de efecto invernadero, principalmente por el consumo de energía eléctrica y combustibles fósiles, lo que confirma la necesidad de implementar estrategias de gestión ambiental orientadas a la mitigación de dichas emisiones.

- Se estableció que las emisiones correspondientes al consumo de combustible y energía eléctrica constituyen las principales fuentes de la huella de carbono de las empresas evaluadas. En ese sentido, el alcance 2, referido al consumo de energía eléctrica, registró 409.85 tCO_2eq, representando el 53.66% del total de emisiones; mientras que el alcance 1, asociado al consumo de combustibles, alcanzó 344.21 tCO_2eq, equivalente al 45.07%**.** Asimismo, dentro del consumo eléctrico, el proceso de aserrío de madera fue la etapa de mayor demanda energética y, por tanto, la de mayor contribución a las emisiones indirectas.

- Se estimó que las emisiones generadas por el transporte del personal y el consumo de papel, correspondientes al alcance 3, ascendieron en conjunto a 9.69 tCO_2eq, lo que representa apenas el 1.27% de la huella de carbono total. De este total, el transporte Casa–Empresa–Casa generó 8.72 tCO_2eq (1.14%)**,** mientras que el consumo de papel produjo 0.97 tCO_2eq (0.13%)**.** Estos resultados demuestran que, aunque ambas fuentes tienen menor incidencia en comparación con los alcances 1 y 2, también deben ser consideradas dentro de una gestión integral de reducción de emisiones.

- Se concluye que las principales medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las empresas evaluadas deben orientarse, prioritariamente, a la eficiencia energética de la planta de aserrío**,** la optimización del consumo de combustibles en el transporte interno**,** el aprovechamiento de residuos forestales como fuente energética, y la implementación de acciones de compensación de carbono**,** como plantaciones forestales. Estas medidas permitirán avanzar hacia una gestión integral de la huella de carbono y sentar las bases para la formulación de un Plan de Carbono Neutro en el sector del aserrío del distrito de Manantay.

5.2. Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos y las conclusiones formuladas en la presente investigación, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a mejorar la gestión ambiental de las empresas del sector de la industria del aserrío del distrito de Manantay:

- Se recomienda a los gerentes y responsables de las empresas de la industria del aserrío del distrito de Manantay implementar un sistema de gestión de la huella de carbono, que permita monitorear periódicamente las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en sus operaciones, a fin de identificar las principales fuentes de emisión y establecer acciones correctivas orientadas a su reducción.

- Se recomienda priorizar medidas de eficiencia energética en las áreas de producción, especialmente en la etapa de aserrío, debido a que el consumo de energía eléctrica representó la mayor fuente de emisiones. En ese sentido, se sugiere optimizar el uso de maquinaria, realizar mantenimiento preventivo de equipos, mejorar el factor de potencia e incorporar tecnologías más eficientes que contribuyan a disminuir el consumo eléctrico y, por ende, las emisiones del alcance 2.

- Se sugiere reducir las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles mediante la optimización del transporte interno de trozas y madera aserrada, el mantenimiento periódico de tractores, cargadores y motosierras, así como la evaluación del uso de combustibles alternativos o del aprovechamiento energético de residuos forestales generados en el proceso productivo.

- Finalmente, se recomienda diseñar e implementar un Plan de Carbono Neutro que contemple medidas de reducción y compensación de emisiones, tales como programas de reforestación,

establecimiento de plantaciones forestales y sensibilización ambiental del personal. Ello permitirá fortalecer la gestión ambiental de las empresas, mejorar su responsabilidad social empresarial y contribuir de manera efectiva a la mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acquatella, J. (2000). *Análisis económico del cambio climático en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Arango, A. & Camargo, J. (2012). Determinación de la huella de carbono de una empresa forestal productora de Guadua. El caso de la empresa Yarima Guadua, Eje Cafetero de Colombia. Recursos Naturales y Ambiente, Guía N° 65-66: 56-61, Pereyra, Colombia.

A2G. (2016). Informe Final Huella de carbono corporativa Sura-Perú. A2G SAC. Sostenibilidad y Cambio Climático, Lima, Perú, 36 p.

Barrientos E., & Molina, M. (2014). Medida de la Huella de Carbono en una Empresa de fabricación de briquetas. Trabajo de Titulación para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.

Burga, L., & Ordoñez, P. (2014). *Cálculo de la huella de carbono de la empresa Granja Villa y su Mundo Mágico S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Lima, Perú.

Calle, R., & Guzmán, J. (2011). *Huella de carbono en el Perú: Experiencias empresariales y oportunidades de mitigación del cambio climático*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente (MINAM).

CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Naciones Unidas.

CPPS. (2014). Línea base del conocimiento regional sobre las implicancias de la Huella de Carbono en los procesos de toma de decisiones". Comisión Permanente del Pacífico Sur. Serie Estudios Regionales No. 2. Guayaquil, Ecuador.

COES-SINAC. (2018). Memoria anual 2017. Comité de Operaciones Económica

del Sistema Interconectado Nacional. Lima, Perú.

COTESU. (1991). Manual de plantaciones forestales. Cooperación Técnica Suiza, Pucallpa.

Chamorro, J. & Romero, M. (2015). Medida de la Huella de Carbono para bloques de balsas de madera en la empresa Gibago cía. Ltda., DMQ. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

De Toro Jordano, A., Gomera Martínez, A., Aguilar Moreno, J.E., Clara Guijarro Jiménez, C., Antúnez López, M. & Vaquero Abellán, M. (2015). Huella de carbono de la Universidad de Córdoba. 2014. Servicio de Protección Ambiental (SEPA).

Del Aguila Montoya, C. (2014). Secuestro de c02 y almacenamiento de carbono en plantaciones de Cedrelinga cateniformis Ducke "Tornillo" en tres edades diferentes en el Ciefor - Puerto Almendra, río Nanay, Iquitos - Perú.

Díaz, C. & Pinillos, A. (2012). Medida de la Huella de Carbono en una Empresa de Transformación Secundaria de la Madera.

Dieste A. & Gaudioso, R. (2013). Estimación de la huella de carbono de productos forestales. Dirección Nacional de Industrias. Montevideo, Uruguay.

ECODES - Fundación Ecología y Desarrollo (2013). *Calculadora de emisiones de CO_2 y factores de emisión*. Zaragoza, España: Fundación Ecología y Desarrollo.

Finanzas Carbono. (2014). *Mercado voluntario de carbono*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Gálvez, J. (2016). *Cálculo de la huella de carbono en una empresa de fabricación e instalación de pisos de madera*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional

Agraria La Molina. Lima, Perú.

García, G. (2013). *Huella de Carbono*. AEC. Comité de Medio Ambiente.

García, M. (2016). Análisis de la huella de carbono de una industria de concreto y agregados en sus tres alcances. Universidad Nacional Agraria, Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Lima, Perú.

Google. (2020). *Google Earth*.

Greenpeace (2004). *El papel: como reducir el consumo y optimizar el uso y reciclaje de papel. Guías para un consumo responsable de productos forestales.* España.

IPCC. (1997). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Volumen I, Instrucciones para realizar el informe del inventario. J.T. Houghton y otros, IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.

IPCC. (2001). Tercer informe de Evaluación Cambio Climático 2001. La base científica. Resumen para responsables de políticas y resumen técnicos. IPCC, Shanghai, China, p.94.

IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 2: datos de generación, composición y gestión de desechos. Vol. 5.

IPCC. (2007). Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III (GTI, GTII y GTIII) al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, CH. p.104.

IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental

Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

ICFPA. (2005). *Calculation Tools for estimating Greenhouse Gas Emissions from word product Facilities*. Washington DC, Paris, FR.

ICONTEC. (2015). *Gases de efecto invernadero. Cuantificación, monitoreo y reporte de la huella de carbono y neutralidad de carbono*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Jeri, J., & Velásquez, V. (2015). *Cálculo de la huella de carbono en una empresa de fabricación e instalación de pisos de madera* (Tesis de ingeniería ambiental). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Kiely, G. (1999). Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Vol. II. Ed. Mc Graw Hill. Madrid, España.

Martinez Alonzo, C. (2012). Huella de carbono de un producto de madera de castaño. Centro Tecnológico Forestal y de la madera-CETEMAS.

MINAM. (2009). “Cambio climático y desarrollo sostenible en el Perú”. Ministerio del Ambiente. Marco del proyecto segunda comunicación nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lima, Perú. 31 p.

OECC. (2014). “Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización”. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. 65 p.

Palomino, C. (2019). “Cálculo de la huella de carbono de la facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental. Lima, Perú, 137 p.

Quezada, R., Hsieh, T., & Valderrama, J. O. (2013). Determinación de la huella

de carbono mediante el método compuesto de las cuentas contables (MC3) para una empresa vitivinícola en Chile. *Información Tecnológica, 24*(1), 27–34

Reed, K., & Ehrhart, C. (2007). “Guía para responsabilizarnos de las Emisiones de Gases Efecto Invernadero de CARE”. Taller CARE y El Carbono. Nairobi, Kenya, p. 5-8.

Saavedra, K. (2017). Cálculo de la huella de carbono de Edegel S.A.A. en el año 2014. Según metodología de la Norma ISO 1406-1. Universidad de Piura. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Piura, Perú, 385 p.

SEMARNAT. (2014). Teorías y conceptos generales para la elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero. México.

Sibille, A. (2006). Guía de procesamiento industrial. Proyecto CEDEFOR, Editora Argentina SRL., USAID, Prompex Perú.

Statista Research Department. (2023). *Distribución del consumo de energía primaria en Perú en 2021, por fuente de energía*. Statista.

Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A., & Vílchez, C., (2016). La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país. Osinergmin. Lima, Perú.

WRI. (2005). “GHG Protocol tool for mobile Combustion (V 2.0)”. Washington DC, Estados Unidos de América.

WBCSD & WRI. (2007). “Indirect CO_2 emissions from the Consumption of purchased Electricity heat, and/or Steam (V 1.2)”. Washington DC, Estados Unidos de América.

WBCSD & WRI. (2004). Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar

Corporativo de Contabilidad y Reporte. Washington DC, Estados Unidos de América.

ANEXOS

ANEXO 1

PROPUESTA DE PLAN DE CARBONO NEUTRO

MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES PARA LAS EMPRESAS EVALUADAS

Cuando se conoce la cantidad de emisiones generadas por una cierta actividad y como estas son producidas, se está en condiciones de implementar medidas de reducción de emisiones de GEI. El fin último de disponer de la Huella de Carbono es lograr la reducción de emisiones que están asociados a eficiencia en el uso de los recursos o en el uso de la energía. Así se presentan medidas de reducción para las siguientes actividades:

1.1. Reducción de emisiones derivadas del Consumo de combustible fósiles

- **Disminuir el consumo de combustible**

  Optimizar la cantidad anual de combustible, empelados por las empresas para actividades de transporte interno. Racionar el combustible Diésel en el transporte interno de madera en troza y madera aserrada, lo cual generará menor cantidad de GEI.

1.2. Reducción de emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica

Del análisis eléctrico realizado, se obtuvieron dos datos que perjudican el desempeño de la empresa: un bajo factor de potencia ($\cos\varphi$)

igual a 0.78 y la alta generación de energía reactiva. Ambos se encuentran relacionados para la reducción de emisiones.

La energía reactiva se genera en máquinas de inducción electromagnética, como motores o transformadores y tiene un impacto económico en la empresa, ya que de acuerdo con lo estipulado por la distribuidora de energía eléctrica de la zona (ElectroUcayali), la energía reactiva se recarga cuando excede el 30% del total de la energía activa consumida. En el caso de la empresa en estudio, la energía reactiva tiene un valor promedio del 80% de la energía activa.

La cantidad de energía reactiva generada puede ser reducida a través del uso de condensadores y la corrección del factor de potencia a un valor más cercano a la unidad para mejorar la eficiencia energética de la instalación.

Algunos efectos de mantener un factor de potencia bajo son:

- Aumento del costo de suministrar la potencia activa a la compañía de energía eléctrica, porque tiene que ser transmitida más corriente, y este costo más alto se le cobra directamente al consumidor industrial.
- Sobrecarga en los generadores, transformadores y líneas de distribución dentro de la misma planta industrial, así como también las caídas de voltaje y pérdidas de potencia se tornan mayores de las que deberían ser. Todo esto representa pérdidas y desgaste en equipo industrial.

Para incrementar la eficiencia de la instalación eléctrica, se propone realizar una corrección de factor de potencia de 0.78 a 0.95, utilizando una

batería de condensadores que tienen como función contrarrestar la energía reactiva generada durante el funcionamiento de los motores de las máquinas.

Reduciendo la energía reactiva de la instalación, se busca disminuir la cantidad de corriente que circula innecesariamente por los sistemas de distribución, que a su vez permite que más energía activa sea distribuida de forma eficaz hacia otros sistemas eléctricos, reduciendo de forma indirecta la generación de gases de efecto invernadero.

1.2.1. Sensibilización para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica

Desarrollar actividades de capacitación en el uso y consumo de energía eléctrica entre los operadores, operarios, supervisores y personal administrativos con el fin de crear en ellos conciencia ambiental frente al consumo de energía eléctrica y mediante prácticas sencillas se pueden reducir los altos niveles de consumo actuales.

1.2.2. Cambio de luminarias fluorescentes a tecnología LED

La implementación de tecnologías LED, que implica el cambio de las luminarias instaladas actualmente (mayor a 80 W) por estar funcionando en algunos casos por más 12 horas por día, se reduciría el consumo de energía por luminarias en casi un 80%; teniendo en cuenta que el ciclo de vida de estas, es mucho mayor que el de las actuales (200.000 horas LED, 50.000 horas Fluorescentes), esto no solo reduciría los consumos de energía, sino que minimizaría los costos de mantenimiento y operación de

las mismas.

1.2.3. Implementación de paneles solares

Constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades diarias de las empresas en el uso de energía eléctrica. Haciendo uso de los techos de las diferentes áreas pertenecientes a las empresas.

1.3. Reducción de emisiones derivadas del consumo de papel

1.3.1. Formular un programa de reciclaje y disminución del consumo de papel

Es fundamental que las empresas introduzcan un sistema para la recolección, almacenamiento y recuperación de papel usados en todas las áreas. Con el proceso de reciclaje se disminuye la presión sobre los bosques, pues el papel reciclado requiere menos árboles para su fabricación y supone menos emisiones de contaminantes.

1.3.2. Impresión de documentos internos a doble cara

Una forma eficaz de reducir el consumo de papel es que los trabajadores puedan imprimir sus documentos a doble cara; comúnmente el papel es impreso por una sola parte de la hoja desperdiciándose el 50% de su uso potencial. Si la impresión es necesaria, permitir ser impreso en hojas que se han reciclado de impresiones anteriores y que aún tienen un uso potencial.

1.3.3. Reutilizar el papel impreso por una sola cara

Si la impresión es necesaria y el trabajo está en proceso de desarrollo, es decir, es un borrador, se debería permitir ser impreso en hojas que se han reciclado de impresiones anteriores y que aún tienen un uso potencial.

1.4. Reducción de emisiones derivadas del transporte Casa-Empresa-Casa

1.4.1. Uso de bicicletas

La bicicleta es el medio de transporte, luego del caminar, que menos impactos conlleva de todo tipo: no consume energía, no contamina, apenas produce ruido y el espacio que necesita es escaso. Dicha propuesta estaría enfocada principalmente a la población universitaria que vive a menos de 10 minutos o 3 km que se traslada en vehículo propio o particular. Además, resulta beneficiosa para la salud de las personas que la utilizan y permite un mayor contacto con el entorno. Es por todo esto que es fundamental que las autoridades apuesten de forma decidida por la bicicleta.

1.4.2. Uso compartido de movilidad

Promover el uso compartido de movilidad, mediante campañas donde se evidencie que las emisiones de CO_2 se reducen mientras más alto es el nivel de ocupación. Se planeará días en que un solo vehículo transporte al mayor número de personas que vivan en los mismos sectores e incentivar esta práctica.

1.4.3. Uso de tecnologías limpias

Impulsar el uso de tecnologías limpias, paneles solares para el funcionamiento de motores que intervienen en la producción y en la fase de despuntado y de recuperación de madera corta.

MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR LAS EMPRESAS EVALUADAS

Las plantaciones forestales cumplen un importante papel en el ciclo del carbono global, dado que gran parte de la biomasa está conformada por carbono (aproximadamente el 50%) (IPCC, 2007) y por lo general se consideran sumideros de carbono, a menos que sustituyan a los bosques naturales, que suelen ser más ricos en este elemento. El mayor potencial de ganancia de carbono para las plantaciones está en las tierras agrícolas poco productivas y en los suelos degradados.

Se propone compensar la huella de carbono de la empresa evaluada con plantaciones de la especie “Tornillo” (*Cedrelinga catenaeformis*). La ventaja principal para implementar un proyecto de este tipo radica en que el dueño de una de las empresas es propietario de un fundo de 50 hectáreas ubicado en la cuenca del río Tamaya, distrito de Masisea, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

En la tabla 23 se presenta la cantidad de CO_2 capturado por hectárea plantada de *Cedrelinga catenaeformis* (Tornillo) de acuerdo al estudio realizado por Del Aguila (2014), y el número de hectáreas que son necesarias para neutralizar la huella de carbono residual posterior a la implementación de medidas de reducción adoptadas por la empresa.

Tabla 23A

Requerimiento de superficie plantada de Tornillo para la neutralización de la huella de carbono

Captura de CO_2 (tCO_2/ha/año)	Superficie plantación (ha)
35,30	7.20

Fuente: Los datos de carbono fueron tomados de Del Águila (2014).

Se estima que reforestando plantación de 7.2 ha de Cedrelinga catenaeformis (Tornillo), con un distanciamiento de 10 x 10 m se compensarían las emisiones de las empresas evaluadas durante 27 años de operación. Como parte del manejo de la plantación se plantea aplicar un raleo, el cual será realizado a los cuatro años de haberse cerrado el dosel de la plantación. La intensidad del raleo se calculará previa evaluación. Esta tendría un efecto positivo en los árboles restantes pero negativo cuando el objetivo de la plantación es capturar carbono, cuyo volumen y la biomasa promedio siempre disminuye después de aplicarse un raleo, por esta razón el valor calculado de la superficie a plantar es un mínimo de referencia que tendría que ajustarse de acuerdo al volumen perdido durante el raleo. Asimismo, se espera que las operaciones en planta e instalación incrementen y como consecuencia también sus emisiones de GEI.

Es importante mencionar que la empresa evaluada utilizará la madera de esta plantación para fabricar molduras, de esta forma el carbono quedará almacenado en dicho producto.

Tabla 24A

Propuesta del Plan de Carbono Neutro

Medida	Tipo de medida	Meta	Actividades	Ejecución (%)		Responsables(s)
				Año 1	Año 2	
Medidas de reducción de emisiones derivadas del consumo de combustible fósiles	Reducción	Disminución de emisiones en 10 tCO_2eq	Disminuir el consumo de combustible	50	50	Gerente, Trabajadores administrativos y trabajadores de planta
Medidas de reducción de emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica	Reducción	Disminuir en 10% el consumo de energía eléctrica	Sensibilización para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica	100	-	Gerente, Trabajadores administrativos y trabajadores de planta
	Reducción	Disminución de emisiones en 10 tCO_2eq	Cambio de luminarias fluorescentes a tecnología LED	50	50	Gerentes
	Reducción	Disminuir en 10% el consumo de energía eléctrica	Implementación de paneles solares	50	50	Gerentes
Medidas de reducción de emisiones derivadas del consumo de papel	Reducción	Diseñar y formular un programa de disminución del consumo de papel	Implementar un programa de disminución del consumo de papel	100	-	Gerente, Trabajadores administrativos y trabajadores de planta
	Reducción	Disminuir en 10% el consumo de papel	Informes por medio electrónicos	100	-	Gerentes y personal administrativo
	Reducción	Disminuir en 10% en el consumo de papel.	Informes permitidos con impresión a doble cara	100	-	Gerentes y personal administrativo
	Reducción	Disminuir en 10% el consumo de papel.	Reutilizar el papel impreso por una sola cara	100	-	Gerente, Trabajadores administrativos y trabajadores de planta
	Reducción	Disminuir en 10% el consumo de	Sensibilización a trabajadores	100	-	Gerente, Trabajadores administrativos y trabajadores de planta
Medidas de reducción de emisiones derivadas del transporte	Reducción	Implementar con 10 bicicletas al personal de planta.	Uso de bicicletas	50	50	Gerentes y trabajadores
Compensación de emisiones generadas por las empresas	Compensación	Lograr compensar el 100% de emisiones remanentes	Contratación del servicio de plantación	-	100	Gerentes

ANEXO 2

TABLAS DE EMISIONES DIRECTAS

Tabla 25A

Emisiones directas de GEI de combustible por fuente de emisión en las empresas estudiadas

FUENTE DE EMISIÓN	TIPO DE COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN			POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL		EMISIONES DIRECTAS tCO2eq			TOTAL DE EMISIONES	PROMEDIO DE EMISIONES tCO2eq	% DE PARTICIPACIÓN
		Kg CO2/GJ	Kg CH4/GJ	Kg N2O/GJ	CH_4	N_2O	As. "Vásquez"	As. Jorge Rolando"	Industrias Forestales B&J			
Tractor Forestal	Diesel	74.1	0.003	0.0006	28	265	71.91046	57.52837	80.53972	209.97854	69.99285	52.98
Cargador frontal	Diesel	74.1	0.003	0.0006	28	265	57.52837	0.00000	62.32240	119.85077	39.95026	42.38
Motosierra	G90	69.3	0.033	0.0032	28	265	2.53298	0.21108	0.21108	2.95514	0.98505	1.87
Tractor Forestal	Aceite	73.3	0.003	0.0006	28	265	2.05903	1.64722	4.61919	8.32544	2.77515	1.52
Cargador frontal	Aceite	73.3	0.003	0.0006	28	265	1.64722	0.00000	1.23469	2.88191	0.96064	1.21
Motosierra	Aceite	73.3	0.003	0.0006	28	265	0.05491	0.05491	0.10982	0.21963	0.07321	0.04
							135.733	**59.442**	**149.037**	**344.211**	**114.737**	**100.0**

Valor calórico (GJ/kg)= 0.0422

Tabla 26A

Emisiones directas de GEI por tipo de combustible en las empresas estudiadas

Tipo de combustible	Emisiones de GEI Aserradero "Vásquez"		Aserradero "Jorge Rolando"		Industrias Forestales B&J		Emisiones Totales (tCO2eq)	Promedio	Participación (%)
	(tCO2eq)	%	(tCO2eq)	%	(tCO2eq)	%			
Diesel	129.439	95.4	57.528	96.8	142.862	95.9	329.829	109.943	95.82
Gasolina	2.533	1.9	0.211	0.4	0.211	0.1	2.955	0.985	0.86
Lubricante	3.761	2.8	1.702	2.9	5.964	4.0	11.427	3.809	3.32
Total	135.733	100.0	59.442	100.0	149.037	100.0	**344.211**	**114.737**	100.00
Promedio	**45.244**		**19.814**		**49.679**				

ANEXO 3

TABLAS DE EMISIONES INDIRECTAS

Tabla 27A

Emisiones indirectas de GEI de energía eléctrica por área de trabajo– Aserradero "Vásquez"

AREA DE TRABAJO	FUENTE DE EMISION	POTENCIA NOMINAL			FACTOR DE UTILIZACION MAXIMA	POTENCIA NOMINAL AJUSTADA kW	RENDIMIENTO %	USO (h)			CONSUMO (kw-h)			EMISION INDIRECTA (tCO2eq)	PARTICIPACION (%)
		hp	cv	kW				DIARIO	MENSUAL	ANUAL	DIARIO	MENSUAL	ANUAL		
ASERRADO	Winche	10.5	10.356	7.830	1.15	9.004	86.96	5	120	1440	45.022	1080.537	12966.443	3.2027	2.2
	Carro porta trozas (Motor 1)	8.5	8.384	6.339	1.2	7.606	83.33	9	216	2592	68.456	1642.953	19715.436	4.8697	3.4
	Carro porta trozas (Motor 2)	12	11.836	8.949	1.15	10.291	86.96	9	216	2592	92.617	2222.819	26673.826	6.5884	4.6
	Sierra de Cinta	120	118.356	89.490	1.1	98.439	90.91	9	216	2592	885.951	21262.824	255153.888	63.0230	43.7
	Guía de sierra de cinta	3.5	3.452	2.610	1.25	3.262	80.00	4	96	1152	13.050	313.199	3758.389	0.9283	0.6
	Compresora de aire	10	9.863	7.457	1.2	8.949	83.33	4	96	1152	35.794	859.060	10308.725	2.5463	1.8
CANTEADO	Volteador de troza	15	14.795	11.186	1.15	12.864	86.96	3	72	216	38.591	926.174	11114.094	2.7452	1.9
	Succionador aserrín Sierra Principal	15	14.795	11.186	1.15	12.864	86.96	9	216	2592	115.772	2778.523	33342.282	8.2355	5.7
	Canteadora Múltiple	25	24.658	18.643	1.15	21.439	86.96	9	216	2592	192.953	4630.872	55570.470	13.7259	9.5
	Canteadora simple	20	19.726	14.914	1.15	17.151	86.96	7	168	2016	120.060	2881.432	34577.181	8.5406	5.9
	Succionador aserrín de Canteadora	15	14.795	11.186	1.15	12.864	86.96	9	216	2592	115.772	2778.523	33342.282	8.2355	5.7
DESPUNTADO	Despuntadora	13.5	13.315	10.067	1.15	11.577	86.96	9	216	2592	104.195	2500.671	30008.054	7.4120	5.1
	Sierra Circular	13.5	13.315	10.067	1.15	11.577	86.96	9	216	2592	104.195	2500.671	30008.054	7.4120	5.1
SALA DE AFILADO	Tensionadora	3	2.959	2.237	1.25	2.796	80.00	3	72	216	8.389	201.342	2416.107	0.5968	0.4
	Esmeril	1	0.986	0.746	1.5	1.119	66.67	0.5	12	144	0.560	13.428	161.136	0.0398	0.0
	Afiladora	3	2.959	2.237	1.25	2.796	80.00	9	216	2592	25.168	604.027	7248.322	1.7903	1.2
	Soldadora	1	0.986	0.746	1.5	1.119	66.67	1	24	288	1.119	26.856	322.272	0.0796	0.1
ILUMINACION	Fluorescentes (41 luminarias)										58.790	1410.960	16931.520	4.1821	2.9
	TOTAL											**kW**	**566686.960**	**144.154**	100.0
												MW	**566.687**		

Tabla 28A

Emisiones indirectas de GEI de energía eléctrica por área de trabajo – Aserradero "Jorge Rolando"

AREA DE TRABAJO	FUENTE DE EMISION	POTENCIA NOMINAL			FACTOR DE UTILIZACION MAXIMA	POTENCIA NOMINAL AJUSTADA kW	RENDIMIENTO %	USO (h)			CONSUMO (kw-h)			EMISION INDIRECTA (tCO2eq)	PARTICIPACION (%)
		hp	cv	kW				DIARIO	MENSUAL	ANUAL	DIARIO	MENSUAL	ANUAL		
ASERRADO	Winche	10.5	10.356	7.830	1.15	9.004	86.96	5	120	34560	45.022	1080.537	12966.443	3.2027	3.2
	Carro porta trozas (Motor 1)	8.5	8.384	6.339	1.2	7.606	83.33	9	216	62208	68.456	1642.953	19715.436	4.8697	4.8
	Carro porta trozas (Motor 2)	12	11.836	8.949	1.15	10.291	86.96	9	216	62208	92.617	2222.819	26673.826	6.5884	6.5
	Sierra de Cinta	100	98.630	74.571	1.1	82.028	90.91	9	216	62208	738.255	17718.121	212617.450	52.5165	52.2
	Guía de sierra de cinta	3.5	3.452	2.610	1.25	3.262	80.00	4	96	27648	13.050	313.199	3758.389	0.9283	0.9
	Compresora de aire	10	9.863	7.457	1.2	8.949	83.33	4	96	27648	35.794	859.060	10308.725	2.5463	2.5
	Volteador de troza	15	14.795	11.186	1.15	12.864	86.96	3	72	20736	38.591	926.174	11114.094	2.7452	2.7
CANTEADO	Canteadora simple	20	19.726	14.914	1.15	17.151	86.96	7	168	48384	120.060	2881.432	34577.181	8.5406	8.5
DESPUNTADO	Despuntadora	13.5	13.315	10.067	1.15	11.577	86.96	9	216	62208	104.195	2500.671	30008.054	7.4120	7.4
	Sierra Circular	13.5	13.315	10.067	1.15	11.577	86.96	9	216	62208	104.195	2500.671	30008.054	7.4120	7.4
	Tensionadora	3	2.959	2.237	1.25	2.796	80.00	3	72	20736	8.389	201.342	2416.107	0.5968	0.6
SALA DE AFILADO	Esmeril	1	0.9863	0.746	1.5	1.119	66.67	0.5	12	144	0.560	13.428	161.136	0.0398	0.0
	Afiladora	3	2.959	2.237	1.25	2.796	80.00	9	216	62208	25.168	604.027	7248.322	1.7903	1.8
	Soldadora	1	0.9863	0.746	1.5	1.119	66.67	1	24	288	1.119	26.856	322.272	0.0796	0.1
ILUMINACION	Fluorescentes (23 luminarias)										18.620	446.880	5362.560	1.3246	1.3
	TOTAL									**kW**	**1395.470**	**33491.291**	**401895.489**	**100.593**	100.0
										MW			**401.895**		

Tabla 29A

Emisiones indirectas de GEI de energía eléctrica por área de trabajo – "Industrias Forestales B&J"

AREA DE TRABAJO	FUENTE DE EMISION	POTENCIA NOMINAL			FACTOR DE UTILIZACION MAXIMA	POTENCIA NOMINAL AJUSTADA kW	RENDIMIENTO %	USO (h)			CONSUMO (kw-h)			EMISION INDIRECTA (tCO2eq)	PARTICIPACION (%)
		hp	cv	kW				DIARIO	MENSUAL	ANUAL	DIARIO	MENSUAL	ANUAL		
ASERRADO	Winche	10.5	10.356	7.83	1.15	9.004	86.96	5	120	34560	45.022	1080.537	12966.443	3.2027	1.94
	Carro porta trozas (Motor 1)	10	9.863	7.46	1.2	8.949	83.33	11	216	62208	98.434	2362.416	28348.993	7.0022	4.24
	Carro porta trozas (Motor 2)	10	9.863	7.46	1.15	8.576	86.96	11	216	62208	94.333	2263.982	27167.785	6.7104	4.06
	Sierra de Cinta	120	118.356	89.49	1.1	98.434	90.91	11	216	62208	1082.774	25986.577	311838.926	77.0242	46.65
	Guía de sierra de cinta	3.5	3.452	2.61	1.25	3.262	80.00	4	96	27648	13.050	313.199	3758.389	0.9283	0.56
	Compresora de aire	10	9.863	7.46	1.2	8.949	83.33	4	96	27648	35.794	859.060	10308.725	2.5463	1.54
	Volteador de troza	10	9.863	7.46	1.15	8.576	86.96	3	72	20736	25.727	617.450	7409.396	1.8301	1.11
	Succionador de aserrín Sierra Principal	5	4.932	3.73	1.15	4.288	86.96	11	216	62208	47.166	1131.991	13583.893	3.3552	2.03
CANTEADO	Canteadora Múltiple	40	39.452	29.83	1.15	34.303	86.96	11	216	62208	377.330	9055.928	108671.141	26.8418	16.26
	Canteadora simple	25	24.658	18.64	1.15	21.439	86.96	7	168	48384	150.075	3601.790	43221.477	10.6757	6.47
	Succionador de aserrín de Canteadora	5	4.932	3.73	1.15	4.288	86.96	11	216	62208	47.166	1131.991	13583.893	3.3552	2.03
DESPUNTADO	Despuntadora	15	14.795	11.19	1.15	12.864	86.96	11	216	62208	141.499	3395.973	40751.678	10.0657	6.10
	Sierra Circular	13.5	13.315	10.07	1.15	11.577	86.96	11	216	62208	127.349	3056.376	36676.510	9.0591	5.49
SALA DE AFILADO	Tensionadora	3	2.959	2.24	1.25	2.796	80.00	3	72	20736	8.389	201.342	2416.107	0.5968	0.36
	Esmeril	1	0.986	0.746	1.5	1.119	66.67	0.5	12	144	0.559	13.423	161.074	0.0398	0.02
	Afiladora	3	2.959	2.24	1.25	2.796	80.00	9	216	62208	25.168	604.027	7248.322	1.7903	1.08
	Soldadora	1	0.986	0.746	1.5	1.119	66.67	1	24	288	1.119	26.846	322.148	0.0796	0.05
ILUMINACION	Fluorescentes (38 luminarias)										40.290	966.960	11603.520	2.8661	1.74
	TOTAL											**KW**	**668434.899**	**165.103**	100.0
												MW	**668.435**		

Tabla 30A

Emisiones indirectas de GEI por tipo de papel en las empresas estudiadas

Tipo de papel	As. "Vásquez"			As. "Jorge Rolando"			"Industrias Forestales B&J"			Peso total (kg)	Factor de emisión	Emisión Total (tCO2eq)	GEI Promedio por empresa
	Cantidad (Millar)	Peso (kg)	Emisión GEI (tCO2eq)	Cantidad (Millar)	Peso (kg)	Emisión GEI (tCO2eq)	Cantidad (Millar)	Peso (kg)	Emisión GEI (tCO2eq)				
Bond A4	16.46	70.279	0.1883	4.896	22.902	0.0614	25.06	104.41	0.2797	197.589	0.002679	0.5293	0.1764
Bond A5	5.76	67.952	0.1820	5.184	21.261	0.0570	11.52	74.60	0.1998	163.809	0.002679	0.4388	0.1463
Total			**0.3703**			**0.1183**			**0.4796**			**0.9682**	**0.3227**

Tabla 31A

Emisiones indirectas de GEI de transporte por categoría de personal

CATEGORIA	CARGO	EMPRESA			EMISIONES TOTALES INDIRECTAS (t CO2 eq)	GEI PROMEDIO TOTAL (tCO2eq)	PARTICIPACION (%)	GEI PROMEDIO TOTAL (t CO2 eq)	PARTICIPACION (%)
		As. "Vásquez"	As. "Jorge Rolando"	Industrias Forestales B&J					
Administrativos	General General	0.108546912	0.450703872	1.908618624	2.467869408	0.822623136	28.3	1.490325	51.29
	Secretaria	0.00	0.220361472	0.00	0.220361472	0.073453824	2.5		
	Contadora o Jefe RR.HH.	0.215004672	0.00	0.589980672	0.804985344	0.268328448	9.2		
	Asistente de Contabilidad	0.00	0.00	0.644226912	0.644226912	0.214742304	7.4		
Supervisores	Despachador	0.00	0.00	0.333532512	0.333532512	0.111177504	3.8	0.210100	7.23
	Supervisor de planta	0.134652672	0.333532512	0.162114912	0.630300096	0.210100032	7.2		
Operadores	Aserrador	0.081084672	0.461417472	0.296034912	0.838537056	0.279512352	9.6	0.918842	31.62
	Canteador Múltiple	0.162114912	0.00	0.00	0.162114912	0.054038304	1.9		
	Canteador Manual	0.108546912	0.094476672	0.440668512	0.643692096	0.214564032	7.4		
	Despuntador	0.00	0.113225472	0.00	0.113225472	0.037741824	1.3		
	Afilador	0.081084672	0.376386912	0.081924192	0.539395776	0.179798592	6.2		
	Aserrador de madera corta	0.108546912	0.135330912	0.215682912	0.459560736	0.153186912	5.3		
Operarios	Cubicador	0.00	0.269250912	0.344246112	0.613497024	0.204499008	7.0	0.286506	9.86
	Ayudante de recuperación	0.00	0.068370912	0.00	0.068370912	0.022790304	0.8		
	Vigilante	0.041586912	0.027516672	0.108546912	0.177650496	0.059216832	2.0		
Total		1.041169248	2.550573792	5.125577184	8.717320224	2.905773408	100.00	**2.90577**	100.00

ANEXO 4

FORMATO ENCUESTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

Encuesta de Transporte – Alcance 3

Empresa: ……..……

Nombres y Apellidos: ……..……

Área:……Cargo:…..……Fecha:……..

a. ¿Qué medio de transporte utilizas para tus actividades diarias?

Transporte Público		Vehículo propio		Uso no vehículo	
Combi	( )	Camioneta	( )	Bicicleta	( )
Taxi colectivo	( )	Auto	( )	Caminando	( )
Motokar	( )	Motokar	( )	Otros	
Bus	( )	Motocicleta	( )	……	

b. En caso de vehículo propio especificar: marca, modelo y año del vehículo.

Marca: ..... Modelo: …… Año: ……..…

c. ¿Qué tipo de combustibles utilizas para tu vehículo? (Vehículo Propio)

a) Gasolina de 95 b) Gasolina de 90 c) Diesel D-2 d) GLP

d. ¿Qué distancia aproximada recorres de tu casa a la planta y que tiempo demoras en llegar?

Kilómetros: …….. Metros: …….Cuadras: …… Tiempo: ……..…...

e. ¿Cuántas veces al día asistes (ida y vuelta) a la planta?

f. ¿Cuántos días a la semana asistes a la planta?

g. ¿Cuánto es su consumo de papel (N° de hojas) en A4/A5 en la planta?

Diario:…… semanal:…… mensual:……

ANEXO 5

CÁLCULO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE LOS COMBUSTIBLES

$$ED_t = \sum \frac{C_i x VCN_i}{10^3} (FE_{CO_2} + FE_{CH_4} x PCG_{CH_4} + FE_{N2O} x PCG_{N2O})_i$$

❖ Para gasolina

Cantidad de gasolina de 90 octanos utilizado:

$$101\ \text{gl}\ (\frac{3.78541\ \text{L}}{1\ \text{gl}}) = 382.285\ \text{L}\ (\frac{0.739\ \text{Kg}}{L}) = \mathbf{282.539\ Kg}$$

$$\frac{282.539\text{Kg} * 0.0443\text{GJ/Kg}}{10^3} (69.3\text{KgCO}_2/\text{GJ} * 1 + 0.033\text{KgCH}_4/\text{GJ} * 28 + 0.0032\text{KgN}_2\text{O/GJ} * 265)$$

$$0.012516\text{GJ}(71.072\text{KgCO}_2\text{e/GJ})$$

$$\mathbf{0.8895tCO_2eq}$$

ANEXO 6

FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 POR TIPO DE VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	Factor de Emisión (gCO_2/Km)
Híbrido (gasolina/eléctrico) Pequeño	100.1
Automóvil Pequeño a Gasolina, carretera	175.1
Automóvil pequeño a Gasolina, ciudad	215.5
Automóvil Mediano a Gasolina, carretera	186.8
Automóvil Mediano a Gasolina, ciudad	254.7
Automóvil Grande a Gasolina, carretera	224.1
Automóvil Grande a Gasolina, ciudad	311.3
Station Wagon Mediana, carretera	207.5
Station Wagon Mediana, ciudad	280.1
Mini Van, carretera	233.5
Van Grande, carretera	311.3
Van Grande, ciudad	400.2
Pick - up, carretera	254.7
Pick - up, ciudad	329.6
Pick - up grande, carretera	311.3
Pick - up grande, ciudad	373.5
Automóvil a GLP	266
Automóvil a Diésel	233
Camión Ligero a gasolina	400
Camión Pesado a gasolina	924
Camión Ligero a Diésel	374
Camión Pesado a Diésel	870
Motocicleta Ligera	93

Fuente: ICFPA (2005)

ANEXO 7

FACTOR DE EMISIÓN DE CH_4 Y N_2O POR TIPO DE VEHÍCULO

Vehículo	Combustible	Tecnología de control de emisiones	N_2O		CH_4	
			En marcha (caliente)	Arranque en frio	En marcha (caliente)	Arranque en frio
			Mg/Km	Mg/arranque	Mg/Km	Mg/arranque
Vehículo ligero (automóvil)	Gasolina	Vehículo de bajas emisiones	0	90	7	32
		Catalizador tridireccional avanzado	9	113	7	55
		Catalizador tridireccional inicial	26	92	39	34
		Catalizado de oxidación	20	72	82	9
		Catalizador de no oxidación	8	28	92	59
		Sin controlar	8	28	101	62
	Diésel	Avanzada	1	0	1	-3
		Moderada	1	0	1	-3
		Sin controlar	1	-1	1	-3
	GLP		5	0	24	0
	GNC		27-70	0	215-725	0
Camión ligero	Gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	59	7	46
		Catalizador tri direccional avanzado	25	200	14	82
		Catalizador tri direccional inicial	43	153	39	72
		Catalizado de oxidación	26	93	81	99
		Catalizador de no oxidación	9	32	109	67
		Sin controlar	9	32	116	71
	Diésel	Avanzada y moderada	1	-1	1	-4
		Sin controlar	1	-1	1	-4
Camión Pesado	Gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	120	14	94
		Catalizador tridireccional avanzado	52	409	15	163
		Catalizador tridireccional inicial	88	313	121	183
		Catalizado de oxidación	55	194	111	215
		Catalizador de no oxidación	20	70	239	147
		Sin controlar	21	74	263	162
	Diésel	Avanzado, moderado o sin control	3	-2	4	-11
	GLP		93	0	67	0
	GNC		185	0	5983	0
Motocicleta		Catalizador	3	12	40	24
		Sin controlar	4	15	53	33

Fuente: IPCC (2006).

ANEXO 8

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 13A

Maquinaria que realizan el transporte interno de madera rolliza y aserrada

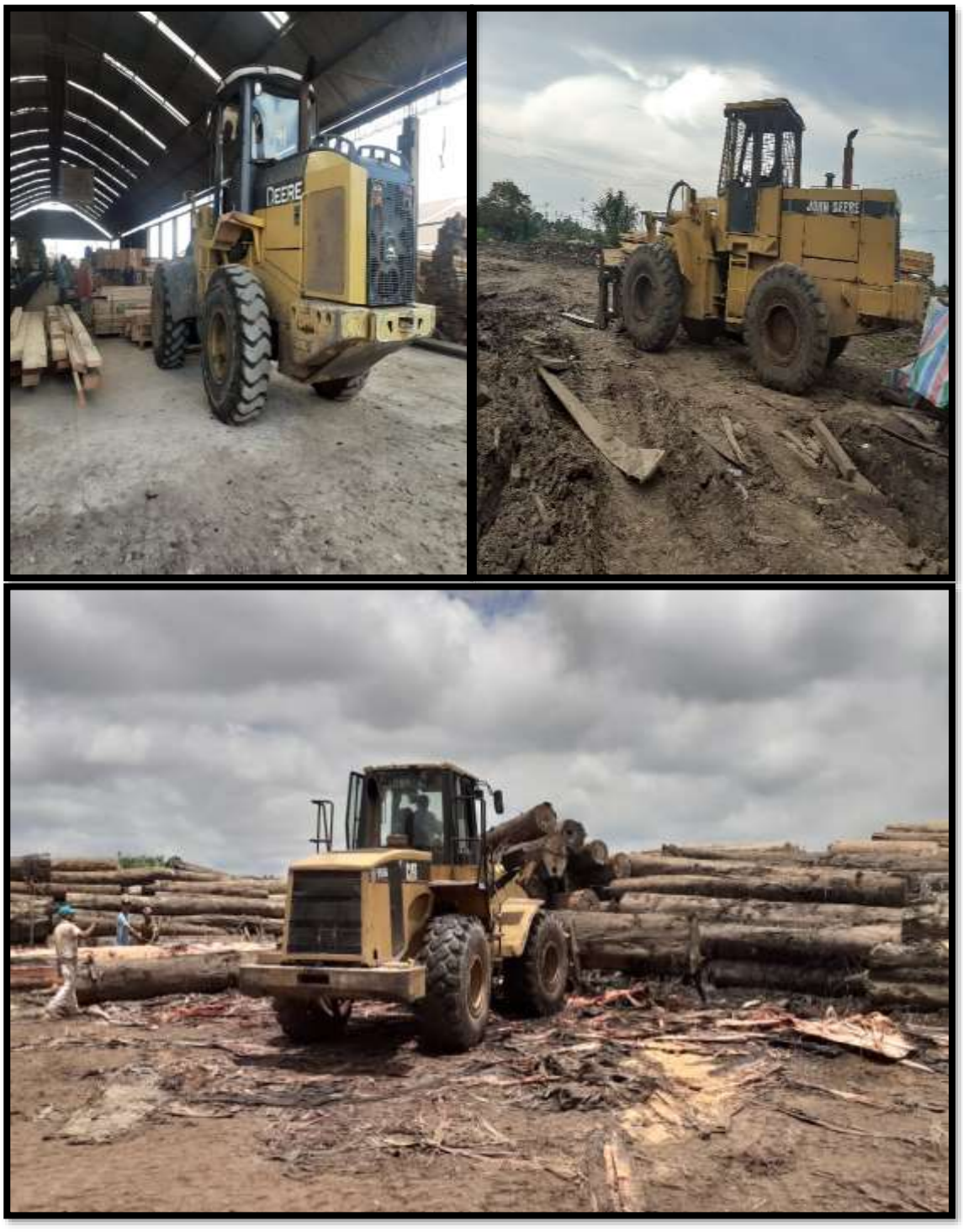


Figura 14A

Identificación de potencias nominales en motores eléctricos del Carro porta troza, Sierra Principal y Despuntadora del aserradero "Vásquez"



Figura 15A

Sala de aserrío de las empresas en estudio



Figura 16A

Tipo de fluorescentes existentes en las empresas evaluadas



Figura 17A

Oficina administrativa de una de las empresas evaluadas

