

**Desarrollo de un sistema integrado de gestión energética y carbono neutro, basado en ISO 14064-1, ISO 50001 y modelación 3D**

Naula García, Karen Mishell

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente

Msc. Fernández Quintana, Mirian del Carmen

07 de septiembre del 2021



### Document Information

---

Analyzed document	TESIS COMPLETA - CORREGIDA.docx (D111550635)
Submitted	8/22/2021 7:27:00 AM
Submitted by	
Submitter email	mcfernandez@espe.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	mcfernandez.espe@analysis.arkund.com

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Mirian del Carmen Fernández Quintana". The signature is written over a horizontal line and is followed by a dotted line.

.....

**Fernández Quintana, Mirian del Carmen**

**DIRECTOR**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Desarrollo de un sistema integrado de gestión energética y carbono neutro, basado en ISO 14064-1, ISO 50001 y modelación 3D”** fue realizado por la señorita **Naula García, Karen Mishell** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 07 de septiembre de 2021

Firma:

**Fernández Quintana, Mirian del Carmen**

C. C.: 171035181-6



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Naula García, Karen Mishell**, con cédula de ciudadanía n°172329571-1, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Desarrollo de un sistema integrado de gestión energética y carbono neutro, basado en ISO 14064-1, ISO 50001 y modelación 3D**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 07 de septiembre de 2021

Firma:

**Naula García, Karen Mishell**

C.C.: 172329571-1



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Naula García, Karen Mishell**, con cédula de ciudadanía n°172329571-1, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Título:** Desarrollo de un sistema integrado de gestión energética y carbono neutro, basado en ISO 14064-1, ISO 50001 y modelación 3D en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 07 de septiembre de 2021

Firma:

**Naula García, Karen Mishell**

C.C.: 172329571-1

### **Dedicatoria**

Todo mi esfuerzo dedicado siempre a mis padres Carmita e Iván.

Y en memoria de mis abuelitas Luisa y Elena.

## Agradecimiento

A Dios, por la vida.

A mi querida familia, por ser mi apoyo incondicional.

A los docentes de la carrera, por ser grandes maestros, guías y amigos, en especial a mi tutora, Mirian Fernández que siempre nos enseñó nuevos caminos y trató de guiarnos por los más acertados.

A Dianita Imbaquingo, porque juntas iniciamos este proyecto.

A la empresa AEME Representaciones Cia. Ltda. por abrirme sus puertas y confiar en mí.

A mis amigos, por hacer de esta etapa de mi vida algo inolvidable.

## Índice

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Capítulo I Introducción.....	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema.....	18
Justificación e importancia.....	19
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos.....	20
Planteamiento de la hipótesis.....	21
Variables de la investigación.....	21
Variable dependiente.....	21
Variables independientes.....	21
Capítulo II Marco Teórico.....	22
Caracterización empresarial.....	22
Costos operativos asociados al consumo energético.....	23
Sistema de Gestión de Gases de Efecto Invernadero, ISO 14064-1.....	24
Efecto invernadero.....	25
Gases de Efecto invernadero.....	25
<i>Límites y alcances</i> .....	25
Identificación de fuentes de emisión de gases de efecto invernadero.....	27
<i>Análisis de significancia</i> de las emisiones indirectas de GEI.....	27
<i>Categorización de emisiones</i> .....	28

Cuantificación de Gases de efecto invernadero .....	28
Incertidumbre del inventario .....	34
Sistema de Gestión de la Energía, ISO 50001 .....	35
Metodología de cuantificación - ISO 50001:2018 .....	35
Línea base energética.....	38
Indicadores de desempeño energético.....	38
Cuantificación de iluminancia .....	39
Usos Significativos de Energía.....	39
Riesgos y Oportunidades .....	39
Modelación 3D y simulación energética .....	40
Softwares para la simulación energética .....	40
Plan de reducción de emisiones de GEI y energía.....	43
Plan de compensación de Gases de Efecto Invernadero .....	44
Sistema de Gestión Carbono Neutralidad .....	45
Metodologías de cuantificación - Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental	
“Carbono Neutral”. .....	46
Beneficios de la gestión carbono neutral.....	46
Sistema de gestión de información documental base .....	47
Costo-beneficio de la implementación de un proyecto .....	48
Análisis costo/beneficio.....	48
Capítulo III Metodología.....	50
Caracterización empresarial.....	50
Costos operativos energéticos .....	50
Sistema de Gestión Gases de Efecto Invernadero, ISO 14064-1 .....	50
Límites, alcances y otros parámetros .....	50
<i>Identificación de Fuentes de emisión de GEI</i> .....	51
Análisis de significancia de las emisiones indirectas de GEI .....	52
Categorización de emisiones .....	52
Cuantificación de Gases de efecto invernadero .....	53

	10
Cálculo de incertidumbre.....	56
Sistema de Gestión de la Energía, ISO 50001 .....	56
Línea base energética.....	56
Indicadores de desempeño energético.....	57
Cuantificación de iluminancia .....	59
Usos Significativos de Energía.....	60
Riesgos y Oportunidades .....	61
Modelación 3D y simulación energética .....	61
Plan de reducción de emisiones de GEI y energía.....	63
Plan de compensación de Gases de Efecto Invernadero .....	64
Carbono Neutralidad.....	65
Sistema de gestión de información documental base .....	65
Costo-beneficio de la implementación de un proyecto .....	65
Sistema de gestión de información documental base .....	66
Capítulo IV Resultados .....	67
Caracterización empresarial.....	67
Costos operativos energéticos .....	71
Sistema de Gestión Gases de Efecto Invernadero, ISO 14064-1 .....	72
Límites y alcances.....	72
Identificación de fuentes de emisión de gases de efecto invernadero .....	75
Análisis de significancia de las emisiones indirectas de GEI .....	75
<i>Categorización de emisiones</i> .....	76
Cuantificación de Gases de efecto invernadero .....	77
Incertidumbre del inventario .....	81
Sistema de Gestión de la Energía, ISO 50001 .....	84
Línea base energética.....	84
Indicadores de desempeño energético.....	86
Cuantificación de iluminancia .....	88
Usos Significativos de Energía.....	89

	11
Riesgos y Oportunidades .....	94
Modelación 3D y simulación energética .....	95
Plan de reducción de emisiones de GEI y energía.....	99
Plan de compensación de Gases de Efecto Invernadero .....	102
Carbono Neutralidad.....	104
Sistema de gestión de información documental base .....	104
Costo-beneficio de la implementación de un proyecto .....	106
Sistema de gestión de información documental base.....	109
Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones.....	111
Conclusiones .....	111
Recomendaciones .....	113
Capítulo VI Referencias Bibliográficas .....	116
Anexos .....	125

## Índice de tablas

Tabla 1	<i>Identificación de fuentes de emisión</i> .....	51
Tabla 2	<i>Ponderación de criterios de significancia de emisiones indirectas de GEI</i> .....	52
Tabla 3	<i>Factores de emisión seleccionados e incertidumbre</i> .....	54
Tabla 4	<i>Potenciales de calentamiento global utilizados</i> .....	55
Tabla 5	<i>Valores recomendados de iluminación</i> .....	59
Tabla 6	<i>Vehículos de la empresa AEME Representaciones</i> .....	70
Tabla 7	<i>Categorización, subcategorización y fuente de emisión</i> .....	76
Tabla 8	<i>Registro de datos por actividad</i> .....	79
Tabla 9	<i>Emisiones de GEI del año 2019</i> .....	80
Tabla 10	<i>Incertidumbres parciales de la categoría 1</i> .....	82
Tabla 11	<i>Incertidumbre combinada de la categoría 1</i> .....	83
Tabla 12	<i>Incertidumbre final del inventario de GEI</i> .....	84
Tabla 13	<i>Resumen línea base energética de instalaciones</i> .....	84
Tabla 14	<i>Resumen línea base energética de transporte</i> .....	85
Tabla 15	<i>Indicadores de desempeño energético de equipos e iluminación por área</i> ..	86
Tabla 16	<i>Indicadores de desempeño energético de transporte por vehículo</i> .....	87
Tabla 17	<i>Déficit o exceso de iluminancia por área</i> .....	88
Tabla 18	<i>Uso significativo de energía según consumo energético</i> .....	89
Tabla 19	<i>Uso significativo de energía por área según valores IDEN Z</i> .....	91
Tabla 20	<i>Uso significativo de energía por vehículo según valores IDEN Z</i> .....	93
Tabla 21	<i>Uso significativo de energía por iluminancia real</i> .....	93
Tabla 22	<i>Oportunidades de mejora por uso significativo de energía</i> .....	94
Tabla 23	<i>Zonas térmicas reportadas como susceptibles de mejoramiento térmico</i> ....	98
Tabla 24	<i>Plan de reducción de Gases de Efecto Invernadero y optimización energética</i> .....	99
Tabla 25	<i>Capacidad de ahorro de costos energéticos por ejecución de acciones dirigidas</i> .....	101
Tabla 26	<i>Costos de t CO<sub>2</sub>eq en diferentes esquemas de compensación</i> .....	103
Tabla 27	<i>Neutralidad de Carbono</i> .....	104
Tabla 28	<i>Lista Madre de control de documentos</i> .....	105
Tabla 29	<i>Costos totales de inversión del proyecto</i> .....	107
Tabla 30	<i>Flujo total de costos del proyecto Carbono Neutralidad</i> .....	108
Tabla 31	<i>Flujo total de costos y VAN</i> .....	109
Tabla 32	<i>Lista Madre de control de documentos</i> .....	109

## Índice de figuras

Figura 1	<i>Tipos de alcance del inventario de emisiones de GEI</i> .....	26
Figura 2	<i>Balance de calor en un edificio</i> .....	43
Figura 3	<i>Mapa de ubicación de la empresa</i> .....	68
Figura 4	<i>Organigrama de la empresa</i> .....	69
Figura 5	<i>Costos energéticos mensuales (\$) por tipo de uso de energía</i> .....	71
Figura 6	<i>Costos energéticos mensuales (\$) por fuente de consumo</i> .....	72
Figura 7	<i>Equipo de gestión del Sistema Integrado</i> .....	74
Figura 8	<i>Enfoque de cuantificación</i> .....	77
Figura 9	<i>Flujo de datos del inventario</i> .....	78
Figura 11	<i>USEs - Representatividad de consumo de energía por tipo de uso de energía</i> .....	90
Figura 12	<i>IDEN Z determinados como Uso significativo de energía por área</i> .....	92
Figura 13	<i>Tipos de variables geométricas y recursos del modelo 3D</i> .....	95
Figura 14	<i>Modelo constructivo 3D final</i> .....	96
Figura 15	<i>Modelo por tipo de construcción</i> .....	96
Figura 16	<i>Modelo por zonas térmicas modeladas</i> .....	97
Figura 17	<i>Comparación de costos energéticos mensuales (\$) con o sin plan de reducción</i> .....	102
Figura 18	<i>Costos de inversión del proyecto Carbono Neutralidad</i> .....	107

## Resumen

Con el objetivo de que la empresa AEME Representaciones Cia. Ltda. reduzca sus costos asociados al consumo de energía y compense sus emisiones de Gases de efecto invernadero (GEI), la presente investigación desarrolló un Sistema Integrado de Gestión Energética y Carbono Neutro, para lo que se elaboraron los siguientes procesos; inventario de carbono (según norma NTE INEN-ISO14064-1:2020), incorporación de un sistema de gestión energética (según norma NTE INEN-ISO 50001:2019), análisis de costos asociados al consumo energético de la empresa, modelación 3D (ejecutada en SketchUp, OpenStudio), simulación energética (ejecutada en EnergyPlus), y elaboración de una propuesta de compensación de GEI (a través de reforestación y/o compra de carbono). Finalmente, para garantizar la calidad y exactitud de los sistemas de gestión se acoplaron inventarios, procedimientos y registros en un solo Sistema Integrado de Gestión Energética y Carbono Neutro. Como resultado se obtuvo un indicador de viabilidad de proyecto  $VAN > 1$  que verifica que el proyecto Carbono neutralidad organizacional es viable. En conclusión, la implementación de un Sistema Integrado de Gestión Energética y Carbono neutro permite ahorrar costos operativos asociados al consumo energético hasta en un 45% para consumo eléctrico y hasta en un 18% en costos por consumo de combustible fósil.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **C-NEUTRALIDAD**
- **ISO 14064-1**
- **ISO 50001**
- **MODELACION 3D**
- **SIMULACION ENERGÉTICA**

### **Abstract**

With the aim of the AEME Representaciones company reducing its costs associated with energy consumption and offset its greenhouse gas (GHG) emissions, this research developed an Integrated Energy and Carbon Neutral Management System, for which developed the following processes; carbon inventory (according to NTE INEN-ISO14064-1: 2020), incorporation of an energy management system (according to NTE INEN-ISO 50001: 2019), analysis of costs associated with the company's energy consumption, 3D modeling (executed in SketchUp, OpenStudio), energy simulation (executed in EnergyPlus), and elaboration of a GHG compensation proposal (through reforestation and / or carbon purchase). Finally, to guarantee the quality and accuracy of the management systems; inventories, procedures and records were combined in a one Integrated Carbon Neutral and Energy Management System. In conclusion, the implementation of an Integrated Energy Management and Carbon Neutral System allows saving operating costs associated with energy consumption by up to 45% for electricity consumption and up to 18% in costs for fossil fuel consumption.

#### **KEYWORDS:**

- **C-NEUTRALITY**
- **ISO 14064-1**
- **ISO 50001**
- **3D MODELING**
- **ENERGY SIMULATION**

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

La condición carbono neutral, está definida por ProChile Costa Rica (2016) como, el balance entre la cuantificación de las emisiones y las acciones de reducción y remoción/compensación de gases efecto invernadero (GEI) de una organización en un periodo verificable. Según León (2015), en Ecuador solo el 1% de las empresas ecuatorianas, poseen la certificación “carbono neutral” y compensan sus emisiones de gases de efecto invernadero, GEI.

Alexis Mejía Representaciones Cía. Ltda., es una empresa ecuatoriana, líder en la comercialización y distribución de insumos agroquímicos, cubriendo un segmento importante en el sector florícola y agrícola del país, ha brindado sus servicios durante 16 años. Es una empresa distribuidora de importantes casas comerciales tanto nacionales como multinacionales. La empresa desarrolla procesos de dirección administrativa, compras, logística, crédito y cobranzas, financiamiento y cartera. Cuenta con un edificio de 5 pisos destinado para gestiones administrativas y de ventas, posee dos bodegas de alrededor de 500m<sup>2</sup> cada una y cuenta con 8 vehículos (entre camiones de capacidad mayor a 10 toneladas, 1 camioneta y 2 automóviles). La empresa actualmente no cuenta con un sistema de gestión ni de calidad ni ambiental y también se conoce que solo emite gases de efecto invernadero de manera directa debido al consumo de combustibles fósiles en el parque automotor, sin embargo, es responsable de otras emisiones indirectas equivalentes a CO<sub>2</sub> por consumo de energía eléctrica.

Para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero existen diversas metodologías y normativas reconocidas a nivel internacional, una de ellas es la norma ISO 14064-1 norma para inventarios de gases de efecto invernadero esta define tres tipos de alcance del inventario, especificados de acuerdo al tipo de emisiones, directas, indirectas u otras indirectas, la normativa exige como obligatorios el alcance

1, directas y alcance 2, indirectas. El alcance 1 referido a todas las emisiones directas de GEI, es decir, aquellas provenientes de la combustión directa y que tienen un control por la empresa y el alcance 2, aquellas emisiones indirectas de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica ya sea comprada, adquirida o producida a partir de calor o vapor. (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2020)

Con la finalidad, de analizar el impacto y alcance de este proyecto, se ha realizado un estudio previo del alcance 1 y 2 de emisiones generadas por la empresa, esto consistió en el cálculo indirecto de emisiones de gases de efecto invernadero calculado a través del uso de factores para cada tipo de fuente de emisión, aprobados por el Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2006a); el estudio ha demostrado, que en el alcance 1 la empresa emite tres tipos de GEI; dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ) a través, del consumo de combustible fósil, se identificó que anualmente, la empresa consume alrededor de 14600 galones de combustibles fósil, que resultan 3 727 toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ), emitidas directamente a la atmósfera. Adicionalmente, en el alcance 2, se reconoció que la fuente principal de emisiones indirectas es el consumo de energía eléctrica, que al año representa, un consumo mayor a 4500 kWh y representan 2.3 t  $\text{CO}_2\text{e}$ .

Varias publicaciones científicas, como las de Romero (2014), Suárez & Patiño (2018), Erazo (2018), Hernández (2019), Molina (2018) y Mejías (2018) han implementado sistemas de gestión para alcanzar la condición carbono neutralidad, a nivel empresarial; por lo que, han generado inventarios de carbono y han propuesto medidas de compensación de las emisiones de GEI. En las investigaciones, antes mencionadas, los inventarios de carbono, se certifican mediante la incorporación de la norma internacional ISO14064-1 (Gases de efecto invernadero, Parte 1) y la normativa costarricense INTE 12-01-06:2016 (Norma para demostrar la Carbono Neutralidad). En Ecuador, existe el Reconocimiento ecuatoriano ambiental "Carbono neutral", que norma los requisitos para demostrar la carbono neutralidad a nivel empresarial.

(Registro Oficial, 2014). Los requisitos para alcanzar la condición carbono neutral, tanto para Ecuador como para Costa Rica, son similares y consisten en; un inventario validado de emisiones y reducciones de GEI, un plan de reducción y un plan de remoción/compensación de emisiones de GEI.

Por otro lado, un sistema integrado de gestión ambiental posibilita incorporar varias normativas ambientales, en una misma gestión empresarial, así lo demuestra el estudio de Jarrín (2018) que ha integrado e incorporado normativas, ISO 14064-1 e ISO 50001 (Sistemas de Gestión de la Energía), para la evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero en una organización y su optimización energética.

Además, cabe recalcar, que existen herramientas informáticas que, a nivel de análisis de consumo y optimización energética en infraestructuras, mejoran visualmente el análisis de los resultados de cargas térmicas y energéticas y que, además, simulan la realidad de los edificios; una de estas, es el modelado 3D en software SketchUp y su simulación energética realizada con el apoyo del plugin OpenStudio que tiene incorporado el software de código abierto EnergyPlus. Así, lo demuestran, las publicaciones de Bravo (2016), Gil Valls (2019), Chan, Irwin, Frisque, & Dunford (2018), investigaciones que, analizaron las capacidades de Energy Plus como una herramienta para la simulación en una certificación energética, y además fueron utilizadas para el planteamiento de soluciones rentables en proyectos de mejora energética en edificios existentes y que principalmente, se esfuerzan por convertirse en carbono neutral.

### **Planteamiento del problema**

La empresa AEME Representaciones Cia. Ltda. no gestiona su consumo de energía, ni tampoco sus emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que, se asume que la empresa, posee elevados costos energéticos. La empresa emite directamente gases de efecto invernadero producidos únicamente por la combustión del consumo de gasolina y diésel utilizados para el transporte de su parque automotor, pero también, es responsable indirectamente de otras emisiones originadas por

consumo de energía eléctrica. La empresa en sus actividades productivas, anualmente, emite 3727 toneladas de CO<sub>2</sub> eq, por uso de combustible fósil y 2.3 t CO<sub>2</sub> eq emitidas indirectamente por consumo de energía eléctrica. Al desarrollar un sistema integrado de gestión energética y carbono neutral acorde a normativas ISO 14064-1 e ISO 50001, la empresa puede optimizar recursos energéticos y disminuir sus costos asociados al consumo de energía; así también, la empresa logra identificar oportunidades de mejora continua, incorporar procesos más eficientes y amigables con el ambiente, asimismo, logra neutralizar sus emisiones de gases de efecto invernadero y aumenta sus ventajas competitivas a nivel del mercado.

### **Justificación e importancia**

Las normativas y el sustento bibliográfico, para una correcta gestión de gases de efecto invernadero y gestión energética, existen, pero en Ecuador son poco incorporadas y desarrolladas; de igual manera, están establecidos los requisitos para demostrar la carbono neutralidad que, a nivel nacional están normados, en el acuerdo N°264, para el Reconocimiento Ecuatoriano ambiental “Carbono neutral”, pero que según (León, 2015) el 99% de las empresas ecuatorianas, no acceden a él.

La presente investigación es fundamental para el desarrollo de una metodología que permita a la empresa AEME Representaciones Cia. Ltda. reducir sus costos debido al consumo energético; adicionalmente, facilitará a la empresa acceder a un reconocimiento “Carbono Neutral” que según afirman diversos autores como Ordoñez (2012), González (2018) y Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2014) el reconocimiento C-Neutro otorga impacto en la creación de valor de la empresa, como, posicionamiento de marca, reducción de costos por procesos eficientes, aumenta el valor agregado y preferencia comercial de sus productos y servicios, posibilita el acceso a nuevos mercados, atrae inversionistas y fuentes de financiamiento, etc. Esta investigación es importante porque propone una nueva metodología para el desarrollo de Sistema Integrado de Gestión Energética y Carbono

Neutro, a nivel empresarial; la metodología podrá ser replicable y adaptable, a cualquier empresa sin importar su tamaño o su enfoque comercial.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Desarrollar un Sistema Integrado de Gestión Energética y Carbono Neutro mediante incorporación de normas ISO 14064-1, ISO 50001, Acuerdo N°264, modelación 3D en SketchUp y simulación energética en OpenStudio y EnergyPlus, para reducir costos asociados al consumo de energía eléctrica y de origen fósil en la empresa AEME Representaciones Cia. Ltda.

### ***Objetivos Específicos***

- Evaluar el proceso de producción de la empresa en el año 2019, mediante la determinación de los costos operativos y del consumo de energía; para el análisis de viabilidad de las propuestas de mejora de gestión energética y carbono neutro.
- Elaborar un Sistema de Gestión Carbono Neutro, para la compensación total de emisiones de GEI producidas por la empresa; mediante la incorporación de la norma NTE INEN-ISO14064-1:2020 y el Acuerdo Nacional N°264.
- Elaborar un Sistema de Gestión de la Energía, para la optimización energética y la reducción de emisiones directas e indirectas producidas por la empresa; mediante la incorporación de la norma NTE INEN-ISO 50001:2019.
- Modelar en 3D y simular energéticamente la infraestructura de la empresa, para brindar apoyo y soporte en el diseño de los planes de reducción de emisiones de GEI y optimización energética; mediante la utilización de softwares SketchUp, OpenStudio y EnergyPlus.
- Integrar un solo Sistema de Gestión de Información Energética y Carbono Neutro, mediante la vinculación de procedimientos, registros y formatos de las normas ISO 14064-1 e ISO 50001, para garantizar la calidad y exactitud de los inventarios.

**Planteamiento de la hipótesis**

H1: La empresa AEME Representaciones Cia. Ltda. posee altos costos por consumo de energía.

H1: Es posible reducir costos por consumo de energía, a través de, la implementación de un Sistema Integrado de Gestión Energética y Carbono Neutro.

**Variables de la investigación*****Variable dependiente***

- Costos por consumo de energía

***Variables independientes***

- Gestión energética y
- Gestión carbono neutro

## Capítulo II

### Marco Teórico

Durante muchos años, el cambio climático ha afectado la calidad y disposición de los recursos naturales en todo el mundo, la actividad antropogénica ha incidido sobremanera sobre este efecto, ya que, existe un exceso de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se emiten a la atmósfera. (INEN, 2020)

A nivel mundial, existen regulaciones a todo nivel, empresarial, residencial, local, regional y mundial que intentan mitigar este efecto. Las normas del grupo 14000 son normas fomentan el cuidado del medio ambiente y la mitigación de las emisiones de GEI a la atmósfera, estas normas ayudan a gestionar los impactos ambientales de las organizaciones. La norma ISO14064, que forma parte de este grupo de normas ISO 14000, establece los lineamientos y requisitos para las verificaciones y validaciones de inventarios, informes y proyectos que cuantifican las emisiones y remociones de gases de Efecto Invernadero a nivel organizacional. Por otro lado, se conoce que las emisiones de GEI están relacionadas directamente a la eficiencia energética, mientras menor sea el consumo de energía para ejecutar un proceso, mayor será la eficiencia energética y menores serán las emisiones de GEI; por tal razón, existe la norma ISO 50001 que facilita y regula a las organizaciones de todo el mundo en establecer un Sistema de Gestión energética que disminuyan su huella de carbono organizacional. (INEN, 2019)

Los siguientes apartados explican en detalle conceptualizaciones, metodologías y beneficios de la gestión de inventarios de carbono, eficiencia energética y carbono neutralidad, a nivel organizacional.

Para implementar un Sistema de Gestión Integrado basado en normativas ISO, primero es necesario caracterizar y contextualizar la empresa en gestión.

#### **Caracterización empresarial**

Las Normas ISO están basadas en la mejora continua, las cuales deben aplicar el enfoque del Ciclo PHVA, Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Previo a la

planificación de una gestión estratégica empresarial, se debe conocer el estado actual de la organización. La Contextualización empresarial hace referencia a la determinación de los problemas externos e internos que son relevantes para el propósito de la organización y que afecta a su capacidad para conseguir la satisfacción del cliente y mejora continua de sus procesos. Estas características se tendrán en cuenta para el establecimiento, implantación y mantenimiento del Sistema de Gestión.

La empresa debe identificar y documentar lo siguiente:

- Actividades de la empresa, funciones, servicios, productos, alianzas, proveedores, partes interesadas, etc.
- Sector y segmentación del mercado
- Objetivos de la empresa, políticas, misión, visión, incluyendo su estrategia general de gestión e identificación de riesgos y oportunidades.

Al establecer el contexto, la empresa debe:

- Articular sus objetivos a los que persiguen el nuevo Sistema de Gestión.
- Definir los factores externos e internos que crean la incertidumbre que da lugar a riesgo.
- Definir el propósito del Sistema de Gestión de la empresa. (SGSI, 2021)

### **Costos operativos asociados al consumo energético**

Los costos de producción o también llamados costos operativos hacen referencia a los gastos necesarios para dar operatividad, mantener un procesamiento, servicio o un equipo en funcionamiento. Para todas las organizaciones, la diferencia entre el ingreso y el costo de producción indica el beneficio bruto por ello es esencial que alta gerencia conozca de sus costos operativos. Para que la productividad aumente, los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO], 1998). Existen dos tipos de costos operativos; los costos fijos y costos variables, este

estudio se enfocará en la reducción de costos operativos asociados al consumo energético, por tal es importante abordar la relación entre gestión empresarial sostenible y la reducción de costos operativos, se conoce que durante las últimas décadas, varias empresas del mundo han adaptado sus operaciones al compromiso con el medio ambiente y la sociedad en su conjunto. La responsabilidad social corporativa (RSC), el cuidado del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales y energéticos pasa de un enfoque estratégico netamente económico a uno cada vez más social y ambiental. Se ha demostrado que los beneficios de este giro empresarial también son económicos (Pérez & Carrión, 2016)

En Ecuador, el estudio de (Vergara, Olalla, Yturralde, & Sorhegui, 2020), consideró una muestra de 300 empresas del Ecuador que están dentro del Ranking de las 500 compañías que presenta la Superintendencia de Compañías, se seleccionaron las que tienen mayores ingresos del ranking, categorizando en 142 compañías que tienen responsabilidad social corporativa y 158 compañías que no las tienen. El estudio concluyó que, en Ecuador las probabilidades de éxito de que una compañía adapte criterios sociales y ambientales en su gestión y que estas prácticas tengan impacto en los resultados financieros son altas, por lo tanto, las compañías que apliquen las mejores prácticas de responsabilidad social corporativa inciden directamente en los rendimientos económicos de las empresas. Los criterios éticos y ambientales en la responsabilidad social corporativa impulsan a que las empresas mantengan una mejor gestión empresarial basada en sostenibilidad y que además adquieran ventajas competitivas reflejadas en ganancias económicas. La gestión de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la mejora continua de eficiencia energética formará parte de una gestión empresarial más sostenible.

### **Sistema de Gestión de Gases de Efecto Invernadero, ISO 14064-1**

Para una correcta gestión de gases de efecto invernadero es importante conceptualizar ciertos términos que están involucrados en el manejo de un Sistema de Gestión de Gases de efecto invernadero.

### ***Efecto invernadero***

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC siglas en inglés] (2013) explica que el efecto invernadero es el efecto radiativo infrarrojo de todos los gases de la atmósfera que absorben en el infrarrojo, estos emiten radiación infrarroja en todas las direcciones, lo que ocasiona el aumento de la temperatura en la superficie y en la troposfera. Una mayor concentración de gases de efecto invernadero debida a emisiones antropógenas aumenta la magnitud de este efecto.

### ***Gases de Efecto invernadero***

Los gases causantes del efecto invernadero son “Componentes gaseosos de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes” (IPCC, 2006a).

El vapor de agua ( $H_2O$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el óxido nitroso ( $N_2O$ ), el metano ( $CH_4$ ) y el ozono ( $O_3$ ) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y otros de los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo. (IPCC , 2013)

El vapor de agua y el ozono no son reconocidos en los inventarios de carbono debido a las dificultades para aislar el componente de origen humano del calentamiento global en la atmósfera. (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2020)

### ***Límites y alcances***

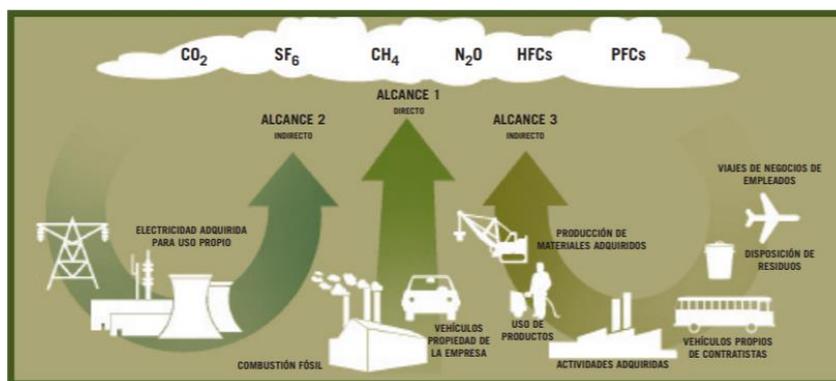
Los tipos de alcances en un inventario están definidos a través de los límites de gestión que establezca la organización, existen dos tipos que son:

**Límites organizacionales.** La organización puede estar compuesta de una o más instalaciones. Se deben definir claramente las instalaciones, sucursales o el espacio físico que estará bajo evaluación de sus emisiones en el inventario de GEI. La organización debe consolidar sus emisiones y remociones de GEI a nivel de instalación por medio de uno de dos enfoques, de control o de participación del capital. (INEN, 2020a)

**Límites del informe - límites operativos.** En la norma ISO 14064-1:2006, los límites operativos están representados por los alcances del inventario, existen 3 tipos de alcances susceptibles a evaluación, en esta versión de la norma, los alcances 1 y 2 son obligatorios de cuantificar. El Alcance 1, se refiere a la cuantificación de todas las emisiones directas de GEI, aquellas provenientes de la combustión directa y que tienen un control por la empresa. Alcance obligatorio en ISO14064-1. En el Alcance 2, se cuantifican aquellas emisiones indirectas de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica ya sea comprada, adquirida o producida a partir de calor o vapor. El Alcance 3 está caracterizado por la cuantificación de otras emisiones indirectas, tales como la extracción y producción de materiales, así como de aquellas actividades relacionadas con el transporte de vehículos que no sean propiedad de la organización o que no tenga control. (Hernández, 2019) e (INTECO, 2016). La siguiente figura, ilustra los 3 alcances posibles a inventariarse. (Ver figura 1).

**Figura 1**

*Tipos de alcance del inventario de emisiones de GEI*



Nota. Fuente: (GHG Protocol, 2005)

Una de las principales diferencias entre la norma ISO 14064-1:2006 y la última versión de la norma ISO 14064-1:2018 fue el cambio de límites operativos por límites del informe, esta última versión normativa, exige cuantificar las emisiones directas determinadas por el alcance 1, pero pone a consideración la elección de las emisiones indirectas, de acuerdo con criterios propios que valoren la significancia de las emisiones indirectas.

### ***Identificación de fuentes de emisión de gases de efecto invernadero***

Las emisiones de GEI pueden ser identificadas a través de la norma ISO4064-1:2018, la que ha incluido requisitos y orientaciones para clasificar las emisiones indirectas de GEI en cinco categorías específicas:

- a) emisiones y remociones directas de GEI;
- b) emisiones indirectas de GEI por energía importada;
- c) emisiones indirectas de GEI por transporte;
- d) emisiones indirectas de GEI por productos utilizados por la organización;
- e) emisiones indirectas de GEI por otras fuentes. (INEN, 2020)

### ***Análisis de significancia de las emisiones indirectas de GEI***

La normativa ISO 14064-1:2018 (vigente en Ecuador desde el 2020) exige aplicar y documentar un proceso para determinar qué emisiones indirectas se van a incluir en el inventario de GEI, la norma explica que se debe analizar la significancia de las emisiones encontradas, a través del análisis del uso previsto del inventario.

**Análisis multicriterio de ponderación simple.** El método de ponderación de criterios es un proceso de toma de decisiones, se realiza en función de una la priorización de criterios. Primero deben ser elegidos estos criterios, el siguiente paso debe ser definir la ponderación o grado de importancia de cada uno de ellos. Por otro lado, el método de ordenación simple es el método más sencillo de aplicar, la aplicación de este se justifica existe escasa información para valorar las variables y las puntuaciones son definidas arbitrariamente por el tomador de decisiones. Se debe asignar puntos al criterio de menor importancia, posteriormente elegir el siguiente

criterio menos importante, asignarle más puntos, y así sucesivamente, reflejando su importancia relativa. (Niño, 2018)

### ***Categorización de emisiones***

La Norma ISO 14064-1:2018 exige determinar categorías que a su vez se pueden subdividir en subcategorías. Las emisiones de GEI se deben agregar a las siguientes categorías y reportadas por cada instalación:

- a) emisiones y remociones directas de GEI;
- b) emisiones indirectas de GEI por energía importada;
- c) emisiones indirectas de GEI por transporte;
- d) emisiones indirectas de GEI por productos utilizados por la organización;
- e) emisiones indirectas de GEI asociadas con el uso de productos de la organización;
- f) emisiones indirectas de GEI por otras fuentes.

La norma ISO 14064-1:2018 exige que se debe diferenciar las emisiones no biogénicas, las emisiones biogénicas antropogénicas y las emisiones biogénicas no antropogénicas. Las emisiones de GEI se deberían subdividir adicionalmente en subcategorías coherentes con las categorías anteriormente mencionadas. (INEN, 2020)

### ***Cuantificación de Gases de efecto invernadero***

La cuantificación de los GEI, es una metodología utilizada para el reporte de inventarios de carbono y/o huella de carbono, por tal, es indispensable diferenciar sus conceptos.

**Inventario de carbono.** El inventario de carbono es una lista de las emisiones y remociones de GEI cuantificadas según las fuentes y sumideros presentes en una organización. (INEN, 2020)

**Huella de carbono.** Calcular la Huella de carbono puede entenderse también, como traducir toda la actividad organizacional a toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> o a intensidad energética (Espíndola & Valderrama, 2018)

Los términos inventario de carbono y huella de carbono son similares pero no son iguales. La diferencia radica en los límites de cuantificación de las emisiones y remociones de GEI, un inventario considera generalmente sólo las emisiones directas que son controladas por la organización y se pone a consideración la cuantificación de las emisiones indirectas; mientras que la huella de carbono es más exhaustiva, en este se consideran todas las emisiones que son o no propiedad de la organización.

(Sociedad Pública de Gestión Ambiental [Ihobe], 2013)

**Metodologías de cuantificación.** Muchas organizaciones a nivel internacional y nacional en el sector público y privado han desarrollado normas, metodologías y guías para medir las emisiones y remociones de GEI. Las metodologías más utilizadas a nivel internacional son el GHG Protocol, PAS 2050 e ISO 14064.

Las metodologías reconocidas a nivel internacional se basan en principios comunes como: relevancia, integridad, consistencia, exactitud y transparencia.

(Ministerio para la Transición ecológica y reto demográfico de España [MITECO], 2009)

La ISO 14064, forma parte de la familia ISO 14000 de gestión ambiental, esta norma ofrece claridad y coherencia en la cuantificación, el informe y verificación de emisiones y remociones de GEI, para apoyar el desarrollo sostenible mediante una economía baja en carbono y beneficiar a organizaciones, proponentes de proyectos y partes interesadas de todo el mundo. (INEN, 2020)

La ISO 14064 se subdivide en tres partes. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones. Parte 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto. Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero. La presente investigación utiliza la metodología ISO 14064-1 para la cuantificación de emisiones de GEI.

**ISO 14064-1.** NTE INEN-ISO 14064-1:2020 es la norma oficial de carácter voluntario en Ecuador, para la cuantificación y el informe de inventarios de GEI. Es

una adopción idéntica de la traducción oficial al español de la Norma Internacional ISO 14064-1:2018. Este documento especifica los principios y requisitos para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel de la organización. Incluye requisitos para el diseño, desarrollo, gestión, informe y/o verificación del inventario de GEI de una organización. (INEN, 2020a)

El proceso para realizar el inventario ISO 14064-1 comprende las siguientes fases:

1. Delimitación de límites y alcances. De acuerdo con la versión de la normativa usada se determinan los límites organizacionales y límites operativos o límites del informe y año base del inventario.
2. Identificación de fuentes y sumideros de GEI, dependiendo de los límites establecidos para el inventario de GEI, es necesario reconocer cada fuente de emisión, pero también, es fundamental identificar sumideros de carbono como bosques, suelos y/o plantaciones que son propiedad de la empresa. Cada fuente y emisión deben ser categorizados.
3. Selección de la metodología de cuantificación de inventarios de GEI. Las emisiones y remociones de GEI son determinados mediante cálculos basados en datos de la actividad de GEI multiplicados por los factores de emisión o remoción de GEI oficializados por la autoridad competente (IPCC o factores de emisión nacionales), o uso de modelos sustentados científicamente.
4. Selección y recopilación de datos de la actividad de GEI; Dependiendo de la facilidad al acceso de la información los datos de la actividad pueden ser datos primarios o secundarios.
5. Selección o desarrollo de los factores de emisión de GEI. Es necesario recurrir a los lineamientos que determina IIPCC (2006a) referente con la elección de factores de emisión. La IPCC explica que en

caso de disponer de factores a nivel país, es necesario utilizarlos, caso contrario, se recomienda utilizar factores por defecto.

6. Cálculo de las emisiones y remociones de GEI.

7. Evaluación de la incertidumbre. (INTECO, 2016)

La creación de inventarios de GEI brinda beneficios ambientales y a su vez otorga beneficios económicos a todas las organizaciones que cuantifican sus emisiones y remociones de GEI. En detalle, las ventajas de la gestión de los gases de efecto invernadero son:

- Proporcionar información útil para la evaluación y planificación del desarrollo económico, ya que el inventario brinda información de emisiones significativas de gases de efecto invernadero, que casi siempre están relacionados con los altos costos operativos en las organizaciones. Una buena gestión de las emisiones de GEI, ayuda a la toma de decisiones acertadas con el impacto ambiental y beneficiosa en términos económicos.
- En caso de existir sumideros de carbono representativos, el inventario proporciona información útil para validar y verificar proyectos de sumideros de gases de efecto invernadero que permitirán neutralizar las emisiones de la organización, o en otros casos permitan obtener beneficios económicos de la venta de ese carbón inventariado.
- Mejora la imagen corporativa, cada vez son más los usuarios que apuestan por productos o servicios preocupados por el ambiente, esto permite a las organizaciones al acceso de nuevos mercados.
- Permite evaluar acciones dirigidas a la mitigación de GEI.
- Anticiparse a futuras regulaciones. A nivel local son pocos los países que exigen a sus organizaciones cuantificar sus emisiones y remociones de GEI, sin embargo, la tendencia actual es el cambio en la obligatoriedad de las normas ambientales. (INEN, 2020a)

Según la normativa vigente ISO14064-1, para cuantificar las emisiones y remociones de GEI, primero es importante reconocer y reportar, el enfoque de cuantificación, los tipos de datos, flujos de datos, el modelo de cuantificación, etc.

**Enfoque de cuantificación.** La norma exige seleccionar y documentar el enfoque de cuantificación para el inventario. Según la norma ISO14064-1:2018 existen 3 tipos de metodologías para la cuantificación:

- Método 1: Cálculos basados en datos de la actividad de GEI multiplicados por los factores de emisión o remoción de GEI oficializados por la autoridad competente, o uso de modelos sustentados científicamente.
- Método 2: Medición directa utilizando seguimiento de emisiones de gases con efecto invernadero continua o periódica.
- Método 3: Cálculos realizados por balances de masas. (INEN, 2020a)

**Tipos de datos y flujo de datos.** Según la norma ISO 14064-1:2018 la organización debe identificar y documentar sus datos para cada fuente o sumidero, adicionalmente debe determinar y documentar las características para cada dato relevante utilizado para la cuantificación. Datos primarios o secundarios: dependiendo quién los recopiló originalmente datos específicos del sitio y no específicos del sitio: depende que si los datos fueron obtenidos de la fuente o el sumidero original. (INEN, 2020)

Respecto al flujo de datos, la normativa ISO 14064-1:2018 exige que la organización que desee acreditarse bajo esta normativa debe establecer, documentar, implementar y mantener procedimientos escritos y verificables sobre las actividades de flujo de datos, acorde al cumplimiento de la norma y con el fin de la reproductividad de futuros inventarios, el seguimiento y verificación del mismo. (INEN, 2020)

**Cuantificación de emisiones de GEI.** Un concepto imprescindible para la cuantificación de emisiones de GEI es el potencial de calentamiento global, ya que, permite diferenciar la significancia o impacto de cada tipo de GEI referente a su permanencia en la atmósfera.

**Potencial de calentamiento global.** Es un índice que mide el forzamiento radiativo de la unidad (en masa) de cierto gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el dióxido de carbono. El PCM o PCG representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esos gases, período de 100 años, y de su eficacia relativa como causante de un forzamiento radiativo. (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] , 2013)

Dependiendo del enfoque de cuantificación seleccionado para cada fuente de emisión o remoción de GEI se calculan tanto las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Como se mencionó en el apartado enfoque de cuantificación, existen tres métodos de cuantificación de GEI: método 1: por factores de emisión o remoción de GEI oficializados por la autoridad competente científicamente, método 2: medición directa, método 3: Cálculos realizados por balances de masas. (INTECO, 2016).

El cálculo de las emisiones a través del uso de factores de emisión se realiza según la siguiente ecuación:

$$E = DA * FE * PCG * k \quad (1)$$

Donde:

E: Emisiones de CO<sub>2</sub> eq, en toneladas.

DA: es un dato de actividad, tal como consumo de combustible, consumo electricidad, consumo de refrigerantes, etc.

FE: es el factor de emisión determinado a nivel país o por defecto.

PCG: Potencial de Calentamiento Global correspondiente a cada tipo de GEI.

k: Factor de conversión de unidades si fuera necesario.

Existe un caso peculiar en el consumo de gasolina del transporte con catalizador, se realizaron tres cálculos y posteriormente se suma en un solo valor, ya que en este caso, después del proceso de combustión, se emiten tres tipos de gases, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>), en el caso del diésel utilizado para transporte con catalizador, el IMN (2020) presenta solo un factor de

emisión para CO<sub>2</sub>, ya que según explica (IPCC) 2006a, “los conversores catalíticos con escape de diésel necesitan combustibles ultra bajos en azufre con 50 ppm de S o menos para funcionar” se expone porque los niveles más altos de azufre deterioran los catalizadores y aumentan las emisiones de CH<sub>4</sub> así como los óxidos de nitrógeno, las partículas y los hidrocarburos; al no tener azufre el catalizador actúa correctamente, transformando los óxidos de nitrógeno en N<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub>.

### ***Incertidumbre del inventario***

Evaluación de la incertidumbre. En la metodología de cuantificación se puede aplicar la fórmula (2) para cuantificar la incertidumbre de cada una de las fuentes y sumideros identificados, al igual que es posible estimar la incertidumbre combinada total del inventario y se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$U_i = \sqrt{(EFu^2 + ADu^2)} \quad (2)$$

Donde:

U<sub>i</sub>: es incertidumbre asociada a la fuente de emisión i.

EFu: es la incertidumbre del factor de emisión o remoción

ADu: es la incertidumbre de los datos de la actividad

$$U_{combinada} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_i * x_i)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_i|} \quad (3)$$

Donde:

U<sub>combinada</sub>: es el porcentaje de incertidumbre de la suma de las cantidades. Este término «incertidumbre» se basa en el intervalo de confianza del 95% y corresponde a la incertidumbre total del inventario total de emisiones.

U<sub>i</sub>: es la incertidumbre asociada a la fuente de emisión/remoción i.

x<sub>i</sub>: valor de dióxido de carbono equivalente asociado de la fuente de emisión i.

(INTECO, 2016)

Según la norma ISO14064-1:2018, si la estimación cuantitativa de la incertidumbre no es posible, se debe justificar y se debe realizar una evaluación cualitativa.

### **Sistema de Gestión de la Energía, ISO 50001**

Según Schneider Electric (2012) un sistema de gestión de la energía es aquel que permite a las organizaciones definir los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia, el uso y el consumo de energía, estos sistemas conllevan a la vez, una reducción de los gases de efecto invernadero y reducciones de riesgos. Además, la incorporación de estos sistemas de gestión constituye un apoyo funcional al programa de sostenibilidad de una organización.

Para una correcta gestión de gases de efecto invernadero es importante conceptualizar ciertos términos que están involucrados en el manejo de un Sistema de Gestión de la Energía:

**Eficiencia energética.** La eficiencia energética son las acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida con los productos y servicios finales obtenidos. (Espíndola & Valderrama, 2018).

**Lux.** Es la unidad del Sistema Internacional de iluminación, representa la iluminación que recibe uniformemente, una superficie de 1 metro cuadrado de un flujo luminoso de 1 lumen. (INEN, 1984)

### ***Metodología de cuantificación - ISO 50001:2018***

NTE INEN-ISO 50001:2019 es la norma oficial de carácter voluntario en Ecuador, para los Sistemas de gestión de la energía. Esta Norma es una adopción idéntica de la traducción oficial de la Norma Internacional ISO 50001:2018, este documento permite a las organizaciones establecer los sistemas de gestión de la energía (SGEn) y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía. (INEN, 2019)

**Proceso para la implementación ISO 50001.** Para incorporar un Sistema para la gestión energética, acorde a la ISO 50001, es necesario:

1. Definir una política energética. Es necesario definir los ejes de acciones que toda la organización se compromete a alcanzar para lograr la eficiencia energética. La política energética establecerá la manera que la alta gerencia decide conducir la producción, distribución y consumo de energía.
2. Delimitar límites, año base, alcances operativos y organizacionales. Serán compatibles con los otros Sistema ISO de gestión incorporados en la empresa, en este caso serán aplicados los mismo límites y alcances del Sistema de Gestión Carbono Neutro.
3. Realizar una línea base. Se debe obtener todos los datos de energía en la organización.
4. Definir y analizar los indicadores de desempeño energético (IDEn).
5. Determinar áreas y usos significativos de la energía. La determinación de los indicadores de energía permitirá identificar las fuentes y los sectores más significativos del consumo de energía, esto permitirá establecer acciones dirigidas hacia la eficiencia energética.
6. Establecer objetivos y metas energéticas. Forma parte de la identificación de oportunidades de mejora que están enfocadas a cumplir con objetivos y límites establecidos por la alta gerencia.
7. Elaborar planes de acción. Son las acciones dirigidas que comprometen a toda la organización para alcanzar los objetivos y metas energéticas. Se trata de incorporar buenas prácticas de gestión energética.

Luego de la implementación de la Norma ISO 50001, la organización requiere incorporar otros procesos como establecimiento de competencias, formación y concienciación, seguimiento, medición y análisis, entre otros. (Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial [ONUD], 2015)

**Beneficios de la gestión energética.** Para las organizaciones, establecer un sistema de gestión energética, brinda múltiples beneficios. Al aprovechar al máximo la energía, la empresa evita desperdicios e ineficiencias economizando costos, en mayor detalle, las razones y beneficios que ofrece la implementación de gestión energética son:

- Permite identificar áreas de mejora. La tecnología y los sistemas de gestión energética son herramientas fundamentales que permiten alcanzar la eficiencia energética sin alterar los niveles de producción, ni las condiciones de uso y confort. Un conjunto de actuaciones planificadas permite detectar oportunidades de mejora en aspectos relacionados con la calidad y seguridad del sistema energéticos, logrando que los todos los usuarios conozcan el sistema, e implanten mejoras, alcanzando altos niveles de eficiencia energética.
- Se reduce el importe de la factura energética. Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones reduce el consumo de energía y, en consecuencia, el gasto en costos variables asociados al consumo energético de la empresa.
- Contribuye a reducir las emisiones de efecto invernadero. Implementar un Sistema de Gestión energética contribuye a la mitigación del cambio climático. A nivel mundial, el sector energético es uno de los sectores con mayor emisión de GEI, varios son los países que exigen a sus organizaciones a reducir estas emisiones.
- Mejora imagen corporativa. A igual que varias normas ISO de la familia 14000, la implementación de ISO 50001 potencia su imagen de compromiso con el desarrollo energético sostenible. Las organizaciones que lo hacen refuerzan su perfil de empresas responsables, con una baja 'huella de carbono', preocupadas por el medio ambiente y la sostenibilidad del planeta.

- Ahorro a largo plazo. El ahorro obtenido compensa la inversión de la implementación de equipos que ayuden al ahorro energético. Las actuaciones técnicas o rehabilitación de las instalaciones para mejorar su eficiencia o aprovechar las energías renovables, optimizar energéticamente los procesos y recuperar el calor residual son justificadas en el ahorro a largo plazo. Los análisis costo/beneficio previo a la implementación de proyectos de reducción energética son herramientas que facilitan la decisión en actualizaciones técnicas.

### ***Línea base energética***

La Norma ISO 50001:2018 ha adoptado los requisitos de ISO para las normas del sistema de gestión, asegurando un alto grado de compatibilidad con otras normas de los sistemas de gestión (INEN, 2019), incluyendo la ISO 140064, por tal, sus lineamientos son similares y alcanzan objetivos en común, la mejora continua, específicamente en estas dos normas, la mejora del desempeño energético. Tanto la línea base energética (LBEn), como los indicadores de desempeño energético (IDEn), son los elementos que la norma ISO 5001:2018 exige para demostrar la mejora del desempeño energético. La línea base se caracteriza por realizar un inventario del tipo de energía y su consumo durante todo el año base. (INEN, 2019)

### ***Indicadores de desempeño energético***

En este proceso, lo ideal es que, para cada fuente de energía (electricidad, combustible, etc.), exista por lo menos un IDEn. Los indicadores más comunes para el sector comercial y de servicios son: consumo energético por superficie del edificio, consumo energético por número de trabajadores, consumo energético por horas trabajadas. Mientras que para el sector transporte, los IDEn más comunes son: consumo energético por tonelada transportada, consumo energético por distancia recorrida. (INEN, 2019)

Según la normativa, los IDEn deben ser normalizados para un correcto análisis.

### ***Cuantificación de iluminancia***

La Iluminancia es la medida del flujo luminoso o la cantidad de luz emitida en una cierta dirección y que llega a una superficie. La iluminancia recibe también el nombre de nivel de iluminación. Su unidad en el SI, es el lux (Lx) , que corresponde a la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe un flujo de un lumen uniformemente repartido. Para medir el nivel de iluminación se emplea un equipo denominado luxómetro, este equipo dispone de una célula fotoeléctrica con capa barrera basada en el efecto fotoeléctrico, cuando incide sobre la célula un haz de luz, los electrones son capaces de emitir una señal eléctrica. (Fondo Europeo del Desarrollo Regional, 2021)

### ***Usos Significativos de Energía***

La norma ISO 50001:2018, exige identificar los usos significativos de energía (USE) que ofrecen un potencial considerable para la planificación de la mejora del desempeño energético. Los Uses deben ser identificados, a través, de los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn). Pueden identificarse como USEs las instalaciones, sistemas, equipos o procesos. (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2019)

### ***Riesgos y Oportunidades***

Al planificar el SGE, la organización debe considerar el contexto de la organización, las necesidades y expectativas del usuario previsto de esta manera se debe determinar los riesgos y oportunidades del desempeño energético de la organización. La planificación debe estar enfocada a la mejora continua, además la organización debe determinar los riesgos y las oportunidades que es necesario abordar con el fin de prevenir o reducir los efectos no deseados y alcanzar los resultados previstos del desempeño energético. La organización debe planificar la manera de implementar acciones en su SGE para mejorar el desempeño energético y dar seguimiento a la planificación. (INEN, 2019)

## **Modelación 3D y simulación energética**

La simulación energética de edificios o también conocida como Energy-Modeling, consiste en un proceso de creación de un modelo 3D o réplica virtual de un edificio con sus componentes, a nivel constructivo, técnico y de sus ocupantes, con el fin de obtener resultados cuantitativos y cualitativos de su comportamiento energético, en un período de tiempo, establecido por el modelador. A partir de la realización de una simulación energética en una construcción, podemos considerar la gestión optimizadora de energía y una certificación de eficiencia energética. (Bravo, 2016)

### ***Softwares para la simulación energética***

Entre los desarrolladores de simulación energética y sus programas se encuentran: El Departamento de Energía de los Estados Unidos, DOE, ha desarrollado software gratuito, como motor de cálculo denominado Energy-Plus (originalmente llamado DOE). (González Y. , 2016)

Las aplicaciones y sistemas de simulación energética seleccionadas para la ejecución de este proyecto son:

- SketchUp Pro, versión gratuita: Entorno gráfico de la simulación energética,
- OpenStudio: Complemento o Plugin de SketchUp para simulación energética.
- EnergyPlus, software libre y código abierto: programa de motor de cálculo para la simulación energética con el que trabaja OpenStudio.

El modelador SketchUp, sirve para dibujar la geometría de la edificación, y que a través del Plugin OpenStudio (interfaz gráfica), permitirá incorporar el entorno o los sistemas de análisis energético; el motor de cálculo utilizado por OpenStudio es EnergyPlus, este es un programa de código abierto para la simulación energética. Los tres softwares ejecutarán, conjuntamente, la simulación energética del edificio de estudio y ayudarán al usuario a diseñar los sistemas energéticos para una adecuada simulación. (Morales, 2017)

OpenStudio es un programa gratuito con una interfaz de trabajo intuitiva y ordenada, se trata de un entorno moderno, manejable y actualizado, teniendo como

ventajas su acoplo con SketchUp, su motor de cálculo más actualizado y la calidad de sus informes. La plataforma de OpenStudio, permite un rápido acercamiento para investigadores y desarrolladores ya que su código se realiza en lenguajes como C++, C#, o Ruby. (Fisas, 2018)

El motor de cálculo, Energy Plus, permite realizar estudios de consumo, reducción de la demanda, diseño térmico del edificio o eficiencia energética. El software brinda soluciones basadas en balance de calor, modelando sistemas combinados de transmisión de calor y materia. (Fisas, 2018)

EnergyPlus utiliza como motor de cálculo el método de balance de Calor (en inglés "Heat Balance Method"). El método de balance de calor para calcular las cargas térmicas del espacio en un edificio consta de varios procesos importantes de transferencia de calor. Estos incluyen el intercambio radiativo y convectivo en la superficie exterior de cada elemento del edificio, la conducción a través de cada elemento, la interacción radiativa entre todas las superficies interiores y la transferencia convectiva entre las superficies interiores y la zona de aire. (McClellan & Pedersen, 1997)

**Simulación energética en OpenStudio-EnergyPlus.** La publicación de Bravo (2016) demuestra que la simulación energética, a través de OpenStudio tiene dos grandes etapas, la primera se refiere a la construcción de la geometría del edificio simulado, mientras que, la segunda se enfoca en la introducción de las características de los entornos o sistemas energéticos a simular. A continuación, se especifican los procesos de cada etapa.

#### **Construcción de la geometría del edificio.**

1. Diseño de las plantillas a emplear para la construcción de la geometría del edificio, para ello se necesita la tener su dibujo digitalizado en formato .dwg (formato de archivos en AutoCAD).
2. Construcción de geometría en SketchUp; se realiza la construcción del edificio por espacios e interacción de superficies libres. En este proceso, se

generan los recintos (plantas de la edificación), se introducen los perfiles ocupacionales y se asignan las diferentes zonas térmicas que se van a simular.

3. Introducción de huecos; en este proceso de proceso a la introducción de puertas, persianas y ventanas en el modelo.

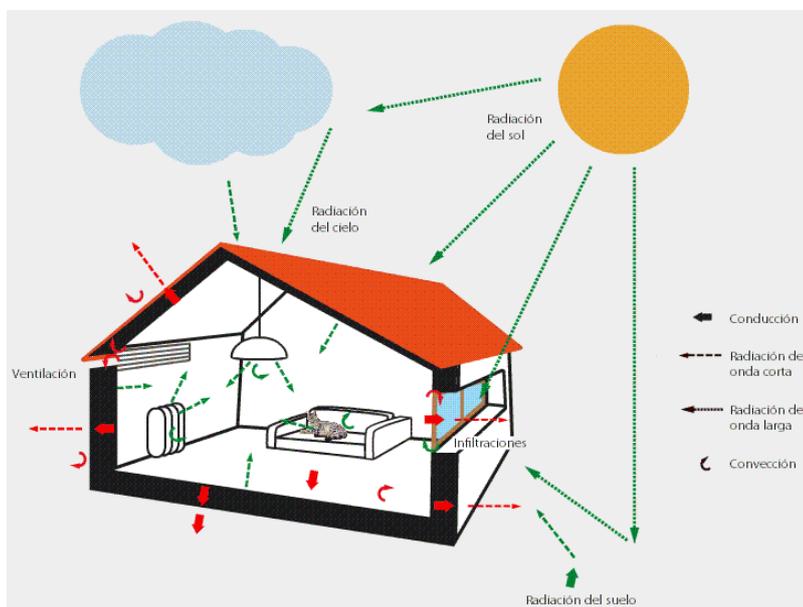
#### **Caracterización del edificio.**

4. Introducción de las características de la construcción y puentes térmicos; proceso realizado en OpenStudio se realiza la identificación de los materiales involucrados y los tipos de construcción.
5. Introducción de sombras propias y sombras móviles; se caracterizan volados y condiciones climáticas de la zona a modelar.
6. Introducción de cargas térmicas; se introduce la capacidad térmica interior del edificio como la ocupación de personas, iluminación, carga energética de equipos eléctricos, infiltración de aire, etc. En este proceso también se introducen las ganancias internas del edificio y sus características como; Watts, consumo de kWh, kWh/persona, kWh/m<sup>2</sup>, etc.
7. Simulación energética y obtención de reportes; luego de ejecutar la simulación en EnergyPlus, se obtienen los reportes de balance de las ganancias y pérdidas de calor según carga térmica por persona, iluminación, equipos eléctricos, etc.

Adicionalmente, cabe recalcar que OpenStudio permite visualizar la simulación energética a través del modelo 3D que será una representación gráfica de clasificación de diferentes zonas de calor.

## Figura 2

### *Balance de calor en un edificio*



Nota. (RC TECNOVA, 2020)

**Cargas Térmicas.** Existen diferentes tipos de cargas térmicas dependiendo de su origen carga térmica interna o externa, y dependiendo de la condición de modificación o cambio, carga térmica sensible o carga latente.

La carga térmica interna es la cantidad de calor que proviene del interior de la superficie o está dentro de su espacio; luces, personas y equipos. Por otro lado, la carga externa es la cantidad de calor que proviene del exterior como radiación solar y la transferencia convectiva de aire.

Las cargas térmicas sensibles son consideradas aquellas que indican variación de temperatura y radiación térmica, mientras que son cargas latentes las que aportan variación de humedad al aire. (Rodríguez & Díaz, 2011)

### **Plan de reducción de emisiones de GEI y energía**

El proyecto de gestión de reducciones se establece como proyecto cuantificable, que según la norma INTE 12-01-06:2016 como mínimo debe contener:

- Objetivos de reducción de GEI en t CO<sub>2</sub>e definidos para los plazos establecidos del alcance de la Carbono Neutralidad.
- Los recursos previstos para alcanzar la Carbono Neutralidad y mantenerla vigente.
- La estrategia de reducción que se ha adoptado, incluyendo una estimación de la cantidad de emisiones de GEI que deben ser reducidas, la metodología a seguir, los responsables y los indicadores de seguimiento que permitan la mejora continua en la gestión de GEI.

El comité Carbono Neutro y de gestión energética debe revisar el Sistema Integrado de Gestión en intervalos de tiempo e identificar no conformidades del plan de reacción, determinación de causa de no conformidades, acciones correctivas, y oportunidades de mejora. (INTECO, 2016)

#### **Plan de compensación de Gases de Efecto Invernadero**

Las compensaciones deben ser acordes a los siguientes requisitos:

Las compensaciones adquiridas deben ocurrir en un proceso por fuera de los límites operativos de la organización e indirectamente mediante la adquisición de reducciones de GEI (en forma de créditos de carbono) generadas por una tercera parte. Deben Cumplir con esquemas de compensación; CER's (Certified Emission Reduction), VER's (Voluntary Emission Reduction) y/o Socio Bosque (adaptado a mercado de bonos de carbono de Ecuador). (INTECO, 2016) .

Según la estrategia de compensación de emisiones de GEI del Acuerdo Ministerial MAE N° 264, el postulante podrá compensar sus emisiones que no pudieron ser reducidas, a través de, medidas de reducción como medidas de conservación, restauración de zonas boscosas u otros métodos de compensación estipulados por la Subsecretaría de Cambio Climático. Además, el postulante debe ejecutar el documento denominada estrategia de compensación de emisiones de GEI, que debe contener las acciones, el cálculo de las emisiones compensadas y garantizar una permanencia de 20 años. (Registro Oficial, 2014)

## Sistema de Gestión Carbono Neutralidad

El estado en el que las emisiones netas de gases efecto invernadero expedidas al ambiente equivalen a cero, se denomina carbono neutral; significa que el resultado final de una actividad, un proceso o un proyecto tal como la producción de un bien, la provisión de un servicio no haya emitido más gases efecto invernadero a la atmósfera que los que hayan podido capturar o remover. (Ministerio del Ambiente y Agua, 2014)

La carbono neutralidad, o condición carbono neutral, está definida por ProChile Costa Rica (2016) como; el balance entre la cuantificación de las emisiones y las acciones de reducción y remoción/compensación de gases efecto invernadero (GEI) de una organización en un periodo verificable.

Según el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO] (2016), la carbono neutralidad se define mediante la siguiente fórmula (10):

$$\sum E - \sum R - \sum C = 0 \quad (10)$$

Donde:

E: emisiones y remociones

R: reducciones

C: compensaciones

Un sistema de gestión carbono neutral, gestiona las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y sistematiza procesos y requisitos para el alcance de la C-neutralidad, a nivel organizacional (Hernández, 2019). Los Sistemas de Gestión C-Neutral deben estar basados en el cumplimiento de requisitos, que se estandaricen a nivel nacional o internacional, dependiendo de la certificación que se quiera alcanzar. Según Hernández (2019), para implementar el sistema de gestión C-Neutral, es necesario desarrollar una serie de documentos que permitirán la recopilación de la información de manera estandarizada y confiable.

## ***Metodologías de cuantificación - Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental***

### ***“Carbono Neutral”.***

El Acuerdo Ministerial N° 264 del Registro oficial N°349 del martes 7 de octubre de 2014, establece el Mecanismo para otorgar el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental “Carbono Neutral” y estipulan los procedimientos y requisitos para su obtención, estos son:

- Línea base o cálculo de inventario de GEI: La línea base se presenta en una sola ocasión y deberá ser cuantificada usando las metodologías normadas como la ISO14064-1.
- Estrategia de reducción de emisiones de GEI: se refiere al diseño e implementación de las acciones que la empresa postulante cumplirá para alcanzar mínimo una reducción del 5% de las emisiones de GEI calculadas en la línea base.
- Estrategia de compensación de emisiones de GEI: las emisiones que ya no puedan ser reducidas, deberán ser compensadas mediante actividades de conservación, restauración de zonas boscosas u otros métodos de compensación de emisiones como son la compra a mercados de carbono legalmente reconocidos. Garantizar una permanencia de al menos veinte (20) años. (Registro Oficial, 2014)

### ***Beneficios de la gestión carbono neutral.***

Certificarse como organización carbono neutral se constituye como una herramienta con una doble finalidad: reducir los costes que implica el consumo de energía y, contribuir a la reducción de las emisiones de GEI para la mitigación de cambio climático y una mejor concientización ambiental. (MITECO, 2009, p.6)

Adicionalmente, según el (MAE, 2014) las organizaciones que obtengan el reconocimiento “Carbono neutral” en Ecuador, adquieren las siguientes ventajas productivas a nivel nacional e internacional como:

- Mejorar su competitividad e imagen corporativa, debido que la organización aumentará el valor agregado y preferencia comercial de sus productos y servicios, y consecuentemente posibilitará el acceso a nuevos mercados.

- Atraer inversionistas y fuentes de financiamiento, particularmente de aquellos con conciencia ambiental.
- Mejorar la motivación de los servidores o empleados y acercará el conocimiento de sus procesos y productos.
- Lograr procesos más eficientes con menor uso de materias primas y energía; reduce la generación de desechos y emisiones.
- Incrementar sus beneficios económicos al mejorar el control de los costos asociados al consumo de energía.
- Incorporar el concepto de mejoramiento continuo a nivel de procesos en toda la organización, alcanzando la satisfacción del cliente con mayor facilidad.

Específicamente, para las organizaciones certificadas como “Carbono Neutral” en el Ecuador, los beneficios son los siguientes:

- Motivar al desarrollo e investigación de nuevas tecnologías diseñadas para el Ecuador y con repercusión inmediata en la mitigación y/o compensación de emisiones a nivel país.
- Facilita al postulante el acceso a créditos verdes e incentivos tributarios. Si durante la etapa de reducción de emisiones de gases efecto invernadero se realizan inversiones para la adquisición de maquinarias, equipos o tecnologías, es posible acceder al incentivo tributario para la deducción adicional del 100% de la depreciación y amortización a la adquisición de maquinarias, equipos y tecnologías que reduzcan emisiones de gases de efecto invernadero.

### **Sistema de gestión de información documental base**

Con el objetivo de diseñar un sistema de gestión para alcanzar la carbono neutralidad y la gestión energética es posible elaborar un Sistema de Gestión de la Información integrado, que cuente con procedimientos, formularios para un adecuado registro y manejo de la información, un plan de reducción de las emisiones de GEI, un

programa de formación para la unidad de carbono neutro, así como la línea base del inventario de remociones. (Hernández, 2019)

### **Costo-beneficio de la implementación de un proyecto**

#### ***Análisis costo/beneficio.***

Previo a la aplicación de cualquier tipo de proyecto, en especial, proyectos de mejora y optimización de recursos a cualquier escala, es pertinente realizar un análisis costo-beneficio. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales [UICN] (2018): “El análisis de costo-beneficio proporciona un marco económico para evaluar la viabilidad de un proyecto propuesto u operativo. Según este análisis, un proyecto será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que la unidad”.

La metodología que comúnmente se utiliza es el análisis financiero costo-beneficio basado en los flujos de caja, la que recomienda calcular el rendimiento de la inversión a partir de los costes totales de inversión. Para ello El coste total de un proyecto se considera igual a la suma de los costes de inversión, los costes de producción, costes de tecnología, entre otros. Este flujo permite observar los costos y beneficios estimados de un proyecto en un período de tiempo (UICN, 2018)

Una vez creado el modelo de flujo de caja, se puede generar una serie de indicadores:

- *El Valor Actual Neto (VAN)*; se calcula como:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Qn}{(1+r)^n} \quad (11)$$

Donde:

I: es la inversión

Qn: es el flujo de caja del año n (beneficios menos los costos)

r: la tasa de descuento

N: el número de años de la inversión.

- *La Relación Beneficio-Costo (B/C)*; conocida también como índice neto de rentabilidad, se calcula como:

$$\frac{B}{C} = \frac{VAI}{VAC} \quad (12)$$

Donde:

VAN: valor actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos

VAC: valor actual de los Costos de inversión o costos totales

Los criterios de decisión son los siguientes:

- Si  $VAN > 0$  el proyecto es viable porque a la fecha actual los ingresos representados en ahorro y beneficios tributarios son mayores a la inversión.
- Si el  $VAN = 0$  el proyecto será indiferente a las directivas de la institución puesto que los ingresos representados en ahorro y beneficios tributarios son iguales a la inversión.
- Si el  $VAN < 0$  el proyecto no es viable ya que, en dinero, la inversión sería mayor a los beneficios de la implementación del sistema de generación de energía, por lo tanto, el proyecto no debe realizarse.
- Si la relación  $B/C > 1$  significa que en valor presente los ingresos son mayores a los egresos.
- Si la relación  $B/C = 1$  en valor presente los ingresos son iguales a los egresos, por lo tanto, es indiferente realizar el proyecto.
- Si la relación  $B/C < 1$  los ingresos son menores que los costos, por lo tanto, el proyecto es inviable y no se debe aceptar. (Delgado, 2019)

## **Capítulo III**

### **Metodología**

Para desarrollar un Sistema Integrado de Gestión energética y carbono neutro, se ejecutó la siguiente metodología:

#### **Caracterización empresarial**

Previo a la incorporación de un Sistema de Gestión empresarial, se necesita evaluar y caracterizar el estado actual de la empresa. El presente proyecto caracterizó la empresa Alexis Mejía Representaciones Cía. Ltda. en base a criterios de gestión de calidad de normas ISO, los cuales exigen describir a la empresa, determinar la actividad económica y el sector de mercado, establecer misión, visión, valores corporativos y caracterizar los procesos a través de un organigrama y/o flujograma de procesos, entre otros.

#### **Costos operativos energéticos**

La presente investigación se enfocó en reducir los costos operativos asociados al consumo de energía, por lo que fue indispensable determinar gastos de energía eléctrica, combustibles fósiles; gasolina y diésel y uso de lubricantes o aceites.

#### **Sistema de Gestión Gases de Efecto Invernadero, ISO 14064-1**

##### ***Límites, alcances y otros parámetros***

Se establecieron alcances, límites, año base, partes interesadas, objetivos, metas, política, comité de gestión, etc. estos parámetros fueron establecidos en base a los requisitos de cumplimiento de la norma para la evaluación y cuantificación de inventarios de GEI, NTE INEN-ISO 14064-1: 2020.

Los parámetros fueron integrados a los que requiere la norma ISO de Gestión energética, NTE INEN ISO-50001:2019, debido que al ser normas ISO manejan los mismos estándares de definición de alcances, estos fueron integrados en un solo Sistema Integrado de Gestión.

### **Identificación de Fuentes de emisión de GEI**

A través del análisis de los procesos de la empresa, fueron identificadas las emisiones directas e indirectas de GEI, en este proceso se identificaron todas las fuentes de emisión basadas en las categorías y subcategorías establecidas por la norma ISO 14064-1:2018. La siguiente tabla representa las fuentes de emisión reconocidas para la empresa Alexis Mejía Representaciones. Las emisiones indirectas deben ser valoradas a través de un análisis de significancia (ver tabla 1).

**Tabla 1**

*Identificación de fuentes de emisión*

Tipo de emisión	Categoría	Subcategoría
Emisiones directas	Combustión móvil	-consumo de combustible diésel - consumo de combustible gasolina
	Combustión estacionaria	-consumo de Gas Licuado de petróleo (GLP) -consumo de extintores
	Emisiones indirectas por energía importada	-origen hidroeléctrico
Emisiones indirectas	Emisiones indirectas por transporte	-viajes de negocio -viajes de empleados -viajes de clientes - viajes de visitantes - transporte de mercancía - transporte de bienes corriente arriba
	Emisiones indirectas por productos utilizados en la organización	- emisiones provenientes del uso de lubricantes en vehículos de la organización - extracción de materia prima de productos - papelería y suministros de oficina
	Emisiones indirectas de GEI causadas por los servicios que utiliza la organización	- emisiones provenientes de la disposición de residuos sólidos y líquidos

- 
- emisiones provenientes del uso de otros servicios como consultoría, limpieza, mantenimiento, etc.
- 

### ***Análisis de significancia de las emisiones indirectas de GEI***

Todas las emisiones indirectas reconocidas para la empresa fueron evaluadas a través del análisis de significancia de emisiones, para ello primero se reconoció el uso previsto del inventario. Luego se determinó el criterio principal de análisis de significancia y se establecieron otros criterios de significancia de cada emisión indirecta, se realizó un análisis multicriterio simple, basado en la siguiente ponderación (ver tabla 2):

**Tabla 2**

*Ponderación de criterios de significancia de emisiones indirectas de GEI*

Ponderación	Criterios de significancia		
	Costos y magnitud de emisiones	Acceso a la información	Nivel de exactitud de los datos
3	significativo	Accesible	exactos
2	poco significativo	posible de acceder	medianamente exactos
1	insignificante	no accesible	inexactos
0	no se tiene acceso a los datos	no se tiene acceso a los datos	no se tiene acceso a los datos

El análisis de significancia de las emisiones indirectas en extenso puede ser visualizada en el anexo 1 de este documento.

Las únicas emisiones indirectas determinadas como significativas fueron las emisiones provenientes del uso de lubricantes en vehículos de la organización.

### ***Categorización de emisiones***

Posterior a la determinación de emisiones directas y emisiones indirectas significativas, se caracterizaron cada una de ellas. Para cada categoría, se diferenciaron las emisiones no biogénicas, biogénicas antropogénicas y emisiones biogénicas no antropogénicas.

Las emisiones de GEI fueron subdivididas en subcategorías acorde a lo estipulado en la norma ISO14064-1.

### ***Cuantificación de Gases de efecto invernadero***

**Enfoque de cuantificación.** Para cada fuente de emisión de GEI se seleccionaron el enfoque y la metodología de cuantificación, existen 3 tipos de metodologías para la cuantificación, método 1 (uso de factores), método 2 (medición directa), método 3 (balance de masas).

**Tipos de datos y flujo de datos.** Se identificaron y documentaron el tipo de dato para cada fuente o sumidero, adicionalmente se caracterizó cada dato como de fuente primaria, secundaria, dato específico o dato no específico del sitio.

Referente al flujo de datos y en cumplimiento de la normativa se estableció, documentó e implementó el procedimiento escrito en un flujograma sobre las actividades de flujo de datos, acorde al cumplimiento de la norma y con el fin de la reproductividad de futuros inventarios.

Los datos utilizados como elementos de entrada del método de cuantificación fueron:

- Volumen de combustible consumido, observado de la facturación de la empresa proveedora del producto. Nafta Ecuador.
- Volumen de lubricantes consumidos, observados de la facturación de la empresa proveedora del producto. Mavesa, Automotores Continental y Auto Delta Ecuador.
- Cantidad de kWh consumidos, observados de la facturación de la empresa proveedora del servicio. Empresa Eléctrica Quito.
- Factores de emisión, determinados por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica [IMN] (2020), corresponde a literatura oficial y reconocida a nivel internacional, y también factores de emisión de GEI producto de generación de energía eléctrica determinados por la Comisión Técnica de determinación de



Consumo	0.4509	ND	ND	NA	-	NA	-	-	CTFE
Electricidad	t								(2019)
	CO <sub>2</sub> /MWh								
Uso de	0.5101 kg	ND	ND	NA	-	NA	-	-	IMN
Lubricantes	CO <sub>2</sub> /L								(2020)

Además, los Potenciales de calentamiento global (PCG o PCM) utilizados para la cuantificación de las emisiones de GEI fueron los declarados por el IPCC y oficializados por IMN (2020) (ver tabla 4).

**Tabla 4**

*Potenciales de calentamiento global utilizados*

GEI	PCG Horizonte: 100 años	Fuente
CO <sub>2</sub>	1	IMN (2020)
CH <sub>4</sub>	21	IMN (2020)
N <sub>2</sub> O	310	IMN (2020)

**Cuantificación de emisiones de GEI.** Se cuantificaron las emisiones por fuente, a través, de la fórmula (1)

$$E = DA * FE * PCG * k \quad (1)$$

Donde:

E: Emisiones de CO<sub>2</sub> eq, en toneladas.

DA: es un dato de actividad

FE: es el factor de emisión seleccionado.

PCG: Potencial de Calentamiento Global correspondiente a cada tipo de GEI.

k: Factor de conversión de unidades si fuera necesario.

Para las demás fuentes excepto la gasolina, se realizó un cálculo, se reemplazaron los valores de las tablas; 5, 6 y 7 en la fórmula (1) y se obtuvieron las emisiones de GEI del año 2019 en la empresa.

### **Cálculo de incertidumbre**

Cumpliendo con los requerimientos de la norma ISO14064-1:2018, la incertidumbre fue calculada a nivel de categoría, y si las incertidumbres no pueden ser calculadas como cuantitativas estas fueron justificadas y se realizó una evaluación cualitativa.

Para la evaluación de la incertidumbre parcial de la categoría 1, se aplicó la fórmula (2), establecida por INTECO (2016).

$$U_i = \sqrt{(EFu^2 + ADu^2)} \quad (2)$$

Donde:

$U_i$ : es incertidumbre parcial asociada a la fuente de emisión  $i$

$EFu$ : es la incertidumbre del factor de emisión  $i$

$ADu$ : es la incertidumbre de los datos de la actividad

La incertidumbre combinada fue evaluada a través de la fórmula (3);

$$U_{combinada} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_i * x_i)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_i|} \quad (3)$$

Donde:

$U_{combinada}$ : es el porcentaje de incertidumbre de la suma de las cantidades.

Este término «incertidumbre» se basa en el intervalo de confianza del 95% y corresponde a la incertidumbre total del inventario total de emisiones.

$U_i$ : es la incertidumbre asociada a la fuente de emisión/remoción  $i$

$x_i$ : valor de dióxido de carbono equivalente asociado de la fuente de emisión  $i$ .

## **Sistema de Gestión de la Energía, ISO 50001**

### **Línea base energética**

En coherencia con, la norma ISO14064-1, se identificaron las fuentes de emisión de GEI y los consumos energéticos de las mismas. El plan de recopilación de

información de datos de energía fue determinado en una periodicidad anual (año 2019), dentro de la planificación se crearon formatos de recopilación de información y en el caso de uso de energía en transporte, se utilizó el registro de consumo de combustible utilizado para el inventario de GEI.

Para analizar el gasto energético de la empresa, se generó la línea base energética para el año 2019 (dentro de los límites y alcances establecidos para la norma ISO14064-1:2018), para lo que, se realizó un levantamiento de la información energética de las instalaciones de la empresa y de su parque automotor. Se ejecutó bajo el soporte de tres formatos del sistema de gestión de información, creado para este estudio, los formatos utilizados fueron; F-01, F-02 y F-03; Formato para la evaluación de consumo energético por equipos, por luminarias y por tomacorrientes e interruptores, respectivamente; estos formatos incluyen las variables más relevantes para el cálculo de IDEns y aseguran precisión en los datos (ver anexo 2, anexo 3 y anexo 4).

### ***Indicadores de desempeño energético***

Según la Normativa ISO 50001:2018, los indicadores de desempeño energético (IDEn) deben ser apropiados para la organización y deben ser facilitadores para demostrar la mejora del desempeño energético a través del tiempo.

En la organización se identificaron y cuantificaron 6 IDEn, 3 IDEn destinados a analizar el uso de energía en iluminación y equipos, y 2 últimos IDEn destinados a evaluar el uso de energía en transporte.

Los IDEn analizados para uso de energía para iluminación y equipos fueron:

- Consumo energético/superficie del edificio, aplicando la fórmula (4)

$$\frac{Ce}{S} \quad (4)$$

Donde:

Ce: Consumo energético

S: Superficie del edificio

- Consumo energético/número de empleados, aplicando la fórmula (6), en algunos casos fue necesario considerar el número de usuarios del área.

$$\frac{Ce}{Em} \quad (5)$$

Donde:

Ce: Consumo energético

Em: Número de empleados

- Consumo energético/horas trabajadas, aplicando la fórmula (6)

$$\frac{Ce}{Ht} \quad (6)$$

Donde:

Ce: Consumo energético

Ht: Horas trabajadas

Los IDEn utilizados en el análisis de uso de energía para transporte fueron:

- Consumo energético/tonelada transportada, aplicando fórmula (7)

$$\frac{Ce}{Tt} \quad (7)$$

Donde:

Ce: Consumo energético

Tt: Tonelada transportada

- Consumo energético/distancia recorrida, aplicando fórmula (8)

$$\frac{Ce}{D} \quad (8)$$

Donde

Ce: Consumo energético

D: Distancia recorrida

Según la normativa, los IDEn deben ser normalizados para un correcto análisis, por lo que se normalizaron los IDEn en valores entre 0-1, utilizando la fórmula estadística “característica scaling” de normalización (9)

$$Z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (9)$$

Donde:

Z<sub>i</sub>: Valor normalizado

X<sub>i</sub>: valor a normalizar

Min(x): valor mínimo de la variable a normalizar

Max(x): valor máximo de la variable a normalizar

### **Cuantificación de iluminancia**

Se analizó la cantidad de luxes en cada área, como otro indicador de desempeño energético, por lo que, mediante la utilización de un luxómetro digital (marca: TENMARS, modelo: tm-204) se midió la iluminancia real de las instalaciones de la empresa (iluminación general), en horarios de oficina. Fueron cuantificadas varias medidas en cada área, por lo que, se realizó una media aritmética y se estableció el valor promedio de lux. Posteriormente, se compararon valores medidos con la cantidad de lux normados para diferentes espacios, establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana para Iluminación Natural (INEN 1 152) y Norma INTECO 2000-09-20 (ver tabla 5).

**Tabla 5**

*Valores recomendados de iluminación*

Tipo de espacio	Tipo de subespacio	Iluminación Lux	Fuente
Bodegas y almacenes	Materiales pequeños y estantes	150	INEN 1152
Bodegas y almacenes	Empacado y despachado	150	INEN 1152
Oficinas	Halls para el público	200	INTE 31-08-06-00
Oficinas	Trabajo general de oficinas, lectura de buenas reproducciones, lectura, transcripción de escritura a mano en papel y lápiz ordinario, archivo, índices de referencia, distribución de correspondencia, etc.	500	INTE 31-08-06-00

Oficinas	Trabajos especiales de oficina, por ejemplo: sistema de computación de datos	750	INTE 31-08-06-00
Cocina	Iluminación general	300	INTE 31-08-06-00
Baños	Iluminación general	100	INTE 31-08-06-00

Para calcular el déficit o exceso de iluminancia real, se aplicó una proporcionalidad simple aritmética, ecuación (10).

$$Rlux = \left( \frac{Lm}{Ln} \right) - 100 \quad (10)$$

Donde:

Rlux: relación, deficiencia o exceso de lux, en porcentaje

Lm: lux medidos

Ln: lux normados

### **Usos Significativos de Energía**

En cumplimiento de la norma ISO 50001:2018, se identificaron los usos significativos de energía (USE) que ofrecen un potencial considerable para la planificación de la mejora del desempeño energético. Se han identificado equipos, luminarias y vehículos que representan el mayor consumo energético por cada categoría de uso de energía (equipos, iluminación y transporte).

Se analizó el consumo energético anual, se transformó el consumo a porcentajes por categoría y se seleccionaron los consumos más altos, como USE

Además, se seleccionaron los IDEN Z (Indicadores de desempeño energético normalizados) con valores más altos, identificados como USE (usos significativos de energía) por área y por vehículo.

Para el caso de USE-área fueron seleccionados los 4 valores más altos de IDEN, mientras que para USE-vehículos se seleccionaron los 2 valores más altos de IDEN.

También se consideraron USE por iluminancia real en lux. Las normas de luminancia estandarizan los valores mínimos de lux por espacios, por tal, fueron considerados como usos significativos de energía, a los porcentajes mayores al 150%, fueron identificados 3 IDEN por luminancia.

### ***Riesgos y Oportunidades***

Los riesgos y oportunidades fueron evaluados y analizados, a través, de los USE e IDEN, fueron identificados ciertos riesgos de excesivo consumo energético y reconocidas diversas oportunidades de mejora para cada USE.

### **Modelación 3D y simulación energética**

Para la ejecución del modelo 3D y la simulación energética de las instalaciones de la empresa AEME Representaciones, fue necesario la descargar de los siguientes softwares, complementos y ficheros:

- AutoCAD 2021, versión 24.0.47.0
- SketchUp 2019, 19.3.253.135
- OpenStudio Application, versión 1.1.0
- EnergyPlus, versión 9.4.0
- Ficheros climáticos: América del Sur Región 3 de la OMM – Ecuador
- OpenStudio SketchUp Plug-in, version 1.1.0

La modelación 3D de la infraestructura de la empresa fue modelada a través de los softwares; AutoCAD 2021 versión 24.0.47.0 y SketchUp 2019 versión 19.3.253.135, en apoyo del programa OpenStudio Application versión 1.1.0 y plugin OpenStudio SketchUp Plug-in version 1.1.0. Mientras que el proceso de simulación energética se ejecutó con el apoyo de OpenStudio Application versión 1.1.0, EnergyPlus versión 9.4.0 y con datos del fichero climático de América del Sur Región 3 de la OMM – Ecuador.

La modelación 3D y simulación energética constó del siguiente proceso:

1. *Trazado de planos:* fueron trazados los planos arquitectónicos y topográficos de la infraestructura de la empresa en el software AutoCAD, versión 2021. Las medidas del edificio, largo, ancho, alto de paredes, ventanas y puertas fueron medidas con ayuda de un distanciómetro láser, con tolerancia de +/- 2 mm. Este proceso generó plantas en formato .dwg de AutoCAD para la importación en SketchUp.
2. *Construcción de la geometría del edificio.* Se realizó la construcción del edificio por espacios e interacción de superficies libres. Para la simulación energética, fue necesario establecer plantilla libre de muros y paredes, manteniendo compromiso de coherencia de simulación de la realidad.
3. *Importación o generación de plantilla OpenStudio.* Se debe seleccionar la plantilla más actual y disponible en la versión de OpenStudio 90.1-2010. La zona climática seleccionada fue ASHRAE 169-2006-4C que fue seleccionada en base a la Norma Ecuatoriana para la construcción de MIDUVI (2018), la cual establece que la ciudad de Quito, corresponde a la zona climática "Continental lluviosa", definida en la zona climática N°4 en Ecuador y correspondiente a la zona ASHRAE 4C.
4. *Definición de recintos:* se generaron recintos a modelar y fueron introducidos perfiles ocupacionales y asignados las diferentes zonas térmicas a simular.
5. *Asignación de tipos de espacios y zonas térmicas:* fueron asignados los tipos de espacios para cada recinto, luego de ello fueron establecidas las zonas térmicas a cada espacio.
6. *Introducción de ficheros climáticos:* se importó el fichero climático, Quito 840710 (IWEC) descargado de la página de EnergyPlus Weather.
7. *Introducción de huecos y persianas:* se generaron huecos o subsuperficies, entre ellas se caracterizan puertas y ventanas, importantes para el posicionamiento y captación de energía solar del modelo. Adicionalmente, se identificaron automáticamente la introducción de subsuperficies al

introducir polígonos dentro de una superficie en particular, fueron identificadas como una subsuperficie dentro del Inspector.

8. *Introducción de sombras:* La introducción de sombras para cálculos de iluminación y condicionamiento térmico son o no dibujadas dependiendo del objetivo constructivo.
9. *Caracterización del edificio:* En este proceso fueron definidas todas las propiedades del proyecto en la plantilla de OpenStudioApplication, materiales, rutinas, horarios, conjuntos y construcciones identificadas a través de la gestión energética del apartado 3.3
10. *Simulación energética:* En caso de requerir modificar características de la simulación, fue importado el idf del archivo en energyplus luego de su edición se corrió el simulador energético en OpenStudio.
11. *Identificación de áreas susceptibles de mejoramiento térmico:* a partir del análisis de resultados de la simulación energética, se comparó la densidad de fuente interna ideal para perfiles ocupacionales de residencias y /o oficinas establecidas por el DBHE (Documento Básico de Ahorro energético).

Con los resultados de la simulación energética fueron reconocidas las áreas susceptibles de mejoramiento térmico.

El Anexo 8 detalla el proceso de modelación 3D y simulación energética, aquí se encuentra el manual para la obtención de modelos 3D en Sketchup y el uso del Plugin y aplicación de OpenStudio para simular energéticamente infraestructuras o edificios.

### **Plan de reducción de emisiones de GEI y energía**

El plan de reducción energético estuvo basado en los resultados de indicadores de desempeño energético, usos significativos de energía y resultados de áreas susceptibles de mejoramiento térmico, determinados a partir de ISO 50001y simulación energética. Además, fueron evaluados los riesgos y oportunidades de mejora energética y adaptados al plan de reducción.

Para dar cumplimiento de los requisitos del Reconocimiento ambiental ecuatoriano Carbono Neutral se estableció como meta de reducción general mínima el 5% de las emisiones de GEI totales evaluadas en el año base.

El proyecto de gestión de reducciones tuvo que establecerse como proyecto cuantificable, que según la norma INTE 12-01-06:2016 como mínimo tuvo que contener:

1. Objetivos de reducción de GEI en t CO<sub>2</sub>e definidos para los plazos establecidos del alcance de la Carbono Neutralidad.
2. Los recursos previstos para alcanzar la Carbono Neutralidad y mantenerla vigente.
3. La estrategia de reducción que se ha adoptado, incluyendo una estimación de la cantidad de emisiones de GEI que deben ser reducidas, la metodología a seguir, los responsables y los indicadores de seguimiento que permitan la mejora continua en la gestión de GEI.

El seguimiento del plan de reducción (acción) fue estipulado en intervalos de evaluación; mensual, trimestral, semestral y anual; fue planificada la evaluación de los indicadores de los USEs e indicadores de consumo de energía real vs proyección esperada

### **Plan de compensación de Gases de Efecto Invernadero**

El 95% de las emisiones que no pudieron ser reducidas a través de un plan de reducción de emisiones, tuvieron que ser compensadas mediante la compra de bonos de carbono, representados en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes que existen a disposición y venta en diversos mercados de Carbono a nivel mundial.

Fueron evaluados diversos esquemas de compensación; CER's (Certified Emission Reduction) y VER's (Voluntary Emission Reduction).

### **Carbono Neutralidad**

Luego de la planificación de reducción y compensación y conociendo la línea base de emisiones y remociones de GEI, la carbono neutralidad o su planificación, fue comprobada a través de la aplicación de la siguiente fórmula (10):

$$\sum E - \sum R - \sum C = 0 \quad (10)$$

Donde:

E: emisiones y remociones

R: reducciones

C: Compensaciones

### **Sistema de gestión de información documental base**

El sistema de gestión de la información fue creado en base a los requisitos de las dos normativas aplicadas, ISO 14064-1 e ISO 50001. Las dos normativas están basadas en criterios similares de pertinencia, integridad, coherencia, exactitud, transparencia y exigen requisitos similares de trazabilidad de la información. Asimismo, las dos normativas exigen, mantener formatos, procedimientos, política de gestión, objetivos del SG, Informes de cuantificación, Informes de auditorías, registros de no conformidades, registro de cuantificación y seguimiento de la información. Por tal, se incorporaron todos los documentos en un solo Sistema Integrado de Información, que permita gestionar la calidad de esta.

### **Costo-beneficio de la implementación de un proyecto**

El objetivo general de este estudio fue reducir costos asociados al consumo de energía eléctrica y de origen fósil en la empresa AEME Representaciones Cia. Ltda. por lo que, fue indispensable evaluar, la viabilidad del proyecto Carbono Neutralidad y ejecución del plan de reducción, a través de la evaluación costo/ beneficio basado en proyecciones de flujos o conocida como flujos “de caja”.

Lo que se realizó en este proceso fue calcular el rendimiento de la inversión a partir de los costos totales de inversión y flujos de caja. Para ello, el costo total del

proyecto consideró la suma de los costos de implementación de tecnología, costos de acciones dirigidas, costos de certificación, entre otros.

Una vez creado el modelo de flujo de caja, se generó el indicador; Valor Actual Neto (VAN), que fue calculado a través de la ecuación (11).

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Qn}{(1+r)^n} \quad (11)$$

Donde:

I: es la inversión

Qn: es el flujo de caja del año n (beneficios menos los costos)

r: la tasa de descuento

N: el número de años de la inversión.

Para ejecutar el indicador de análisis de viabilidad del proyecto, VAN, fue preciso estimar un valor de los otros beneficios que otorga el proyecto Carbono Neutralidad. La tasa de descuento utilizada fue del 0.10% (tasa típica).

### **Sistema de gestión de información documental base**

Se realizó un Sistema de Gestión de la información con Informes, formatos, procedimientos, registros y codificación. Este proceso estuvo basado en las exigencias de las normas ISO 14064-1 e ISO 50001 que permiten garantizar la exactitud y calidad de los datos. El correcto uso del Sistema de gestión de información documental (SGI), asegura la aprobación de verificaciones y auditorías de certificación. El sistema especificó las obligaciones de las normas recopiladas y detalló las metodologías de cada proceso.

## Capítulo IV

### Resultados

#### Caracterización empresarial

**Nombre de la empresa:** AEME Representaciones Cía. Ltda.

**Descripción general:** AEME Representaciones, es una empresa ecuatoriana constituida en 2004, es líder en la comercialización y distribución de insumos agroquímicos. Es una distribuidora de importantes casas comerciales tanto nacionales como multinacionales. La empresa ofrece los servicios de entrega directa a fincas, asistencia técnica, compra por tienda virtual y se caracteriza por; su entrega inmediata y oportuna, y por sus alternativas crediticias que oferta a sus clientes. En la empresa laboran alrededor de 20 personas, la empresa no cuenta con área ambiental.

**Actividad de la empresa:** comercialización y distribución de insumos agroquímicos.

**Sector de mercado:** sector florícola y agrícola.

**Objetivo empresarial:**

“El Objetivo de AEME Representaciones es brindar el apoyo integral a sus clientes, en la parte técnica y comercial, proporcionando un portafolio completo de productos respaldados con calidad y legalidad para su comercialización; marcando la diferencia con sus valores agregados.” (AEME Representaciones, 2020)

**Misión empresarial:**

“Con nuestra experiencia, profesionalismo y seriedad estamos contribuyendo al desarrollo del sector agrícola, en campos tales como: Florícola, Hortícola, Frutícola, Cultivos no tradicionales entre otros: garantizando la distribución oportuna de los productos y brindando un servicio personalizado y eficiente a cada cliente.” (AEME Representaciones, 2020)

**Visión empresarial:**

“Lograr una clara y directa comunicación con nuestros clientes, consumidores y socios comerciales, para tener un constante crecimiento y ganar los segmentos de mercado deseados, a través de un trabajo profesional, creativo e innovador, con una gran infraestructura y personal capacitado y motivado, caminando así a la vanguardia de la tecnología y de un mundo cambiante.” (AEME Representaciones, 2020)

**Valores corporativos:** Amabilidad, calidad, confianza, excelencia, experiencia, innovación, solvencia, superación, puntualidad (AEME Representaciones, 2020)

**Ubicación y sedes:** La empresa cuenta con una sola sede ubicada en Juan Barrezueta N74-86 y José Andrade

**Mapa de Ubicación de la empresa:****Figura 3**

*Mapa de ubicación de la empresa*

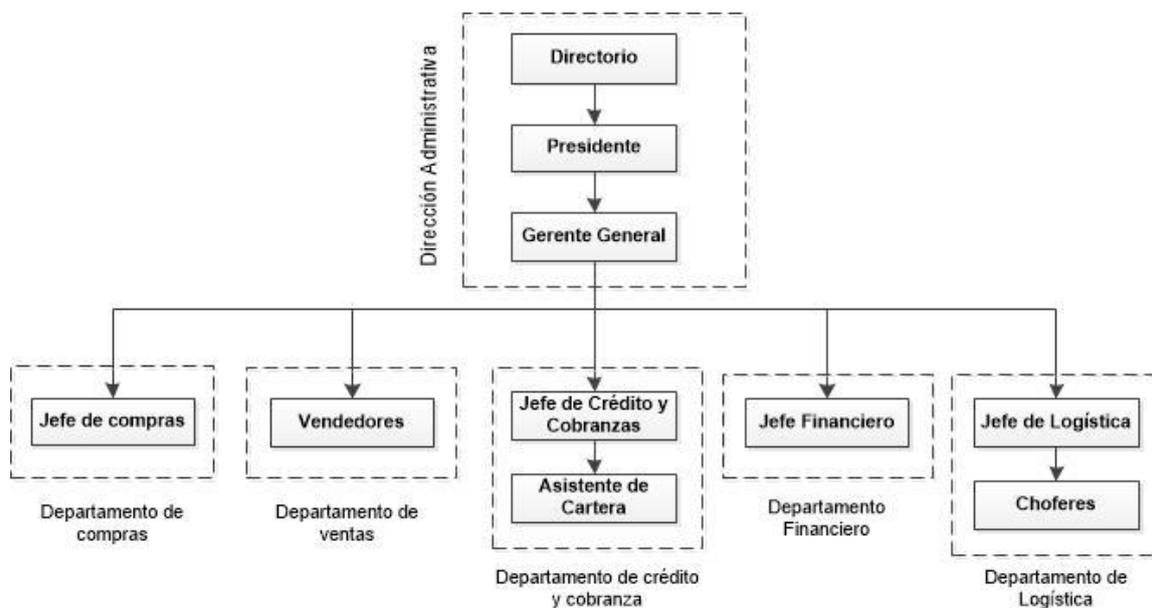


**Área de propiedad de la empresa:** aprox. 984.76 m<sup>2</sup>

**Mapa de procesos:** La empresa posee 6 departamentos incluida la administración general. La empresa desarrolla procesos de dirección administrativa, dirección de compras, dirección de ventas, dirección de crédito y cobranzas, dirección financiera, dirección logística (ver figura 4). Organigrama de la empresa AEME Representaciones Cia. Ltda.

#### Figura 4

*Organigrama de la empresa*



**Vehículos:** El parque automotor de la empresa Alexis Mejía Representaciones representa 8 vehículos; 4 camiones y 1 camioneta; los camiones son utilizados para la distribución de productos, los 3 vehículos de movilización son usados por los asesores técnicos y administrativos, y además la empresa posee un vehículo médico móvil para el apoyo de su programa social Clínica Móvil que suele ser alquilado.

La siguiente tabla caracteriza los vehículos propiedad de la empresa (ver tabla 6).

**Tabla 6**

*Vehículos de la empresa AEME Representaciones*

Cantidad	Tipo de vehículo	Identificador	Tipo de combustible	Característica del motor
4	Camiones	PCSxxxx	Diésel	Motores 4 tiempos con catalizador
		PCUxxx4		
		PDGxxxx		
		PDGxxx0		

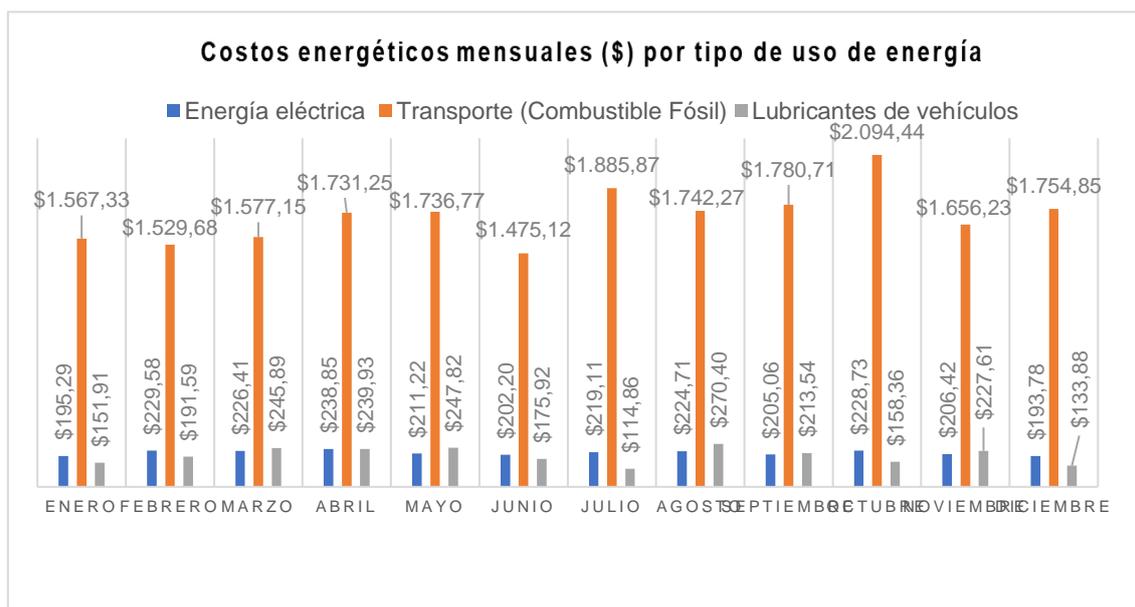
		PCPxxxx		Motores 4
3	Automóviles	PCUxxxx	gasolina	tiempos con catalizador
		PDCxxxx		
1	Camioneta	PDMxxxx	Diésel	Motores 4 tiempos con catalizador

### Costos operativos energéticos

La evaluación de los diferentes procesos de producción de la empresa Alexis Mejía Representaciones Cía. Ltda. y la determinación de costos operativos asociados al consumo energético otorgaron los siguientes resultados (ver figura 5 y figura 6).

#### Figura 5

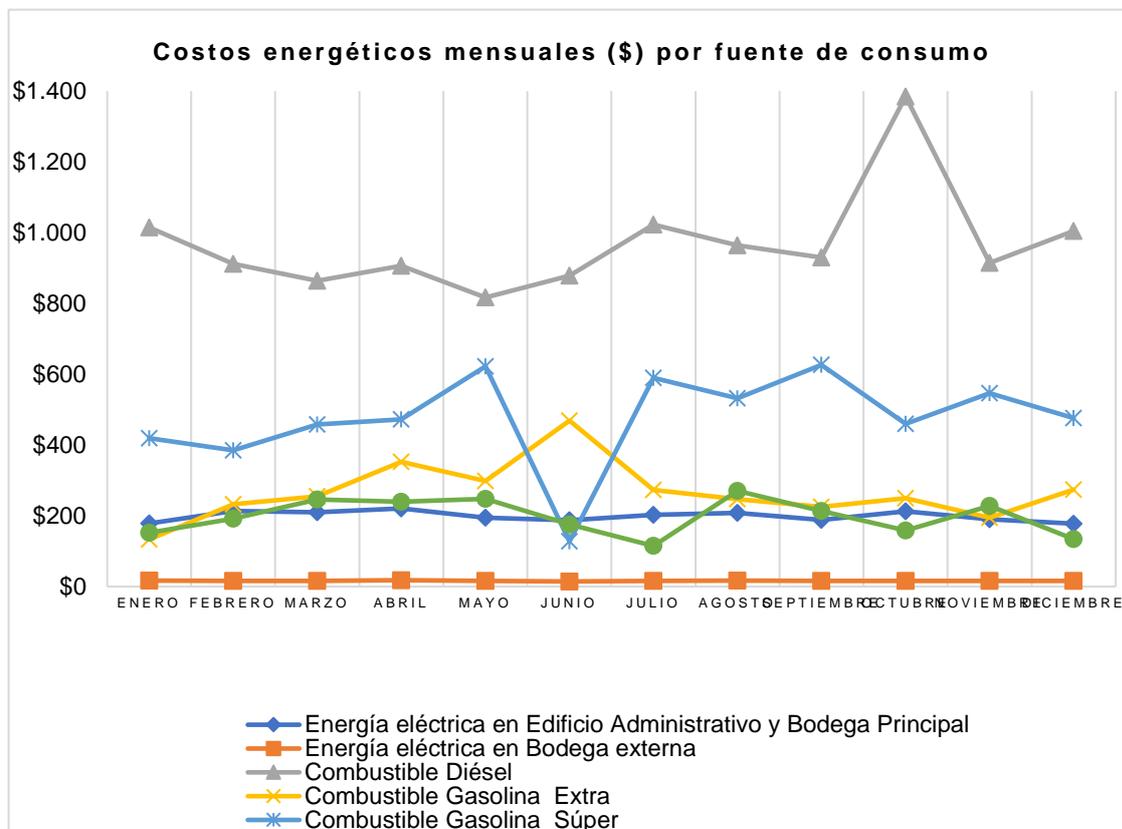
Costos energéticos mensuales (\$) por tipo de uso de energía



Como se observa en la figura 5, el transporte o el consumo de combustible fósil resultaron ser la principal fuente de gastos de consumo energético, la que representó el 80.56% de los gastos energéticos en el año base 2019, seguida por el consumo de energía eléctrica que representó el 10.12% y el consumo de lubricantes representó el 9.30%.

**Figura 6**

*Costos energéticos mensuales (\$) por fuente de consumo*



La principal fuente de consumo energético fue el diésel y el mes más demandante resultó ser el mes de octubre, lo que se justifica por ser un mes de temporada alta en producción de flores en toda la región sierra del Ecuador. La determinación de estos costos, junto con la identificación de USEs, fueron indispensables para diseñar el plan de reducción de consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> eq.

### **Sistema de Gestión Gases de Efecto Invernadero, ISO 14064-1**

#### ***Límites y alcances***

**Límites de la organización.** los límites organizacionales fueron definidos con enfoque de control financiero. La empresa tiene la capacidad de dirigir las políticas financieras, con miras a, obtener beneficios económicos de sus actividades. El proyecto contabiliza todas las emisiones de GEI de todos los procesos que gestiona.

Los límites organizacionales fueron todos los procesos de la empresa y la totalidad de sus instalaciones. incluyendo vehículos pertenecientes a la empresa.

**Límites del informe.** los límites del informe hacen referencia a las categorías de emisiones establecidas a través de norma ISO 14064-1 (ver apartado 4.3.4), estas fueron identificadas posterior al análisis de significancia de las emisiones de GEI.

**Definición de año base.** 2019

**Partes interesadas.** alta Gerencia y empleados en su totalidad. Las partes interesadas requirieron capacitación del Sistema Integrado de Gestión, y comunicación de los objetivos, metas y acciones dirigidas a la mejora del desempeño energético y la carbono neutralidad. Se abordó todos los requisitos de las partes interesadas, a través, de capacitaciones y entrega del Sistema de Gestión de Información que contiene, procedimientos, registros, formatos y toda la información necesaria para replicar, verificar y validar el Sistema Integrado de Gestión.

**Uso previsto.** Reducción de costo operativos energéticos y acceso al reconocimiento ambiental ecuatoriano Carbono Neutral.

**Objetivos y Metas.** junto con la Alta Dirección de la empresa fueron establecidos los siguientes objetivos, metas energéticas y carbono neutro:

- Ser carbono neutral en el año 2023
- Reducir el 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2023.
- Reducir el 15% del consumo energético para el año 2023, evaluado desde el año base 2019.
- Mejorar como mínimo el 5% del desempeño y la eficiencia energética de la empresa, cada año.
- Reducir el 10% de consumo energético de los indicadores USE (Uso significativo de energía), para el año 2023.

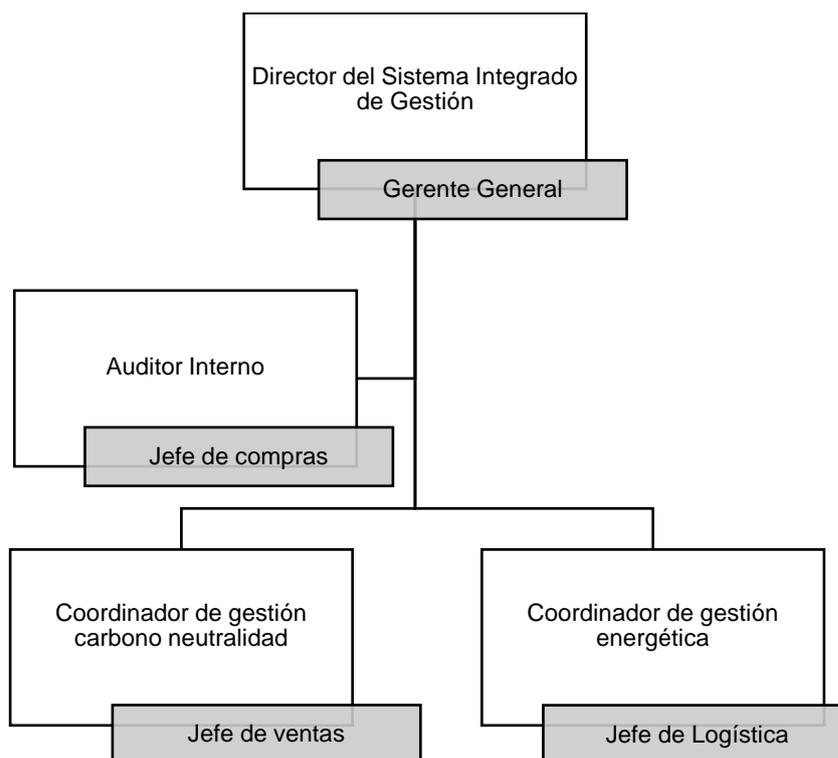
**Política energética y carbono neutro.** “AEME Cia. Ltda. empresa comprometida con el desarrollo sostenible del país, a través de la alta gerencia se compromete a:

- Cuantificar, reducir y compensar los Gases de efecto invernadero emitidos por la empresa, cada dos años y cumpliendo los lineamientos de la norma ISO14064-1.
- Ser una empresa carbono neutral y llegar a obtener el reconocimiento ecuatoriano ambiental Carbono Neutral, para el año 2023.
- Reducir el 15% del consumo energético para el año 2023.
- Asegurar la disponibilidad de información para alimentar el Sistema Integrado de Gestión energética y carbono neutro.
- Brindar y gestionar los recursos y capacitación necesaria para lograr objetivos y metas.
- Mejorar continuamente el Sistema Integrado de Gestión, bajo lineamientos de ISO 14064-1 e ISO 50001 y comunicar de sus cambios.
- Adquirir de productos y servicios con eficiencia energética.
- Implementar continuamente acciones dirigidas y diseño de estrategias que mejoren el desempeño energético.
- Mantener actualizado cada año, el Sistema de Gestión de Información.”

**Equipo de gestión del Sistema Integrado.** Fue necesario establecer un equipo que esté a cargo del cumplimiento y la mejora continua del Sistema integrado de gestión energética y carbono neutro.

## **Figura 7**

*Equipo de gestión del Sistema Integrado*



### ***Identificación de fuentes de emisión de gases de efecto invernadero***

Fueron identificadas 4 fuentes de emisión directa y 12 fuentes de emisión indirectas. Todas las emisiones directas deben ser consideradas en el inventario, mientras que las emisiones indirectas identificadas deben ser analizadas bajo un análisis de significancia.

Sin embargo, la normativa ISO14064-1:2018 (vigente en Ecuador desde 2020), permite excluir las emisiones de GEI que no son relevantes dentro del inventario. Los cilindros de Gas Licuado de Petróleo, GLP y los extintores de fuego fueron retirados del inventario debido que su magnitud de consumo es insignificante en costos y emisiones. La empresa consume menos de 3 cilindros de GLP al año, y los extintores son renovados por caducidad cada 2 años y no han sido utilizados durante el año base del inventario.

### ***Análisis de significancia de las emisiones indirectas de GEI***

Previo al análisis de significancia, se reconoció el objetivo principal del inventario el cual fue de acuerdo con el uso previsto del Sistema de Gestión Integrado:

Reducir los costos asociados al consumo de energía, y también acceder al reconocimiento ecuatoriano ambiental “Carbono Neutral”.

El Anexo 1 de esta investigación presenta la valoración de significancia de cada subcategoría de emisiones indirectas de GEI (ver Anexo 1).

Las emisiones indirectas consideradas como significativas y elegidas para el inventario de GEI fueron:

- Emisiones indirectas provenientes de energía eléctrica importada (de origen hidroeléctrico)
- Emisiones indirectas provenientes del uso de lubricantes de los vehículos de la organización

### ***Categorización de emisiones***

En la empresa AEME Representaciones y según los límites del informe se han determinado tres categorías, con una subcategoría en cada una de ellas.

Las emisiones directas de GEI, derivadas de la combustión móvil asociadas al consumo de energía de origen fósil para el transporte, fueron catalogadas en la Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI. Por otro lado, las emisiones por consumo de energía eléctrica fueron catalogadas en la Categoría 2: “Emisiones indirectas de GEI por energía importada”. Las emisiones indirectas causadas por el consumo de aceites y lubricantes en motores de 4 tiempos corresponden a la categoría 4. La siguiente tabla categoriza las emisiones directas e indirectas significativas de la organización (ver tabla 7).

**Tabla 7**

*Categorización, subcategorización y fuente de emisión*

Categoría	Subcategoría	Tipo de emisión	Fuente de emisión
-----------	--------------	-----------------	-------------------

Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI.	Emisiones directas de combustión móvil	Antropogénicas	- Combustión móvil. Consumo de Diésel (Transporte terrestre con catalizador) - Combustión móvil Consumo de Gasolina extra y super (Transporte terrestre con catalizador)
Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI por energía importada	Emisiones indirectas provenientes de energía eléctrica importada	Antropogénicas	Energía eléctrica
Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización	Emisiones provenientes de los productos comprados	Antropogénicas	- Lubricantes (aceites para motores)

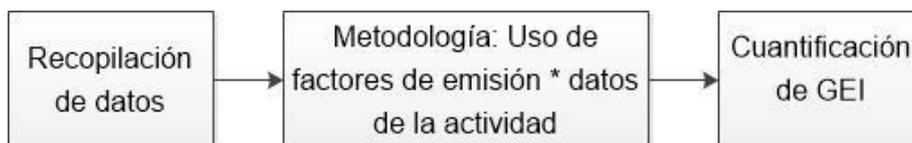
Nota. Fuente: (ISO,2018) modificado por el autor.

### **Cuantificación de Gases de efecto invernadero**

**Enfoque de cuantificación.** Todas las emisiones fueron seleccionadas con el mismo enfoque de cuantificación:

#### **Figura 8**

*Enfoque de cuantificación*



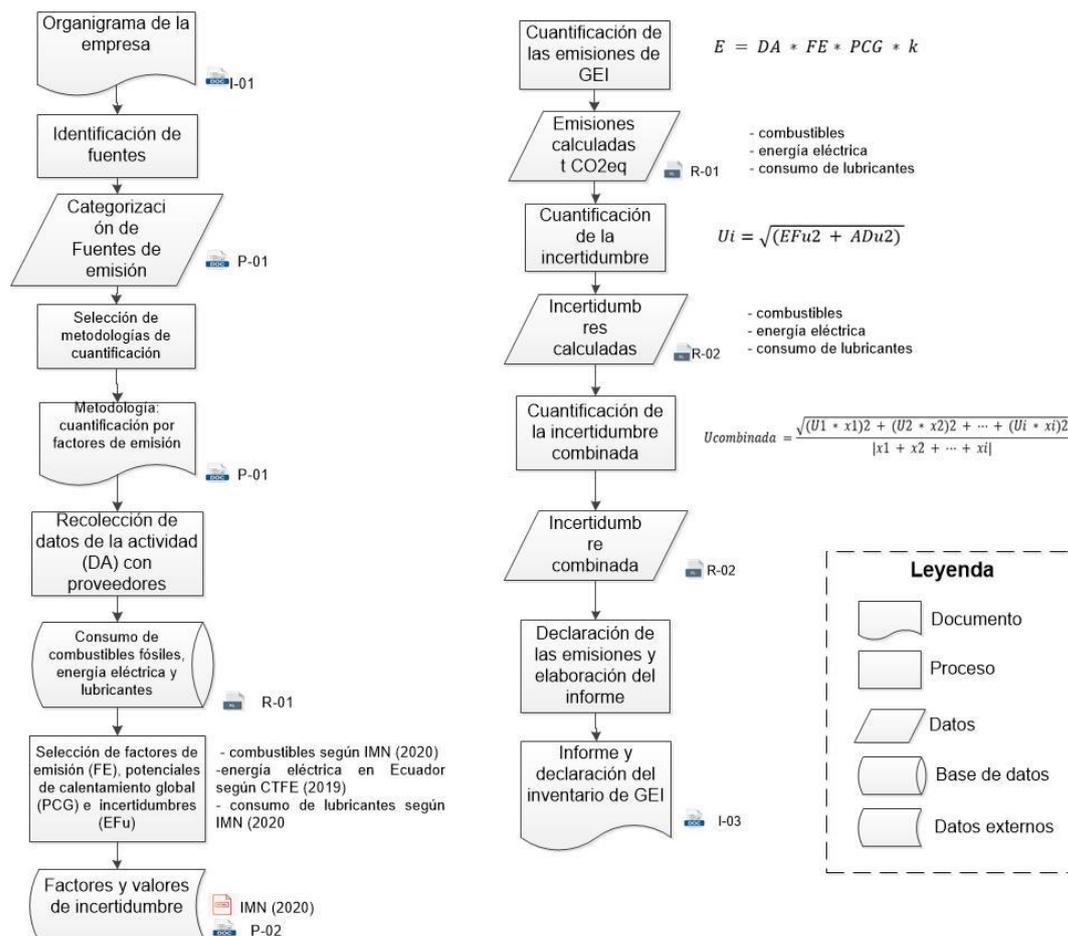
**Tipos de datos y flujo de datos.** Todos los datos fueron secundarios, ya que no son específicos del sitio, ni obtenidos directamente de la fuente, fueron datos de actividad estimados tomados en bases de datos reconocidas por el (IPCC, 2006a) y también

obtenidos a través de información de las empresas proveedoras de combustible, lubricantes y electricidad.

Se establecieron las actividades de los flujos de datos del inventario y fueron descritos, a través, del siguiente flujograma. El proceso de recopilación de información y de los flujos de datos inicia luego de la identificación de fuentes de emisión, posterior a esto se necesita recopilar datos de las actividades de emisión en lo posible de fuente primaria, o del sitio, si no es posible se procede a recopilar información de fuente secundaria o por defecto. El flujo de datos adicionalmente presenta el proceso para cuantificación del inventario e incertidumbres tanto parciales como combinadas, por exigencia de la normativa ISO14064-1, el flujo debe indicar la ubicación o el documento donde se obtiene la información y donde quedan reportadas las emisiones de GEI (ver figura 9).

## **Figura 9**

*Flujo de datos del inventario*



Los datos secundarios recolectados, pertenecen a datos de la actividad que permiten el cálculo de las emisiones de GEI. Para la categoría 1: emisiones y remociones directas de GEI por combustión móvil correspondiente al consumo de combustible diésel y gasolina los datos son registrados en galones, mientras que para la categoría 2: emisiones indirectas de GEI por energía importada, los datos fueron obtenidos en kWh. Finalmente, para la categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización, correspondiente al uso de lubricantes los datos por consumo de este producto fueron obtenidos en litros. Los datos de la actividad fueron obtenidos a través de facturas de proveedores y se clasificaron los datos por cada mes. (ver tabla 8).

**Tabla 8**

*Registro de datos por actividad*

Meses	Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI		Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI por energía importada	Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización
	Emisiones directas de combustión móvil.		Emisiones indirectas provenientes de energía eléctrica importada de origen hidroeléctrico.	Emisiones indirectas provenientes de los productos comprados.
	Volumen Diésel (gal)	Volumen Gasolina (gal)	Consumo Electricidad (kWh)	Volumen Uso de Lubricantes (L)
Enero	978.778	216.522	1850.90	33
Febrero	879.276	269.456	2138.05	38
Marzo	832.769	310.66	2111.07	57.46
Abril	874.104	365.705	2329.06	49
Mayo	787.586	368.507	1978.13	43.01
Junio	847.336	294.325	1924.88	38
Julio	986.561	332.501	2069.60	21
Agosto	929.247	313.673	2120.48	61.01
Septiembre	896.289	326.239	1945.60	41.25
Octubre	1030.768	276.085	2154.83	33
Noviembre	882.246	301.283	1957.79	46
Diciembre	968.796	312.329	1853.89	29.69
TOTAL	10893.756	3687.285	24434.27	490.42

**Cuantificación de emisiones de GEI.** La siguiente tabla presenta las emisiones obtenidas, a través, de la aplicación del modelo de cuantificación (ver figura 8), la que detalla que para el cálculo de las emisiones de GEI, se utilizó el método 1: cuantificación por uso de factores. En cumplimiento de la normativa ISO 14064-1 todas las emisiones de GEI, fueron reportadas por categoría y subcategoría, además las emisiones de GEI deben ser transformadas en t CO<sub>2</sub> eq. (ver tabla 9).

**Tabla 9**

*Emisiones de GEI del año 2019*

Categoría	Subcategoría	Fuente de emisión	Unidad de medida	Consumo total anual	Cantidad de t CO <sub>2</sub> e anual
Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI	Emisiones directas de combustión móvil.	Consumo de combustible Diésel (Transporte terrestre con catalizador)	litro	41237.33	107.7532
		Consumo de combustible Gasolina (Transporte terrestre con catalizador)	litro	13957.89	1521.521
Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI por energía importada	Emisiones indirectas provenientes de energía eléctrica importada de origen hidroeléctrico.	Consumo Electricidad	MWh	24.43427	11.0174
Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización	Emisiones indirectas provenientes de los productos comprados.	Uso de Lubricantes	litro	490.42	0.2502
Total de emisiones CO <sub>2</sub> eq					1640.54

En total en el año 2019, la empresa AEME Representaciones Cia. Ltda. ha emitido 1 640.54 t CO<sub>2</sub>e a la atmósfera, los cuales deberán ser reducidos y compensados para alcanzar el reconocimiento carbono neutral.

#### ***Incertidumbre del inventario***

La categoría 1, fue calculada cuantitativamente, no así, la categoría 2 y 4 que fueron calculadas de manera cualitativa, debido que las fuentes oficiales que declaran los factores utilizados no poseen cálculo de incertidumbre, siendo extremadamente difícil indagar en los datos y niveles de exactitud que dieron origen a los factores utilizados para categorías 2 y 4. Los valores de incertidumbre de los factores de emisión para diesel y gasolina se establecieron en la tabla (6), en esta se establecen

los límites inferiores y superiores de incertidumbre. La incertidumbre de los datos de la actividad para las dos fuentes de consumo de combustibles fue considerada a través de la toleración aceptada en la Norma Técnica Ecuatoriana de Surtidores para derivados líquidos de petróleo, NTE INEN 1 781:1991, la que permite una tolerancia de  $\pm 0,5 \%$  para volúmenes mayores a 5 litros en surtidores que se encuentran en condiciones normales de funcionamiento. Los valores obtenidos en el cálculo de incertidumbre para la categoría 1 fueron (ver tabla 10).

**Tabla 10**

*Incertidumbres parciales de la categoría 1*

Tipo de Incertidumbre	Tipo de GEI	Límite	Fuente de emisión	
			Diésel (Transporte terrestre con catalizador)	Gasolina (Transporte terrestre con catalizador)
Incertidumbre por factores (EFu)	CO <sub>2</sub>	Li	3.12 %	4.59 %
		Ls	3.19 %	5.89 %
	CH <sub>4</sub>	Li	-	74.00 %
		Ls	-	204.00 %
	N <sub>2</sub> O	Li	-	71.00 %
		Ls	-	173.00 %
Incertidumbre de datos de la actividad (ADu)	Li	Li	0.50 %	0.50 %
		Ls	0.50 %	0.50 %
Incertidumbre parcial (Ui)	CO <sub>2</sub>	Li	0.05 %	0.11 %
		Ls	0.05 %	0.17 %
	CH <sub>4</sub>	Li	-	27.38 %
		Ls	-	208.08 %
	N <sub>2</sub> O	Li	-	25.21 %
		Ls	-	149.65 %

Como se observa en la tabla 11, la incertidumbre parcial con mayor incertidumbre fue la correspondiente al metano y óxido nitroso proveniente del consumo de gasolina para transporte terrestre con catalizador. Los resultados de la incertidumbre combinada se reflejan en la siguiente tabla (ver tabla 11).

**Tabla 11***Incertidumbre combinada de la categoría 1.*

Parámetro	Tipo de GEI	Límite	Fuente de emisión	
			Diésel (Transporte terrestre con catalizador)	Gasolina (Transporte terrestre con catalizador)
Emisiones t CO <sub>2</sub> e anual (Xi)	CO <sub>2</sub>		107.75	31.14
	CH <sub>4</sub>			265.86
	N <sub>2</sub> O			1224.53
$(U_i * x_i)^2$	CO <sub>2</sub>	Li	0.00	0.00
		Ls	0.00	0.20
	CH <sub>4</sub>	Li	-	5298.58
		Ls	-	306022.32
	N <sub>2</sub> O	Li	-	95297.44
		Ls	-	3358063.97
<b>Incertidumbre combinada</b>	<b>CO, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O</b>	<b>Li</b>		<b>0.31%</b>
	<b>CO, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O</b>	<b>Ls</b>		<b>11.24%</b>

La incertidumbre combinada, a nivel de categoría 1 del inventario de GEI, fue del rango (0.31 % - 11.24 %). Para fines de esta investigación, y para compensación de las emisiones de GEI de la empresa, el rango de incertidumbre es aceptable; sin embargo, para futuros inventarios, el límite superior del rango de incertidumbre combinada, de preferencia no debe ser mayor al 5% de incertidumbre combinada. Las categorías 2 y 4 fueron evaluadas cualitativamente, tomando en criterio las fuentes de los factores de emisión, se consideró con baja incertidumbre, a la Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI por energía importada ya que, el factor de emisión para consumo de electricidad fue un factor de carácter nacional, oficializado y actualizado para el año del inventario. Mientras que, se consideró a la Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización, con moderada incertidumbre, debido que el factor de emisión para uso de lubricantes es de una fuente oficial, actual pero no nacional (factor de Costa Rica). La evaluación final de las incertidumbres por categoría son presentadas en la siguiente tabla (ver tabla 12).

**Tabla 12***Incertidumbre final del inventario de GEI*

Categoría	Subcategoría	Fuente de emisión	Tipo de incertidumbre	Incertidumbre final	
				Li	Ls
Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI	Emisiones directas de combustión móvil.	Diésel (Transporte terrestre con catalizador) Gasolina (Transporte terrestre con catalizador)	Cuantitativa	0.31%	11.24%
Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI por energía importada	Emisiones indirectas provenientes de energía eléctrica importada de origen hidroeléctrico.	Consumo Electricidad	Cualitativa	Incertidumbre Baja	
Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización	Emisiones indirectas provenientes de los productos comprados.	Uso de Lubricantes	Cualitativa	Incertidumbre Moderada	

De manera general, el inventario cualitativamente fue considerado con incertidumbre moderada.

**Sistema de Gestión de la Energía, ISO 50001*****Línea base energética***

La línea base energética generó información detallada al consumo energético, la siguiente tabla resume los resultados de la línea base energética.

**Tabla 13***Resumen línea base energética de instalaciones*

Tipo de uso de energía	Nombre	Unidad	Gasto energético kW/mes
<b>Equipos (proceso de producción)</b>	Cafetera	1	10.5
	Calculadora	4	30
	Servidor CPU	1	960
	CPU, teclado, mouse	12	88.8
	detector de humo	1	1.08
	Disco duro	3	1.512
	Ducha	4	46.8
	DVD	1	0.075
	Impresora	7	7.797
	Microondas	1	7.2
	Modem	4	8.64
	monitor	12	39.42
	parlantes	7	31.46
	Laptop	1	2.88
	Puertos	5	47.52
	Refrigerador	1	82.8
	Regleta Supresora de Picos	1	1.8
	secador de manos	1	7.5
	Servidor	1	19.44
	Teléfono	11	0.9525
<b>Iluminación</b>	Televisor	2	0.6
	bombilla fluorescente	4	2.25
	bombilla incandescente	11	5.7
	Dicroico Incandescente	68	90.5625
	foco industrial para galpón	11	297
	foco redondo led	2	0.225
	foco tipo tortuga	5	9
	Panel Led empotrable	18	7.875
	panel led no empotrable	2	0.21
	tubo lámpara fluorescente	31	16.8
tubo lámpara incandescente	38	84.255	

La línea base energética para el parque automotor se generó con el uso de los registros de consumo de combustible fósil obtenidos por los cortes de consumo brindados por la empresa proveedora del producto. La siguiente tabla resume la línea base energética para el parque automotor (ver tabla 14).

**Tabla 14**

*Resumen línea base energética de transporte*

Tipo de uso de energía	Tipo de vehículo	Combustible consumido	Cantidad consumido (galón) año	Kilometraje recorrido
Transporte	Automóvil PCPxxxx	Super	80.48	2806.7
	Camión PCSxxxx	Diesel	2020.93	13384471
	Automóvil PCUxxxx	Extra	71.95	132911
	Camión PCUxxx4	Diesel	2504.41	19803636
	Automóvil PDCxxxx	Extra y Súper	821.76	312270
	Camión PDGxxxx	Diesel	2423.52	8417805
	Camión PDGxxx0	Diesel	2442.99	7878909
	Camión PDMxxxx	Diesel	1457.27	22407392
	VARIOS-CAN	Diesel, Extra y Súper	2077.02	414147

Como se observa en la tabla 15, el registro de tipo de vehículos VARIOS-CAN, no puede ser categorizado en un tipo específico, debido que el consumo de este combustible no fue categorizado por la placa del vehículo, siendo esto un punto de mejora en los siguientes registros del sistema de gestión integrado.

### **Indicadores de desempeño energético**

La siguiente tabla refleja los IDEn calculados y normalizados (Z) para uso de energía en equipos e iluminación por área ( ver tabla 15).

**Tabla 15**

#### *Indicadores de desempeño energético de equipos e iluminación por área*

Piso	Área	IDEn Ce/S Iluminación	IDEn Ce/S equipos	IDEn Ce/Em	IDEn Ce/Ht	IDEn Z Ce/S Iluminación	IDEn Z Ce/S Equipos	IDEn Z Ce/Em	IDEn Z Ce/Ht
P1	Sala de Reuniones 1	0.2006	0.021	0.7	3.6	0.029	0.00003	0.00064	0.00169
P1	Recepción	1.4249	0.005	26.0	3.2	0.217	0.00000	0.00064	0.00153
P1	Cafetería	0.1976	5.122	5.5	5.5	0.028	0.00953	0.00013	0.00258
P1	Gerencia Administrativa	0.8430	0.066	5.2	1.3	0.128	0.00011	0.00093	0.00061
P1	Compras	0.2376	2.234	17.5	2.2	0.035	0.00415	0.00055	0.00103
P1	Contabilidad	0.6055	0.236	9.6	2.4	0.091	0.00043	0.00007	0.00113

P2	Gerencia Comercial	0.1195	0.117	1.6	0.8	0.016	0.000 21	0.001 48	0.000 37
P2	Hall	1.1449	-	3.2	1.6	0.174	-	0.003 03	0.000 76
P2	Cartera	1.5857	2.545	36.0	9.0	0.242	0.004 73	0.034 10	0.004 26
P2	Baño 1	0.6641	-	1.3	0.6	0.100	-	0.001 17	0.000 29
P3	Archivo Ventas	0.1239	-	0.8	0.4	0.017	-	0.000 75	0.000 19
P3	Ventas	0.4482	-	3.3	0.8	0.067	-	0.003 13	0.000 39
P3	Hall	0.0136	-	0.0	0.0	0.000	-	0.000 00	0.000 00
P3	Baño 2	0.0457	-	0.2	0.1	0.005	-	0.000 10	0.000 02
P3	Departamento Técnico 1	0.9980	1.629	17.8	6.7	0.152	0.003 02	0.016 90	0.003 17
P3	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	Archivo pasivo	0.3158	-	4.7	2.4	0.047	-	0.004 46	0.001 11
P4	Bodega cafetería	0.1995	-	0.6	0.6	0.029	-	0.000 49	0.000 26
P4	Archivo 1	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	Baño 3	0.0143	-	0.1	0.1	0.000	-	0.000 01	0.000 02
P4	Departamento Técnico 2	6.5024	5.508	99.7	12.5	1.000	0.010 25	0.094 61	0.005 91
P5	Baño 5	0.8876	-	3.0	3.0	0.135	-	0.002 81	0.001 41
P5	Archivo 2	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	Gerencia General	0.6012	1.027	24.8	4.1	0.091	0.001 90	0.023 49	0.001 95
P5	Hall servidores	0.1126	-	0.8	0.8	0.015	-	0.000 67	0.000 35
P5	servidores	0.2296	537.1 29	1053 .2	2106 .4	0.033	1.000 00	1.000 00	1.000 00
P5	Sala de Reuniones 2	0.1521	0.124	1.1	2.7	0.021	0.000 22	0.000 99	0.001 28
Bodega	Bodega	0.0488	-	2.4	1.2	0.005	-	0.002 24	0.000 56
Bodega	Oficina Bodega	0.0482	2.982	33.9	4.2	0.005	0.005 54	0.032 18	0.002 00
Bodega	Baño 6	0.0888	-	0.3	0.7	0.012	-	0.000 28	0.000 31
Bodega	Cocina	0.2455	4.545	11.9	47.4	0.036	0.008 45	0.011 22	0.022 51

Para observar los valores de cálculo completos, como superficie, número de trabajadores, número de hora trabajadas por área, consumo energético (ver Anexo 5). Por otro lado, los IDEn de transporte obtenidos para uso de energía, se refleja en la siguiente tabla (ver tabla 16).

**Tabla 16**

*Indicadores de desempeño energético de transporte por vehículo*

Tipo de vehículo	IDEn Ce/Tt	IDEn Ce/D	IDEn Z Ce/Tt	IDEn Z Ce/D
Vehículo PCPxxxx	NA*	0.028674	NA	1
Camión PCSxxxx	1.34	0.000151	0	0.003
Vehículo PCUxxxx	NA	0.000541	NA	0.0166
Camión PCUxxx4	2.48	0.000126	0.258182988	0.0021
Vehículo PDCxxxx	NA	0.002632	NA	0.0897
Camión PDGxxxx	4.71	0.000288	0.759672836	0.0078
Camión PDGxxx0	4.75	0.000310	0.768193138	0.0086
Camioneta PDMxxxx	5.78	0.000065	1	0

*Nota.* No se aplicó el indicador debido que estos vehículos no transportan carga

Para observar los valores de cálculo completos como distancia recorrida por vehículo y toneladas transportadas (ver Anexo 6).

### **Cuantificación de iluminancia**

La siguiente tabla refleja el porcentaje de déficit o exceso de iluminancia real por tipo de espacios (ver tabla 17).

**Tabla 17**

*Déficit o exceso de iluminancia por área*

Piso	Subárea	Iluminancia promedio, lux	Déficit o exceso de iluminancia, Rlux %
P1	Sala de Reuniones 1	627.5	25.5
P1	Recepción	1025	105.0
P1	Cafetería	273.5	-8.8
P1	Gerencia Administrativa	350	-53.3
P1	Compras	560	-25.3
P1	Contabilidad	292	-61.1
P2	Gerencia Comercial	82.5	-89.0
P2	Hall	472.5	215.0
P2	Cartera	550	-26.7
P2	Baño 1	147.5	47.5
P3	Archivo Ventas	200	33.3
P3	Ventas	655	-12.7

P3	Hall	102.5	-48.8
P3	Baño 2	750	650.0
P3	Departamento Técnico 1	615	-18.0
P3	NV	102.5	-48.8
P4	Archivo pasivo	385	156.7
P4	Bodega cafetería	300	100.0
P4	Baño 3	24	-76.0
P4	Departamento Técnico 2	400	-46.7
P5	Baño 5	33.5	-66.5
P5	Archivo 2	27.5	-81.7
P5	Gerencia General	865	15.3
P5	Hall servidores	179	-10.5
P5	Servidores	170	-77.3
P5	Sala de Reuniones 2	190	-62.0
Bodega	Bodega	225	50.0
Bodega	Oficina Bodega	280	-44.0
Bodega	Baño 6	210	110.0
Bodega	Cocina	367.5	22.5

### **Usos Significativos de Energía**

Se analizó el consumo energético anual, se transformó el consumo a porcentajes por categoría y se seleccionaron los consumos más altos, como USE. La siguiente tabla determina los Usos Significativos de Energía por el consumo energético (ver tabla 18).

**Tabla 18**

*Uso significativo de energía según consumo energético*

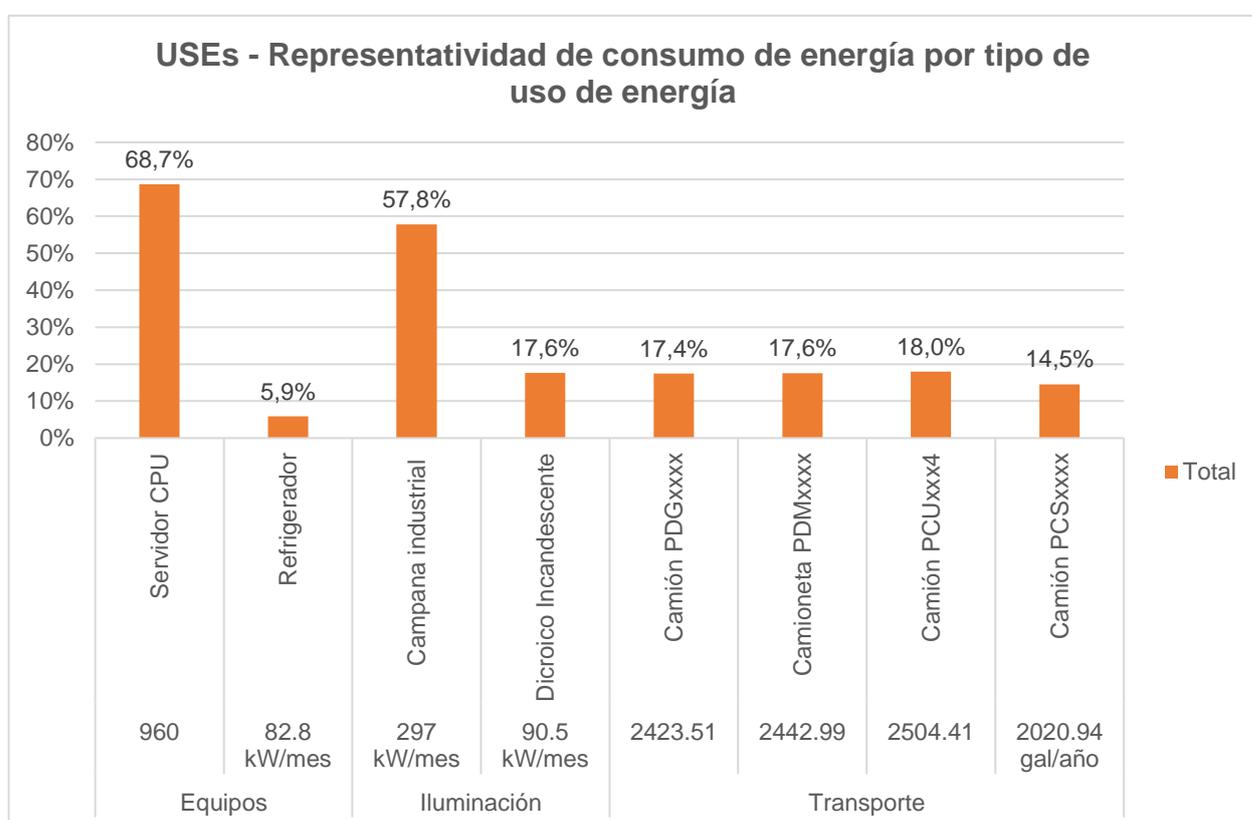
Tipo de uso de energía	USE	Unidad	Gasto energético	% del total por tipo de uso de energía	Personas que controlan su consumo
Equipos	Servidor CPU	1	960 kW/mes	68.7	Técnico externo de sistemas
	Refrigerador	1	82.8 kW/mes	5.9	Todos los trabajadores
Iluminación	Dicroico Incandescente	68	90.5 kW/mes	17.6	Todos los trabajadores
	Campana industrial	11	297 kW/mes	57.79	Todos los trabajadores de logística
Transporte	Camión PCSxxxx	1	2020.94 gal/año	14.54	Jefe de logística y chofer

Camión PCUxxx4	1	2504.41 gal/año	18.02	Jefe de logística y chofer
Camión PDGxxxx	1	2423.51 gal/año	17.43	Jefe de logística y chofer
Camioneta PDMxxxx	1	2442.99 gal/año	17.57	Jefe de logística y chofer

A continuación, se presentan los USEs que requirieron planificación de acciones para su reducción de consumo ( ver figura 11).

### Figura 10

USEs - Representatividad de consumo de energía por tipo de uso de energía



Como se observa en la tabla 18 y figura 11, en el caso de equipos e iluminación existieron dos tipos utilitarios que consumen mayor cantidad de energía, sobrepasando al 50% del consumo por cada categoría. En el caso de categoría equipos, el CPU de los servidores, consumió el 68.7% de energía gastada, mientras que, en iluminación, las luminarias tipo campana industrial consumieron el 57.79% de

energía consumida para iluminar. Por otro lado, en transporte, ningún vehículo supera el 18.02% de consumo de combustible fósil, por lo que se consideró como usos significativos a los 4 camiones que sobrepasan el gasto del 14% del total en esta categoría.

Los IDEN Z (Indicadores de desempeño energético normalizados) con valores más altos, identificados como USE (usos significativos de energía) por área y por vehículo son:

**Tabla 19**

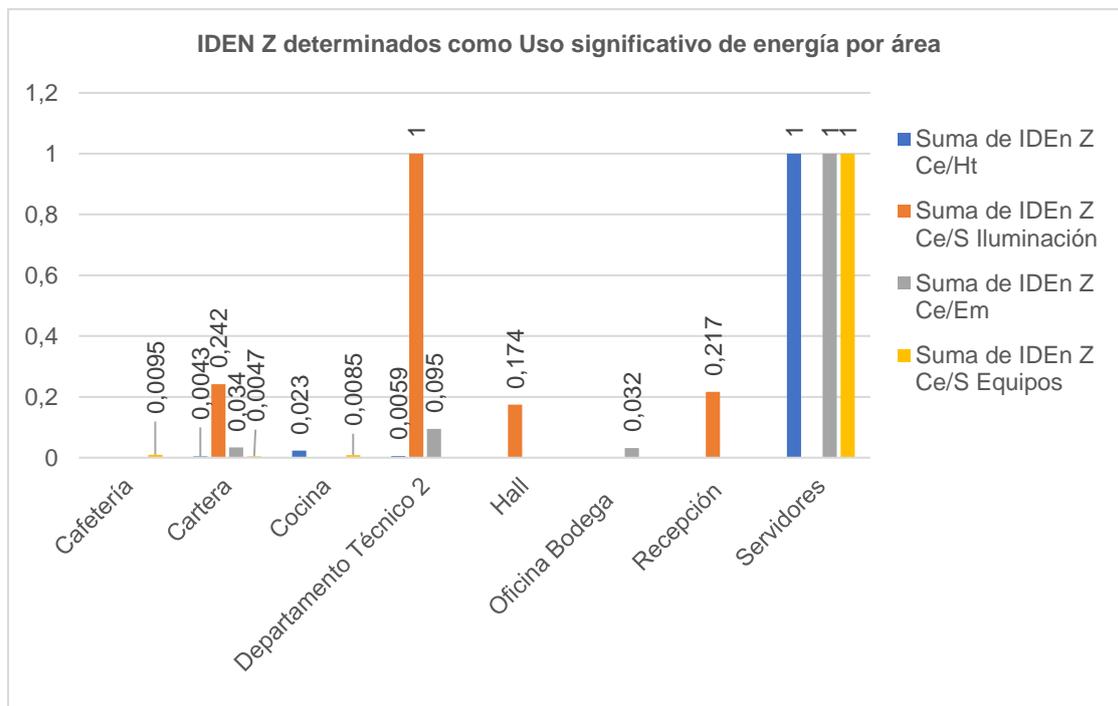
*Uso significativo de energía por área según valores IDEN Z*

PISO	USE - Área	IDEN Z Ce/S Iluminación	IDEN Z Ce/S Equipos	IDEN Z Ce/Em	IDEN Z Ce/Ht	Personas que controlan su consumo
P1	Recepción	0.217	-	-	-	Recepcionista
P1	Cafetería		0.0095	-	-	Todos los trabajadores
P2	Hall	0.174	-	-	-	Todos los trabajadores
P2	Cartera	0.242	0.0047	0.034	0.0043	Todos los trabajadores de cartera
P4	Departamento Técnico 2	1.000		0.095	0.0059	Gerente
P5	Servidores	-	1.00	1.00	1.00	Técnico externo de sistemas
Bodega	Oficina Bodega	-	-	0.032	-	Jefe de logística
Bodega	Cocina	-	0.0085	-	0.023	Todos los trabajadores

La siguiente figura permite visualizar de mejor manera los resultados de la tabla 19, se identifican los IDENs normalizados y establecidos en un rango de 0-1 (ver figura 12).

**Figura 11**

*IDEN Z determinados como Uso significativo de energía por área*



La tabla 19 y figura 12 reflejan los resultados de identificación de los principales USEs determinados, a través, de diferentes Indicadores de desempeño energético. Cartera ha sido identificada como el área con mayor número de IDEN Z, lo que indica que se debe priorizar su optimización energética por uso de iluminación, tiempo de uso de equipos, número de empleados y horas trabajadas, sin embargo, el área de servidores presenta tres IDEN Z con el valor más alto (1), lo que representa el área con mayor gasto de consumo energético. El Departamento técnico resultó ser el área con mayor gasto por iluminación, mientras que recepción, cafetería, bodega y hall solo presentan un IDEN Z con valores altos, sin embargo, están considerados como áreas USEs.

Además, fueron identificados los USE por vehículo según los IDEN normalizados (ver tabla 20).

**Tabla 20**

*Uso significativo de energía por vehículo según valores IDEN Z*

Tipo de vehículo	Combustible consumido	IDEN Z Ce/Tt	IDEN Z Ce/D	Personas que controlan su consumo
Vehículo PCPxxxx	Super		1	Chofer
Vehículo PDCxxxx	Extra y Súper		0.09	Chofer
Camión PDGxxx0	Diesel	0.77		Jefe de logística y chofer
Camioneta PDMxxxx	Diesel	1		Jefe de logística y chofer

Los USE más destacados por vehículos, analizados a través de los IDEN, reflejan que el vehículo PCPxxxx y el camión PDGxxx0 representaron los principales gastos energéticos por consumo de combustible fósil.

Finalmente, se consideraron USE por iluminancia real en lux (ver tabla 21). Debido que, las normas de luminancia estandarizan los valores mínimos de lux por espacios, fueron considerados como usos significativos de energía, a los porcentajes mayores al 150%, fueron identificados 3 IDEN por luminancia.

**Tabla 21**

*Uso significativo de energía por iluminancia real*

Piso	USE por luminancia	Rlux exceso %	Personas que controlan su consumo
P2	Hall	215.0	Todos los trabajadores
P3	Baño 2	650.0	Todos los trabajadores
P4	Archivo pasivo	156.7	Todos los trabajadores de contabilidad

Todos estos resultados sirvieron de apoyo al plan de reducción del Sistema Integrado de Gestión Carbono Neutro y Gestión de la energía.

### **Riesgos y Oportunidades**

Los USE e IDEn, permitieron identificar oportunidades de mejora de desempeño energético y mejora en el confort lumínico. Para cada USE se identificó una oportunidad de mejora (ver tabla 22).

**Tabla 22**

*Oportunidades de mejora por uso significativo de energía*

Tipo USE	USE	Oportunidad de mejora
Equipos	Servidor CPU	Cambio de equipo
	Refrigerador	Cambio de equipo o dar de baja
Iluminación	Dicroico Incandescente	Cambio por luces led
	Campana industrial	Cambio por panel led
Transporte	Camión PCSxxxx	Cambio a combustibles ecológicos, reordenación de rutas y eficiencia de carga
	Camión PCUxxx4	Cambio a combustibles ecológicos, reordenación de rutas y eficiencia de carga
	Camión PDGxxxx	Cambio a combustibles ecológicos, reordenación de rutas y eficiencia de carga
	Camioneta PDMxxxx	Cambio a combustibles ecológicos, reordenación de rutas y eficiencia de carga
	Vehículo PCPxxxx	Cambio a combustibles ecológicos y planificación de salida.
	Vehículo PDCxxxx	Cambio a combustibles ecológicos y planificación de salida.
	Recepción	Cambio por luces led
Área	Cafetería	Cambio por luces led y cambio de equipos
	Hall	Cambio por luces led y cambio de equipos. Reducir el exceso de lux.
	Cartera	Cambio por luces led y cambio de equipos
	Departamento Técnico 2	Cambio por luces led
	Servidores	Cambio de equipos
	Oficina Bodega	Cambio de equipos y uso adecuado
	Cocina	Uso adecuado de luminarias y equipos
	Parqueadero	Cambio por luces led

Archivo pasivo	Cambio por luces led, reducir el exceso de lux
Baño 2	Cambio por luces led, reducir el exceso de lux

Además, el análisis costo/beneficio permitió evaluar la inversión de cambio de tecnología y acciones dirigidas, para la determinación de estos cambios como riesgos u oportunidades a nivel monetario (ver apartado 4.10)

### Modelación 3D y simulación energética

Fueron trazados 6 planos, uno por cada piso y 1 de la bodega principal. Para visualizar los planos, ver anexo 7. Del proceso resultaron plantas en formato .dwg de AutoCAD para la importación en SketchUp.

El modelo constructivo de la infraestructura en 3D realizado en SketchUp 2019, 19.3.253.135 y OpenStudio Application, versión 1.1.0, resultó contener 39 recintos o espacios, 352 superficies y 64 subsuperficies exteriores, 7 tipos de horarios y cargas térmicas, 13 tipos de espacios, etc. (ver figura 13).

### Figura 12

*Tipos de variables geométricas y recursos del modelo 3D*

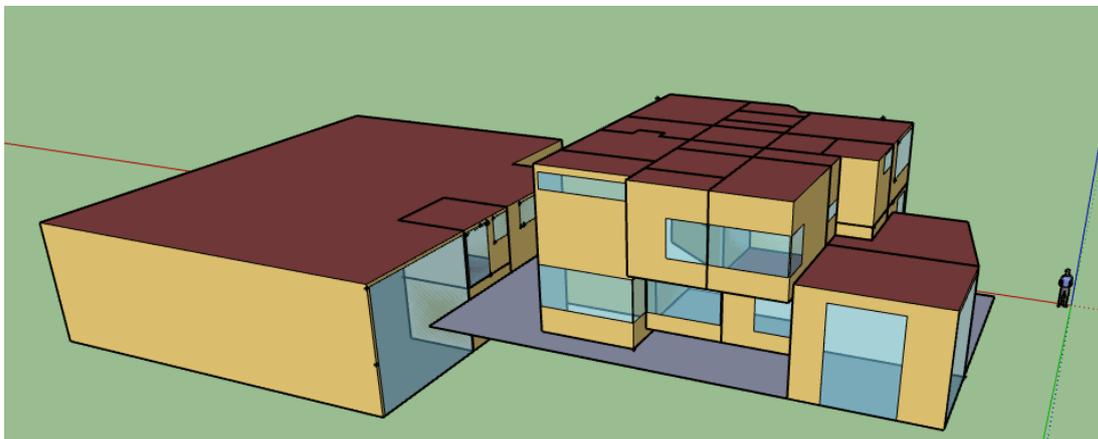
<b>OpenStudio Geometry</b>
OS:Building (1)
OS:Facility (1)
OS:InteriorPartitionSurface (0)
OS:InteriorPartitionSurfaceGroup (0)
OS:ShadingSurface (0)
OS:ShadingSurfaceGroup (2)
OS:Space (39)
OS:Surface (352)
OS:SubSurface (64)
OS:ShadingControl (0)
OS:WindowProperty:FrameAndDivider (6)
<b>OpenStudio HVAC</b>
OS:ThermalZone (39)
<b>OpenStudio Resources</b>
OS:BuildingStory (22)
OS:DefaultConstructionSet (7)
OS:DefaultScheduleSet (7)
OS:DefaultSubSurfaceConstructions (14)
OS:DefaultSurfaceConstructions (21)
OS:Rendering:Color (163)
OS:SpaceType (13)

Nota. Obtenido de OpenStudio Inspector

El modelo constructivo 3D final puede ser visualizado en la siguiente figura, (ver figura 14).

### Figura 13

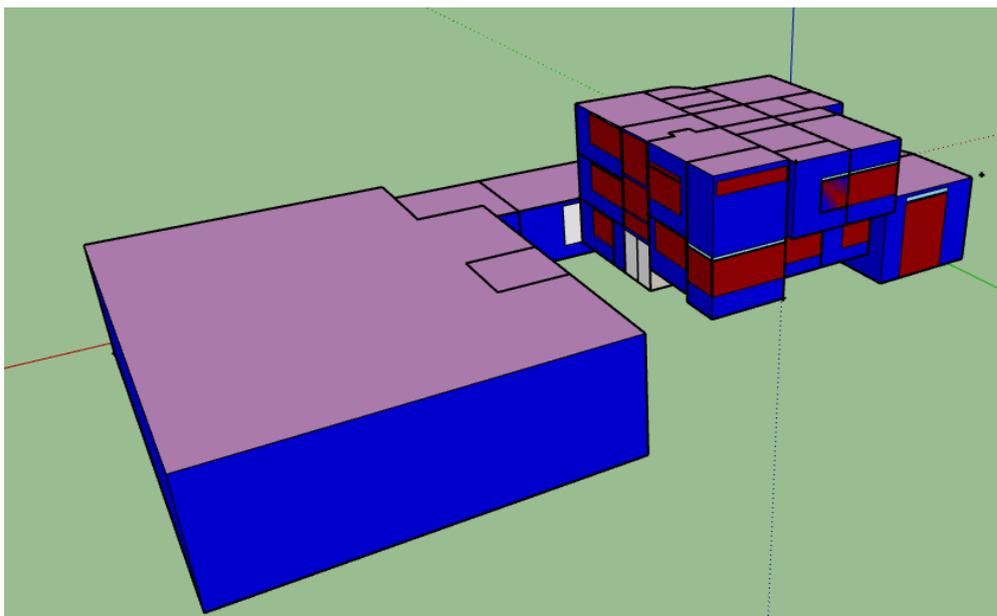
*Modelo constructivo 3D final*



El edificio modelado en 3D pudo ser visualizado de acuerdo a las diferentes variables analizadas por el plugin OpenStudio para la caracterización térmica y simulación energética, la figura 31, representa el modelo obtenido por tipo de construcción, la figura 15 representan las diferentes zonas térmicas modeladas.

### Figura 14

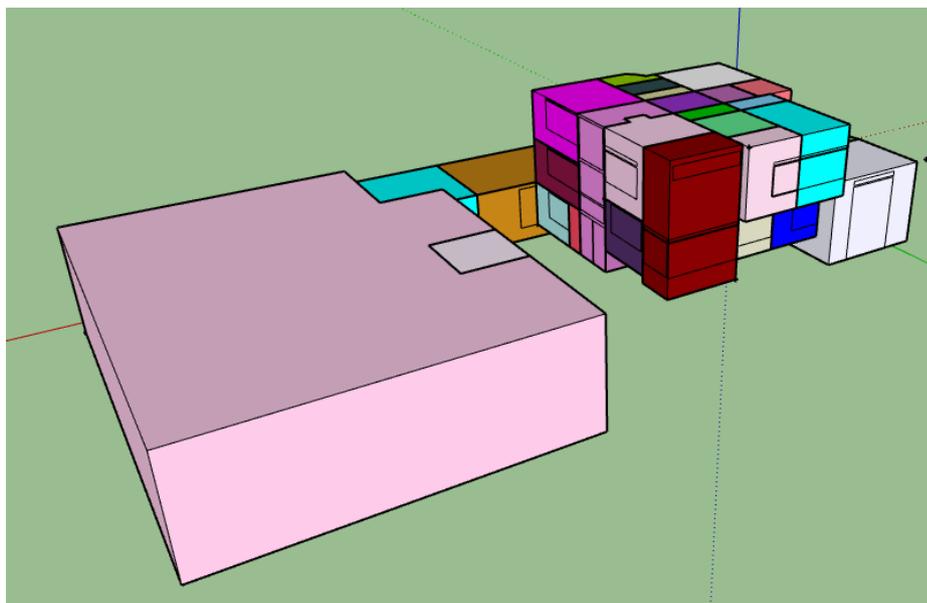
*Modelo por tipo de construcción*



La figura 15 permite visualizar los diferentes tipos de construcciones ingresados en el modelo, puertas (color blanco), ventanas (color rojo), paredes (color azul), techos (color violeta), persianas (color celeste).

### Figura 15

*Modelo por zonas térmicas modeladas*



Como resultado se obtuvieron 39 zonas térmicas asignadas en el proceso de simulación energética, para simular energéticamente fue necesario ingresar al OpenStudio lightining simulation e ingresar Indicadores de desempeño energético obtenidos del Sistema de gestión energético basado en ISO 50001, estos indicadores fueron ingresadas como características de cargas térmicas en el simulador de OpenStudio. Se obtuvieron, 9 zonas reportadas como susceptibles de mejora del confort térmico, 7 zonas debido a un exceso de carga térmica interna sensible y 2 por carga térmica interna latente, estos resultados brindaron apoyo y soporte en el diseño de los planes de reducción de emisiones de GEI y optimización energética, la siguiente tabla determina las zonas térmicas susceptibles de mejora (ver tabla 23).

**Tabla 23***Zonas térmicas reportadas como susceptibles de mejoramiento térmico*

Zona térmica	Tipo de espacio	Tipo de carga térmica identificada para reducción	Valor carga térmica en $\frac{W}{m^2}$ de 8-15 horas de ocupación del espacio	Valor de densidad de fuente interna ideal para perfil ocupacional "residencial" y/o "oficinas"
Recepción	Espacio tipo oficina EN 16798	Carga térmica interna sensible	0,78	0,54
Cafetería	Espacio tipo Viv Plurif EN 16789	Carga térmica interna latente	0,54	0,34
Hall	Espacio tipo terciario 8h Alta CTE	Carga térmica interna sensible	0,69	0,54
Cartera	Espacio tipo oficina EN 16798	Carga térmica interna sensible	1,02	0,54
Sala de reuniones 1	Espacio tipo oficina EN 16798	Carga térmica interna sensible	1,28	0,54
Departamento Técnico 2	Espacio tipo oficina EN 16798	Carga térmica interna sensible	0,71	0,54

Servidores	Espacio tipo terciario 8h Baja CTE	Carga térmica interna sensible	0,70	0,54
Oficina Bodega	Espacio tipo oficina EN 16798	Carga térmica interna sensible	0,61	0,54
Cocina	Espacio tipo Viv Plurif EN 16789	Carga térmica interna latente	0,67	0,34

El valor de densidad de fuente interna ideal fue obtenido de los perfiles de uso normalizados de los edificios del Documento Básico de Ahorro de Energía, DBHE (Ministerio del Fomento , 2019).

### Plan de reducción de emisiones de GEI y energía

Se estableció como meta de reducción general mínima el 5% de las emisiones de GEI totales evaluadas en el año base, que son 82.03 t CO<sub>2</sub>e de las 1640.54 t CO<sub>2</sub>e del año base. Adicionalmente, se consideró un 0.5% de reducción de emisiones adicionales, equivalentes a 8.20 t CO<sub>2</sub>e como valor techo de prevención de incumplimiento.

La siguiente tabla resume el plan de reducción estratégica de emisiones de Gases de efecto invernadero y reducción de consumo de energía, ver tabla 24.

**Tabla 24**

#### *Plan de reducción de Gases de Efecto Invernadero y optimización energética*

Objetivo de reducción t CO <sub>2</sub> e	USES	Metas	Actividades, estrategia de reducción y/o metodología de reducción	Responsables	Indicadores de reducción	Intervalo de evaluación del indicador	Costo de implementación anual
Reducción de 8.20 t CO <sub>2</sub> e por consumo de energía eléctrica, que representa el 0.5 % de las	Recepción, cafetería, hall, cartera, departamento técnico 2, servidores, oficina bodega,	0.2 % de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Instalación de reguladores de intensidad de iluminación e interruptores de presencia, utilizando la domótica como herramienta que facilite el ahorro de energía.	Jefe de compras	IDEn Ce/S Iluminación y carga térmica en W/m <sup>2</sup>	semestral	\$850

emisiones totales del año base.	cocina, archivo pasivo, baño 2.	0.05% de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Cambio de iluminación por etapas: elección de nivel de lux, tipo de lámpara y luminaria, disposición de luminarias y verificación de reducción.	Jefe financiero	IDEn Ce/S Iluminación y carga térmica en W/m <sup>2</sup>	trimestral	\$320
		0.02% de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Plan de mantenimiento preventivo de luminarias	Jefe financiero	IDEn Ce/S Iluminación y carga térmica en W/m <sup>2</sup>	trimestral	\$100
		0.15% de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Instalación de interruptores con pulsadores dotados de temporización.	Jefe de compras	IDEn Ce/S Iluminación y carga térmica en W/m <sup>2</sup>	semestral	\$300
		0.08% de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Capacitación de ahorro y eficiencia energética en equipos de oficina	Jefe financiero	IDEns: Ce/S Iluminación, Ce/S equipos, Ce/ Em, Ce/ Ht y carga térmica en W/m <sup>2</sup>	semestral	\$200
Reducción de 4.10 t CO <sub>2</sub> e por consumo de energía eléctrica, que representa el 0.25 % de las emisiones totales del año base.	Servidor CPU, refrigerador	0.5% de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Adquisición y cambio de equipos con alto consumo energético, todos los proveedores deben enfocar el desempeño energético como criterio de evaluación para la adquisición.	Jefe financiero	IDEns: , Ce/S equipos, Ce/ Ht y carga térmica en W/m <sup>2</sup>	anual	\$400
Reducción de 4.10 t CO <sub>2</sub> e por consumo de energía eléctrica, que representa el 0.25 % de las emisiones totales del año base.	Dicroico Incandescente, campana industrial	-	Cambio de iluminación por etapas: elección de nivel de lux, tipo de lámpara y luminaria, adquisición y disposición de nuevas luminarias.	Jefe de compras	% del total de consumo por iluminación	trimestral	Gasto ya contemplado
Reducción de 73.82 t CO <sub>2</sub> e por consumo de combustible fósil que representa el 4.5 % de las emisiones totales del año base.	Camiones: PCSxxxx, PCUxxx4, PDGxxxx	1% de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Reordenación de rutas y eficiencia de carga.	Jefe de logística	IDEns: Ce/Tt, Ce/D	mensual	-
			Incorporación de un Sistema de Gestión de flotas informático	Jefe de logística		trimestral	\$700
	Camioneta PDMxxxx	0.5% de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Cambio a megacamión	Jefe de logística	IDEns: Ce/Tt, Ce/D	mensual	\$30000 (descartado por alto costo)
	Vehículo PCPxxxx y PDCxxxx	0.5 % de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Planificación del mantenimiento de vehículos	Jefe de logística		mensual	ya contemplado en la actualidad solo se necesita gestionar de mejor manera
	Todos los vehículos	2 % de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Todos los vehículos diesel de menos de 10 años pueden utilizar carburantes verdes sin necesidad de ajustes en el motor.	Jefe de logística	IDEns: emisiones/vehículo	mensual	\$2000 adicionales al gasto actual
	Todos los vehículos	0.5 % de emisiones de CO <sub>2</sub> e en 1 año	Capacitación de conducción eficiente	Jefe de logística		semestral	\$200

El plan de reducción fue diseñado en base al 5% de reducción de emisiones que exige el Acuerdo Ministerial 264, sin embargo, las acciones de reducción tienen un potencial de reducción de costos de consumo energético mucho más elevado. A

continuación, se presenta la capacidad de ahorro de costos energéticos por cada acción de reducción ejecutada (ver tabla 25).

**Tabla 25**

*Capacidad de ahorro de costos energéticos por ejecución de acciones dirigidas*

<b>USEs</b>	<b>Tipo de USE</b>	<b>Actividades, estrategia de reducción y/o metodología de reducción</b>	<b>Capacidad de reducción de costos energéticos (Valores estimados)</b>	<b>Total % capacidad de ahorro de costos energéticos (Valores estimados)</b>
Recepción, cafetería, hall, cartería, departamento técnico 2, servidores, oficina bodega, cocina, archivo pasivo, baño 2.	Consumo de energía eléctrica en espacios	Instalación de reguladores de intensidad de iluminación e interruptores de presencia, utilizando la domótica como herramienta que facilite el ahorro de energía.	10%	45% de ahorro de costos energéticos por consumo de energía eléctrica
		Cambio de iluminación por etapas: elección de nivel de lux, tipo de lámpara y luminaria, disposición de luminarias y verificación de reducción.	20%	
		Plan de mantenimiento preventivo de luminarias	2%	
		Instalación de interruptores con pulsadores dotados de temporización.	5%	
		Capacitación de ahorro y eficiencia energética en equipos de oficina	3%	
Servidor CPU, refrigerador	Consumo de energía eléctrica por equipos	Adquisición y cambio de equipos con alto consumo energético, todos los proveedores deben enfocar el desempeño energético como criterio de evaluación para la adquisición.	5%	
Dicroico Incandescente, campana industrial	Consumo de energía eléctrica por luminarias	Planificación del cambio de iluminación por etapas: elección de nivel de lux, tipo de lámpara y luminaria, adquisición y disposición de nuevas luminarias.	-	
Camiones: PCSxxxx, PCUxxx4, PDGxxxx	Camiones: PCSxxxx, PCUxxx4, PDGxxxx	Reordenación de rutas y eficiencia de carga. Incorporación de un Sistema de Gestión de flotas informático	2%	18% de ahorro de costos energéticos por consumo

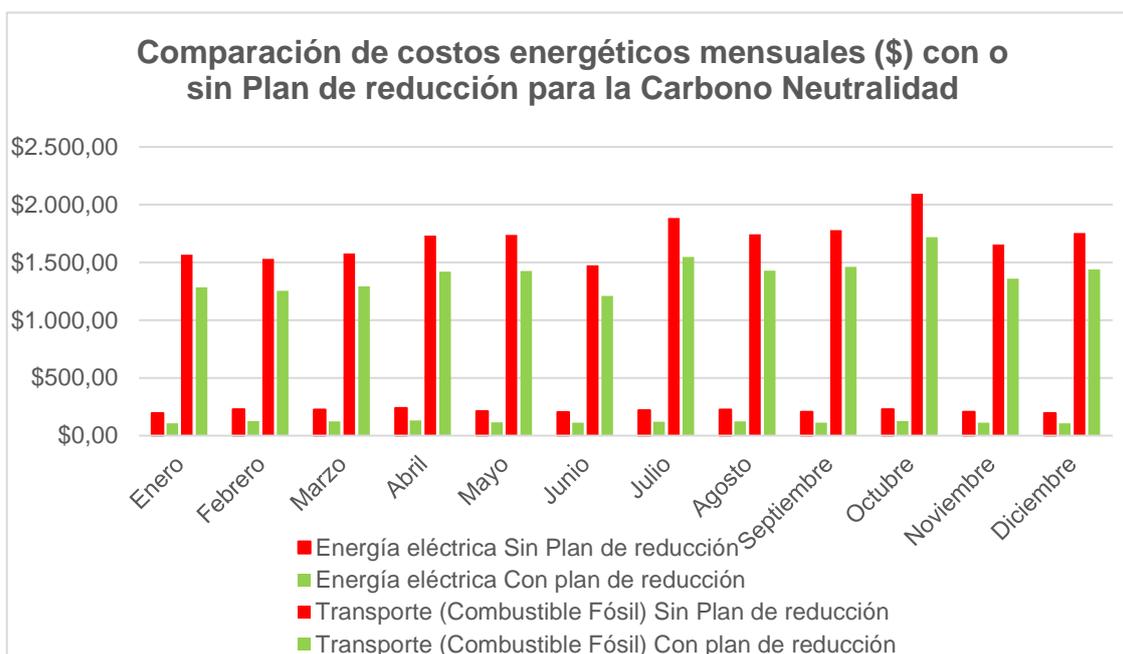
Camioneta PDMxxxx	Camioneta PDMxxxx	Cambio a megacamión	aplica	No de combustibles
Vehículo PCPxxxx	Vehículo PCPxxxx	Planificación del mantenimiento de vehículos	aplica porque ya ejecutan	No 15%
Vehículo PDCxxxx	Todos los vehículos	Todos los vehículos diesel de menos de 10 años pueden utilizar carburantes verdes sin necesidad de ajustes en el motor.		
Todos los vehículos	Todos los vehículos	Capacitación de conducción eficiente		1%

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura representa la comparación de costos energéticos con plan de reducción para la Carbono Neutralidad y sin plan de reducción (ver figura 17).

### Figura 16

*Comparación de costos energéticos mensuales (\$) con o sin plan de reducción*



### Plan de compensación de Gases de Efecto Invernadero

El 95% de emisiones a compensarse equivalen a 1558.513 t CO<sub>2</sub>eq. La siguiente tabla determinada los costos promedios por t CO<sub>2</sub>eq en los diferentes esquemas de compensación o mercados de carbono (ver tabla 26).

**Tabla 26**

*Costos de t CO<sub>2</sub>eq en diferentes esquemas de compensación*

Mercados internacionales	
CER's (Certified Emission Reduction)	VER's (Voluntary Emission Reduction)
Mecanismo de Desarrollo limpio - ONU	Gold Standard
\$1.25 t CO <sub>2</sub> eq (Valor más bajo) en diversos tipos de proyectos, los valores fluctúan hasta los \$30 dependiendo del proyecto	\$9.62 t CO <sub>2</sub> eq. Proyecto de Eficiencia Energética
	\$9.5 t CO <sub>2</sub> eq. Proyecto de Energía Renovable
	\$15.25 t CO <sub>2</sub> eq. Proyecto de Manejo Forestal

*Nota.* Valores referenciales tomados de; (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [UNFCCC], 2021) y (Gold Standard, 2021)

Luego de haber analizado diversos mercados de compensación de emisiones de GEI, como Gold Standard, Mecanismo de Desarrollo Limpio – ONU y Socio bosque, fueron determinados los proyectos con mejor precio por t CO<sub>2</sub>eq. Como resultado de obtuvo como proyecto más viable para compra de bonos de carbono, el Proyecto de compensación del Mecanismo de Desarrollo limpio denominado “Evitar las emisiones de metano de los Residuos Sólidos Urbanos y los Residuos de Alimentos mediante el compostaje” el proyecto se encuentra ubicado en la India y para que la empresa Alexis Mejía Representaciones compense el 95% de sus emisiones debe cancelar un costo de \$1,25 por cada t CO<sub>2</sub>eq. El costo de compensación resultante para la neutralidad de emisiones de GEI. es de \$1948.14.

## Carbono Neutralidad

Finalmente, la siguiente tabla resumen la cantidad de emisiones reducidas y compensadas para el alcance de la carbono neutralidad organizacional (ver tabla 27)

**Tabla 27**

### *Neutralidad de Carbono*

Parámetro	Cantidad	Metodología
Eisiones	1 640.54 t CO2 eq	Cuantificación a través de direccionamiento de ISO 14064-1:2018
Remociones	0 t CO2 eq	No posee
Reducciones (Plan)	82.02 t CO2 eq	Plan de reducción a través de acciones dirigidas
Compensaciones (Compra programada)	1558.513 t CO2 eq	Compra de bonos de carbono al Mecanismo de Desarrollo Limpio de la ONU.
Total de emisiones en año base 2019	0 t CO2 eq, consecuentemente, se alcanza la condición carbono neutralidad organizacional.	

## Sistema de gestión de información documental base

Se integró un solo Sistema de Gestión de Información Energética y Carbono Neutro, mediante la vinculación de procedimientos, registros y formatos de las normas ISO 14064-1 e ISO 50001 que garanticen la calidad y exactitud de las líneas base de evaluación y cuantificación. Como resultados se obtuvo una lista madre de Control de documentos (ver tabla 28).

**Tabla 28***Lista Madre de control de documentos*

<b>Departamento de control</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Nombre del documento</b>	<b>Código</b>
Compras	Informe	Informe de declaración de emisiones de GEI y línea base energética	CO-I01
Gerencia	Otros	Organigrama de la empresa	GE-O01
Gerencia	Otros	Política, objetivos y metas del Sistema Integrado de Gestión	GE-O02
Compras	Procedimiento	Cuantificación de emisiones de GEI e incertidumbre	CO-P01
Logística	Procedimiento	Evaluación de consumo energético e indicadores de desempeño energético	LO-P01
Compras	Procedimiento	Implementación, manejo y cuantificación del plan de reducción	CO-P02
Compras	Procedimiento	Definición del mecanismo de compensación	CO-P03
Compras	Procedimiento	Demostrar la carbono neutralidad	CO-P04
Compras	Procedimiento	Manejo de no conformidades	CO-P05
Cartera	Procedimiento	Control y manejo de la información del sistema de gestión	CA-P01
Cartera	Procedimiento	Auditorías internas	CA-P02

Cartera	Procedimiento	Adquisición y diseño de productos y servicios	CA-P03
Compras	Registro	Emisiones y reducciones de GEI	CO-P06
Logística	Registro	Línea Base Energética	LO-R01
Compras	Registro	No conformidades	CO-R01
Logística	Formato	Formato para evaluación de consumo energético por equipos	LO-F01
Logística	Formato	Formato para evaluación de consumo energético por luminarias	LO-F02
Logística	Formato	Formato para evaluación de consumo energético por toma corrientes e interruptores	LO-F03

Como resultado de la integración del Sistema de Gestión Carbono Neutro y Gestión de la energía se obtuvieron: 3 formatos, 3 registros, 9 procedimientos, 1 informe, 1 documento con el organigrama de la empresa y 1 documento con la política, objetivos y metas del Sistema de Gestión Integrado.

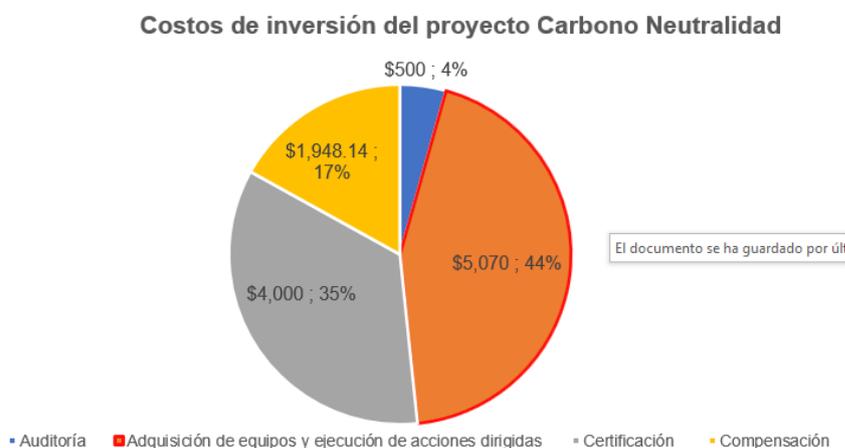
### **Costo-beneficio de la implementación de un proyecto**

La siguiente tabla determina los costos de implementación del proyecto (costos totales de inversión) (ver tabla 29).

**Tabla 29***Costos totales de inversión del proyecto*

<b>Desembolso</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
Auditoría	\$500	\$500	\$500	\$500
Adquisición de equipos y ejecución de acciones dirigidas	\$5,070	0	0	0
Certificación	\$4,000	0	0	\$4,000
Compensación	\$1,948.14	\$1,948.14	\$1,948.14	\$1,948.14
<b>Total egresos</b>	<b>\$11,518</b>	<b>\$2,448</b>	<b>\$2,448</b>	<b>\$6,448</b>

Además, fueron determinados los porcentajes representativos de los costos de inversión del proyecto Carbono Neutralidad, los resultados obtenidos se determinan en la siguiente figura (ver figura 18).

**Figura 17***Costos de inversión del proyecto Carbono Neutralidad*

La inversión principal del proyecto Carbono Neutralidad dio como resultado el costo de implementación de acciones dirigidas para reducción de consumo energético y emisiones de GEI, con un 44%, parte de esta inversión, únicamente es realizada en el año 0. La segunda inversión más importante fue la certificación de la Carbono Neutralidad, que representa el 35% de inversión, este gasto se incurre cada 3 años;

seguido se obtuvieron otros gastos de inversión inicial como los de compensación de emisiones de GEI, representa el 17% de inversión, esta inversión es debida a la compra de bonos de carbono en t CO<sub>2</sub>eq. y se cancela anualmente. Finalmente se obtuvo un gasto de inversión por auditorías anuales al Sistema de Gestión Carbono Neutro, este gasto representa el 4% de la inversión, en él se evalúa anualmente el inventario de GEI y se da seguimiento a los indicadores de reducción planteados.

Por otro lado, el flujo total de costos permitió determinar los costos y beneficios estimados de la implementación del proyecto Carbono Neutralidad en un período de tiempo de 3 años (tiempo de vigencia certificación carbono neutro organizacional). La siguiente tabla determina los flujos de caja predictivos del proyecto (ver tabla 30).

**Tabla 30**

*Flujo total de costos del proyecto Carbono Neutralidad*

Tipo de costo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos (Ahorro energético)	-	\$4,857.31	\$4,857.31	\$4,857.31
Otros beneficios, valor aprox. (tributarios, mejora de imagen corporativa, acceso a nuevos mercados,etc)	-	ND	ND	ND
Inversión inicial	\$11,518	-	-	-
Costo anual	-	\$2,448	\$2,448	\$6,448
Flujos totales	<b>\$-11,518</b>	\$2,409.17	\$2,409.17	<b>\$-1,590.83</b>

La determinación de costos (ingresos y egresos) de la implementación del proyecto Carbono Neutralidad organizacional permitió evaluar la viabilidad del proyecto a través del indicador VAN, para ello, fue considerada una rentabilidad estimada mínima de \$5000 anuales adicionales por beneficios tributarios, mejora de imagen corporativa, mejora de procesos, mejora de relaciones laborales, acceso a nuevos mercados, etc. Empresa. Este valor representa el 1.66% de rentabilidad real de la empresa. La tasa de descuento utilizada fue del 0.10% (tasa típica). La siguiente tabla determina el valor VAN calculado a través de los nuevos costos estimados (ver tabla 31).

**Tabla 31***Flujo total de costos y VAN*

Tipo de costo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos (Ahorro energético)	-	\$4,857.31	\$4,857.31	\$4,857.31
Otros beneficios, valor aprox. (tributarios, mejora de imagen corporativa, acceso a nuevos mercados,etc)	-	\$5,000.00	\$5,000.00	\$5,000.00
Inversión inicial	\$11,518	-	-	-
Costo anual	-	\$2,448	\$2,448	\$6,448
Flujos totales VAN	\$-11,518	\$7,409.17	\$7,409.17	\$3,409.17

Como resultado se obtuvo que el proyecto es viable (VAN >0), debido que en un tiempo proyectado los ingresos representados en ahorro y beneficios económicos son mayores a la inversión.

**Sistema de gestión de información documental base**

Se integró un solo Sistema de Gestión de Información Energética y Carbono Neutro, mediante la vinculación de procedimientos, registros y formatos de las normas ISO 14064-1 e ISO 50001 que garanticen la calidad y exactitud de las líneas base de evaluación y cuantificación. Como resultados se obtuvo una lista madre de Control de documentos (ver tabla 32).

**Tabla 32***Lista Madre de control de documentos*

Departamento de control	Tipo de documento	Nombre del documento	Código
Compras	Informe	Informe de declaración de emisiones de GEI y línea base energética	CO-I01
Gerencia	Otros	Organigrama de la empresa	GE-O01
Gerencia	Otros	Política, objetivos y metas del Sistema Integrado de Gestión	GE-O02

Compras	Procedimiento	Cuantificación de emisiones de GEI e incertidumbre	CO-P01
Logística	Procedimiento	Evaluación de consumo energético e indicadores de desempeño energético	LO-P01
Compras	Procedimiento	Implementación, manejo y cuantificación del plan de reducción	CO-P02
Compras	Procedimiento	Definición del mecanismo de compensación	CO-P03
Compras	Procedimiento	Demostrar la carbono neutralidad	CO-P04
Compras	Procedimiento	Manejo de no conformidades	CO-P05
Cartera	Procedimiento	Control y manejo de la información del sistema de gestión	CA-P01
Cartera	Procedimiento	Auditorías internas	CA-P02
Cartera	Procedimiento	Adquisición y diseño de productos y servicios	CA-P03
Compras	Registro	Emisiones y reducciones de GEI	CO-P06
Logística	Registro	Línea Base Energética	LO-R01
Compras	Registro	No conformidades	CO-R01
Logística	Formato	Formato para evaluación de consumo energético por equipos	LO-F01
Logística	Formato	Formato para evaluación de consumo energético por luminarias	LO-F02
Logística	Formato	Formato para evaluación de consumo energético por toma corrientes e interruptores	LO-F03

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Se concluye que, el desarrollo de un Sistema Integrado de Gestión Carbono Neutro y Energía para la empresa Alexis Mejía Representaciones Cía. Ltda. sirve de estrategia para la reducción de costos energéticos de hasta un 45% en consumo de energía eléctrica y hasta un 18% en consumo de combustibles fósiles; también permite alcanzar el reconocimiento ambiental ecuatoriano Carbono Neutral; y es posible generar este sistema mediante la incorporación de normas internacionales ISO 14064-1, ISO 50001, norma nacional estipulada en el Acuerdo Ministerial MAE N°264 y modelación 3D en SketchUp y simulación energética en OpenStudio y EnergyPlus. Se reconoce que la simulación energética es una herramienta potencialmente eficaz para la identificación de áreas susceptibles de mejoramiento térmico y eficiencia energética, sin embargo, modelar una infraestructura implica una inversión significativa de tiempo y recursos y más aún, cuando no se poseen planos bien definidos de la infraestructura a modelar. Además, este estudio comprobó que los resultados de cargas térmicas obtenidos, a través, de cuantificación de Indicadores de desempeño energético de la norma ISO 50001 permiten determinar las mismas áreas con Usos significativos de energía similares a los obtenidos, a través, de simulación energética, es decir, se concluye que; para economizar tiempos de investigación únicamente se ejecute solo una metodología.
- En conclusión, la implementación del proyecto Carbono Neutralidad y optimización energética es viable, el indicador VAN demostró que el proyecto y la ejecución de acciones dirigidas hacia la reducción de emisiones de GEI tiene rentabilidad a través del tiempo. Además, para el cálculo del indicador VAN se consideró una mínima rentabilidad (\$5000 anuales adicionales) por

otros beneficios que otorga alcanzar la condición Carbono Neutralidad organizacional como son; acceso a nuevos mercados, mejora de imagen corporativa, beneficios tributarios, identificación de riesgos y oportunidades entre otros, por tal, se concluye que la rentabilidad de la inversión del proyecto no se limita al ahorro en costos energéticos, sino que para analizar la viabilidad de un proyecto de implementación de Sistema Integrado de gestión Carbono Neutro se deben considerar todas las ventajas competitivas que este genera.

- En conclusión, elaborar un Sistema de Gestión Carbono Neutro permitió identificar oportunidades de mejora continua y ahorro de recursos energéticos. La empresa Alexis Mejía Representaciones generó 1 640.54 t CO<sub>2</sub> eq en el año 2019, el crear este Sistema de gestión además de permitir compensar la huella de carbono producidas por la empresa, apoya a la permanencia de proyectos ambientales de conservación y mitigación contra el cambio climático.
- Se concluye que la metodología más acertada para la optimización energética y la reducción de emisiones directas e indirectas producidas por la empresa, es mediante la incorporación de la norma NTE INEN-ISO 50001:2019, ya que elaborar un Sistema de Gestión de la Energía economiza tiempos y recursos del investigador.
- El Modelar en 3D y simular energéticamente la infraestructura de la empresa brinda apoyo y soporte significativo al diseño de los planes de reducción de emisiones de GEI y optimización energética en infraestructuras, en este proceso es posible alterar las cargas térmicas de entrada a la simulación lo que permite mejorar la planificación de eficiencia energética, además, la ventaja de utilizar OpenStudio y EnergyPlus es que otorgan resultados con lineamiento de normativa LEED; es importante considerar que EnergyPlus es un programa de código abierto que permite modificar las características de

simulación, por lo que, se concluye que el modelamiento 3D y la simulación energética es una metodología con alta eficiencia en proyectos constructivos en etapa de diseño y que buscan certificación LEED, más no es imprescindible su aplicación en proyectos de implementación de Sistemas de Gestión Integrados a la Carbono Neutralidad.

- En conclusión, la ventaja de integrar normas ISO en la gestión ambiental de la empresa Alexis Mejía Representaciones, es la posibilidad de integrar un solo Sistema de Gestión de Información Energética y Carbono Neutro mediante la vinculación de procedimientos, registros y formatos de las normas ISO, en este proyecto se integraron normas 14064-, ISO 5000 y requisitos del Acuerdo Ministerial MAE N°264, para ello se generó la lista madre de control de documentos que garantiza la buena gestión de la información, asegura la calidad y exactitud de los inventarios susceptibles de ser auditados cada año; el éxito del sistema de gestión integrado depende del compromiso de todos los niveles de la organización, en especial del liderazgo de la alta dirección.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda desarrollar un Sistema Integrado de Gestión de la Energía y Carbono Neutro, mediante incorporación de normas ISO 14064-1, ISO 50001, Acuerdo N°264 con modelación 3D en SketchUp y simulación energética en OpenStudio y EnergyPlus cuando la infraestructura de la industria o empresa no es tan grande, ya que la complejidad de la construcción de la geometría de la infraestructura es proporcional al aumento del tamaño de la infraestructura. El simulador de energía Energyplus es muy exigente al evaluar errores de contorno o de dibujo en las edificaciones modeladas, lo que ralentiza los tiempos de evaluación del proyecto.
- Para el análisis de viabilidad de las propuestas de mejora de gestión energética y carbono neutro, se recomienda determinar cuantitativamente los

beneficios “intangibles” de la carbono neutralidad organizacional, se sugiere indagar la rentabilidad anual total de la empresa y considerar un estimado entre un rango de 0.1% - 2% de la rentabilidad, ya que si no se utiliza este estimado en el análisis de viabilidad del proyecto, lo más probable es que el indicador de viabilidad del proyecto VAN resulte negativo, lo cual refleja un resultado desacertado.

- Para la elaboración de un Sistema de Gestión Carbono Neutro se recomienda apoyarse de la norma costarricense INTE 12-01-06:2016, ya que, esta normativa establece claramente los requisitos, las metodologías y los cálculos de las emisiones y sus incertidumbres. Además, se recomienda, en lo posible, generar los propios factores de emisión para cada país, ya que solo así se puede disminuir las incertidumbres dadas por defecto por la IPCC.
- Como parte del levantamiento de información del Sistema de Gestión de la Energía, se recomienda medir la cantidad de luxes por área en diferentes horarios del día y obtener un resultado promedio, ya que el indicador lumínico es una parte fundamental en la identificación de USEs por exceso de luminosidad.
- Se recomienda utilizar la metodología de modelación 3D y simulación energética de la infraestructura de una empresa como análisis pre factibilidad de proyecto y también para la búsqueda de créditos o líneas verdes que requieran certificación o lineamientos para obtener la certificación LEED.
- La Integración de un solo Sistema de Gestión de Información Energética y Carbono Neutro, exige por principio de trazabilidad, mantener registros y otros documentos con su respaldo justificativo como fichas técnicas, facturas, etc. Por lo que se recomienda capacitar previamente a los directivos de la empresa, en especial al personal de contabilidad y establecer

un comité responsable de Gestión Carbono Neutro y energía, que facilite el acceso a la información para garantizar la calidad, trazabilidad, transparencia y exactitud de los inventarios de gases de efecto invernadero y líneas base energéticas.

## Capítulo VI

### Referencias Bibliográficas

- AEME Representaciones. (2020). *alexismejia.com*. Obtenido de *somos*:  
<https://alexismejia.com/somos/>
- Bravo, V. (2016). Metodología para la simulación energética de un edificio terciario empleando la herramienta EnergyPlus. . *Tesis de Pregrado*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de  
[http://oa.upm.es/42923/1/TFG\\_VICTOR\\_BRAVO\\_MUNOZ.pdf](http://oa.upm.es/42923/1/TFG_VICTOR_BRAVO_MUNOZ.pdf)
- Briceño, R. (2013). Estudio y Simulación Energético del Edificio de la FIEC con EnergyPlus. *Tesis de postgrado*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Chan, J., Irwin, R., Frisque, A., & Dunford, E. (2018). Cost-effective net-zero energy/GHG solutions for retrofit projects using parametric whole. *Proceedings of eSim 2018, the 10<sup>th</sup> conference of IBPSA-Canada*, 558-567.
- Choy, E. (2012). El dilema de los costos en las empresas de servicios. *Quipuramayoc, Revista de la Facultad de Ciencias Contables*, 20 (37), 7-14.
- Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero [CTFE]. (2019). *Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador Informe 2019*. Obtenido de  
[https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/factor\\_de\\_emision\\_de\\_co2\\_del\\_sistema\\_nacional\\_interconectado\\_de\\_ecuador\\_-\\_informe\\_2019.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/factor_de_emision_de_co2_del_sistema_nacional_interconectado_de_ecuador_-_informe_2019.pdf)
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático [CMNUCC]. (1998). *Protocolo de Kyoto*.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [UNFCC]. (2021). *Plataforma para la compensación de la huella de carbono*. Obtenido de  
<https://offset.climateneutralnow.org/AllProjects?PageNumber=4>

- Delgado, C. (2019). *Análisis de relación beneficio costo para la implementación del suministro de energía fotovoltaica en la Clínica Santa Ana S.A.* Obtenido de repository.unilibre.edu.co:  
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/15814/An%C3%A1lisis%20de%20relaci%C3%B3n%20beneficio%20costo%20para%20la%20implementaci%C3%B3n%20del%20suministro%20de%20energ%C3%ADa%20fotovoltaica%20en%20la%20Cl%C3%ADnica%20Santa%20Ana%20S.A..pd>
- Domingo, A. (2016). *Apuntes de Transmisión del Calor.* Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148681929.pdf>
- Erazo, S. (2018). Determinación de la huella de carbono y la huella hídrica en el Instituto Tecnológico Superior SUCRE, Quito, Ecuador: Propuesta de un sistema de mitigación. *Tesis de Maestría.* Universidad Internacional SEK, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2904/2/TESIS%20ALEXANDRA%20ERAZO%20GUZM%C3%81N%20DOCUMENTO%20FINAL%2009-03.pdf>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2018). *Huella de Carbono: Cambio Climático, Gestión Sustentable y Eficiencia Energética.* La Serena: Editorial Universidad de La Serena.
- Fisas, J. (2018). *Análisis de Sistemas de Climatización con EnergyPlus. Pregrado.* Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Fondo Europeo del Desarrollo Regional. (2021). *Iluminación, contraste, tamaño, color y contraste en el medio ambiente.* Obtenido de <https://ciudadano.gobex.es/documents/9274982/9276064/CapitulolI.pdf/6ac8fa64-24d2-4e05-a1da-acfd61a2f6e5>
- Frohmann, A., Herreros, S., Mulder, N., & Olmos, X. (2012). *Huella de carbono y exportaciones.* (N. Unidas, Ed.) Obtenido de Guía práctica: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4013/6/S2012089\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4013/6/S2012089_es.pdf)

- Galindo, D. (2007). Análisis de costos para la empresa de atención de consulta médica domiciliaria Servicio de Emergencias Regionales Ser. *Tesis de maestría*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- GHG Protocol. (diciembre de 2005). *Estándar corporativo de contabilidad y reporte*. Obtenido de [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo\\_spanish.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf)
- Gil Valls, P. (2019). Simulación y certificación energética de un hospital. Análisis de diferentes alternativas para la mejora energética. . *Tesis de Pregrado*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/126948>
- Gold Standard. (2021). *Precio del Carbono* . Obtenido de ¿Cuánto vale un crédito de carbono?: <https://www.goldstandard.org/blog-item/carbon-pricing-what-carbon-credit-worth>
- González, A. (2018). Las certificaciones ambientales ecuatorianas en la competitividad de las empresas. *INNOVA Research Journal*, 55-67.
- González, Y. (2016). *Sistema de gestión de simulaciones de eficiencia energética a través de EnergyPlus, para el laboratorio de Estudios Urbanos UBB*. (Pregrado). Chile: Universidad del Bío-Bío.
- Hernández, J. (2019). Diseño de un sistema de gestión para alcanzar la Carbono Neutralidad Plus en la empresa Fructa Costa Rica S.A. *Tesis de Pregrado*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO]. (2016). *INTE 12-01-06:2016*. Obtenido de Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica [IMN]. (2020). *Factores de emisión de Gases de Efecto Invernadero*. Obtenido de [cglobal.imn.ac.cr](http://cglobal.imn.ac.cr): <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemision/factoresemision2020/index.html>

- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2013). *Glosario. Cambio Climático 2013*. (S. Planton, Ed.) Obtenido de Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático:  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2006a). Capítulo 3, combustión móvil. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2006b). Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes. En IPCC, *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- International Energy Agency [IEA]. (2015). *CO2 emissions from fuel combustion*. Obtenido de  
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2015.pdf>
- ISO. (2010). *ISO 26000*. Obtenido de Guía de responsabilidad social:  
<http://americalatinagenera.org/newsite/images/U4ISO26000.pdf>
- Jarrín, C. (2018). Identificar y determinar el consumo de energía del edificio ISSFA aplicando las normas ISO 50001:2012 e ISO 14064-1:2015: propuesta de optimización para edificaciones públicas. *Tesis de Maestría*. Universidad Internacional SEK, Quito.
- León, N. (2015). *Propuesta de instrumentos de política pública que promuevan la protección y cuidado ambiental en la gestión empresarial del Ecuador. (Tesis de pregrado)*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- McClellan, T., & Pedersen, C. (1997). Investigation of outside heat balance models for use in a heat balance cooling load calculation procedure. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)*. Boston.

Mejías, R. (2018). Sistema de gestión para la certificación carbono neutralidad en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Tesis de pregrado*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San José.

[MIDUVI], M. d. (Febrero de 2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción* . Obtenido de Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales:

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-HS-EE-Final.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2014). *MAE presentó oficialmente el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Carbono Neutral*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-presento-oficialmente-el-reconocimiento-ecuadoriano-ambiental-carbono-neutral/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2014). *MAE presentó oficialmente el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Carbono Neutral*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-presento-oficialmente-el-reconocimiento-ecuadoriano-ambiental-carbono-neutral/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2014). *MAE presentó oficialmente el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Carbono Neutral*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-presento-oficialmente-el-reconocimiento-ecuadoriano-ambiental-carbono-neutral/>

Ministerio del Ambiente y Agua . (2014). *suia.ambiente.gob.ec*. Obtenido de ¿Qué es Carbono Neutral?: [http://suia.ambiente.gob.ec/?page\\_id=772](http://suia.ambiente.gob.ec/?page_id=772)

Ministerio del Fomento . (2019). Documento Básico de Ahorro de Energía . En *DBHE* .

Ministerio para la Transición ecológica y reto demográfico de España [MITECO]. (2009). *Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un Plan de Mejora de una organización*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)

- Molina, E. (2018). Plan de Gestión de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para alcanzar la Carbono Neutralidad, Compañía de Galletas Pozuelo DCR, S.A. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia.
- Morales, F. (2017). BIM6D – La sexta dimensión del BIM: BIM aplicado a la eficiencia energética. *Obras Urbanas*, 26-31.
- Moselle, B., Padilla, J., & Schmalensee, R. (2010). Electricidad, ¿hacia un futuro bajo en Carbono? En M. Pons, *Electricidad verde: energías renovables y sistema eléctrico*. Madrid. Obtenido de <https://www.marcialpons.es/media/pdf/100876300.pdf>
- Nieto, J. (2009). Estudio de Mecanismos básicos de transferencia de calor con CFD Fluent. *Tesis de Pregrado*. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- Niño, D. (2018). Modelo multicriterio aplicado a la toma de decisiones representables en el diagram de Ishikawa. *Tesis de pregrado*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13894/BernalRomeroSergio2018.pdf?sequence=1>
- Ordoñez, Y. (2012). Obtención de la certificación de "Carbono Neutro" y su impacto en la creación de valor empresarial: Resultados de casos reales. *Tesis de Maestría*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2731/11/UPS-GT000257.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial [ONUD]. (2015). *Guía práctica para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*. Obtenido de <https://open.unido.org/api/documents/4676845/download/Gu%C3%ADa%20Pr%C3%A1ctica%20para%20la%20Implementaci%C3%B3n%20de%20un%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Energ%C3%ADa>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO]. (1998). *Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm>
- Organización Latinoamericana de Energía [OLADE]. (2016). *Cambia la energía, cambia el clima*. Obtenido de Cambio climático y su impacto en el sector energético: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0357.pdf>
- Pérez, M., & Carrión, C. (2016). La responsabilidad social empresarial y su enfoque ambiental: una visión sostenible a futuro. *Scielo*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000300023](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300023)
- ProChile Costa Rica. (2016). *Tendencias de la Carbono Neutralidad en Costa Rica*. Obtenido de Fichas tendencias: [https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2016/08/FMT\\_CRica\\_Carbono\\_2016-.pdf](https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2016/08/FMT_CRica_Carbono_2016-.pdf)
- RC TECNOVA. (2020). *Conceptos básicos del aislamiento térmico*. Obtenido de [rctecnova.cl: http://rctecnova.cl/page/propiedades-corcho](http://rctecnova.cl/page/propiedades-corcho)
- Registro Oficial. (07 de octubre de 2014). *Acuerdo N°264*. Obtenido de Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental "Carbono Neutral": <http://www.cip.org.ec/attachments/article/2532/AM%20264%20RECONOCIMIENTO%20CARBONO%20NEUTRAL.pdf>
- Rodríguez, M., & Díaz, C. (2011). Determinación de las cargas térmicas para determinar el confort en el auditorio de la Universidad Tecnológica de Bolívar. *Pregrado*. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062700.pdf>
- Romero, R. (2014). Construcción de la Huella de Carbono y Logro de Carbono Neutralidad en el sistema de tratamiento de agua potable Mica Quito sur, de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS). *Tesis de Maestría*. Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, Sangolquí. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10357/T-ESPE-048361.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Santos, N. (1999). Modelo de punto de equilibrio en la toma de decisiones. *Revistas UNMSM*. Obtenido de

[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02\\_n2/modelo.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n2/modelo.htm)

Schneider Electric. (2012). *Implementación de un Sistema de gestión energética: Guía para el cumplimiento de la ISO 50001*. Obtenido de [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=White+Paper&p\\_File\\_Name=ISO+50001.pdf&p\\_Doc\\_Ref=guia\\_cumplimiento\\_iso\\_50001\\_es](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=White+Paper&p_File_Name=ISO+50001.pdf&p_Doc_Ref=guia_cumplimiento_iso_50001_es)

Science NASA . (15 de enero de 2020). *ciencia.nasa.gov*. Obtenido de Análisis de

NASA y NOAA revelan que 2019 fue el segundo año más cálido registrado:

<https://ciencia.nasa.gov/an%C3%A1lisis-de-nasa-y-noaa-revelan-que-2019-fue-el-segundo-a%C3%B1o-m%C3%A1s-c%C3%A1lido-registrado>

Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2019). ISO 50001:2018. En I. O. Standardization, *ISO 50001*.

Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2020). NTE INEN-ISO 14064 Gases de efecto Invernadero. En I. O. [ISO].

Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2020). NTE INEN-ISO 14064-1 Gases de Efecto Invernadero — Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación, y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (ISO 14064-1:2018, IDT). En I. O. [ISO], *ISO 14064-1:2018* (pág. 1).

SGSI. (2021). *Comprensión de la organización y su contexto*. Obtenido de

<https://www.pmg-ssi.com/norma-22301/4-1-comprension-de-la-organizacion-y-su-contexto/>

Sociedad Pública de Gestión Ambiental [Ihobe]. (2013). *7 metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Obtenido de

[https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias\\_gei/es\\_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf)

Suárez, L., & Patiño, S. (2018). Huella de carbono de los sistemas de producción del Centro Universitario Regional del Norte (CURDN) de la Universidad del Tolima, Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *Tesis de pregrado*. Universidad del Tolima, Tolima.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales [IUCN]. (2018). *Análisis Costo-Beneficio de la restauración*. Obtenido de [https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/flr\\_peru\\_analisis\\_economico\\_flr.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/flr_peru_analisis_economico_flr.pdf)

Vergara, A., Olalla, A., Yturralde, J., & Sorhegui, R. (26 de marzo de 2020). Responsabilidad social corporativa (RSC) y su impacto en el rendimiento económico de las principales Empresas en Ecuador. *Revista Espacios*, 41(10), 13-20. doi:ISSN 0798 1015

**Anexos**