UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA LA SEDE CENTRAL DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES HACIA LA CARBONO NEUTRALIDAD 2025.

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental.

Luis Diego Palomo Cordero.

Heredia, Costa Rica.

Noviembre, 2021.

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

……..

MSc. María Chaves Villalobos, Representante de Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

……..

MSc. José Félix Rojas Marín.
Representante de la Dirección de Escuela de Ciencias Ambientales

……..

MAP. Igor Zúñiga Garita, Ing.

Tutor

……..

MSc. Manuel Flores Méndez, Ing.

Lector

……..

Licda. Verónica Vargas Madrigal

Lectora

……..

Bach. Luis Diego Palomo Cordero, Ing.

Sustentante

RESUMEN

En el marco de alcanzar la carbono neutralidad en Costa Rica, las organizaciones han mensurado su aporte de emisiones de Gases de Efecto Invernadero con el fin de reducirlas y mitigarlas. El Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), se suma a este compromiso nacional, por medio de la identificación de fuentes de emisión en sus edificios de la sede central. El objetivo general de este estudio fue determinar el aporte del MOPT a emisiones de GEI del año 2019, para proponer proyectos de reducción de gases de efecto invernadero viables técnica y financieramente.

Se cuantificaron las emisiones por medio de la revisión de datos de actividad de diferentes fuentes de emisión presentes en la organización. Se determinó la incertidumbre asociada a medición a través del método de propagación de error. Para la reducción de emisiones, se propusieron proyectos climáticos a los que se analizó la viabilidad técnica y financiera por medio del análisis costo-beneficio.

Para el 2019, se emitió un total de 625 t CO_2 e, con una incertidumbre expandida de ± 5%, el mayor aporte de emisiones correspondió al consumo de combustibles fósiles (448,2 t CO_2 e ± 3,5%) y residuos sólidos (74,4 t CO_2 e ± 16%). Se propusieron en total 9 acciones climáticas, de las cuales cinco responden a modificaciones en las prácticas de consumo en insumos como combustibles y electricidad que representarían un ahorro anual de $396.111,52 en comparación con lo facturado en 2019. Se proponen cuatro proyectos climáticos para la obtención de tecnologías ambientales (flotilla vehicular eléctrica, luminarias, energía solar, aires acondicionados R290) que requieren una inversión aproximada de $1.578.953,68. De aplicar las acciones propuestas en conjunto lograrían reducir cerca 307,5 t CO_2 e. Las propuestas son viables en términos regulatorios, técnicos y de mercado; financieramente, el cálculo de la tasa interna de retorno para flujo privado se estima en un 12% (valor actual neto ligeramente negativo), mientras que para flujo social convierte los proyectos ambientales en altamente rentables al estimarla en 82,5% (valor actual neto positivo).

Dedicatoria

A mi mamá y mi papá y mi abuela que me han dado la oportunidad de vivir, soñar, alcanzar mis metas libremente, amarme y criarme de una manera incomparable.

A Berna y Douglas, quienes me han apoyado incondicionalmente y motivado para finalizar este proyecto.

A mis amigas: Viviana, Sherryl y Wendy, por acompañarme durante la carrera y alegrar tantos momentos en mi vida.

Luis Diego Palomo Cordero.

Agradecimientos

A mi tutor Igor Zúñiga, por acompañarme en este proceso, por su amistad y entrega para el aprendizaje-enseñanza.

Al MOPT por el respeto mostrado desde mis inicios como profesional en mi PPS, especialmente a Alejandra Castro Ulloa, Fabián Sánchez Dorado, Manuel Arce Jiménez.

A mi jefatura actual por la flexibilidad y apoyo para terminar con mi licenciatura.

Luis Diego Palomo Cordero

Lista de abreviaturas

AR	Aguas Residuales.
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.
CSC	Costo Social del Carbono.
DGT	Dirección General de Tráfico, Madrid, España.
e	Equivalente.
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.
GAM	Gran Área Metropolitana.
Gg	Gigagramos.
IC	Intervalos de confianza.
IMN	Instituto Meteorológico Nacional.
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje.
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo.
IPPU	Industrial Processes and Product Use.
LED	Light Emitting Diode.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
MEIC	Ministerio de Economía, Industria y Comercio.
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
MTSS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
PCG	Potencial de Calentamiento Global.
PEN	Programa Estado de la Nación.
PPCN	Programa País Carbono Neutralidad.
TIR	Tasa Interna Retorno.
UCC	Unidad Costarricense de Compensación.
VAN	Valor Actual Neto.

Tabla de contenido

Lista de abreviaturas vi

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Descripción del problema 1

1.2. Justificación 2

1.3. OBJETIVOS 4

1.3.1. Objetivo general 4

1.3.2. Objetivos específicos: 5

II. MARCO TEÓRICO 5

2.1. Cambio climático y calentamiento global 5

2.1.1. Fuentes de emisión 6

2.1.1.1. Biogénicas 6

2.1.1.2. Antropogénicas 6

2.2. Efecto invernadero y sus gases precursores 7

2.2.1. Potencial de Calentamiento Global (PCG) 9

2.2.2. Efecto albedo 10

2.2.3. Control de las emisiones 11

2.3. Afectaciones a la salud 11

2.4. Adaptación 12

2.5. Mitigación 12

2.5.1. Medidas ambientales 13

2.6. Programa País para la Carbono Neutralidad 2.0 14

2.6.1. Carbono neutralidad 15

2.6.1.1. Inventario de Gases 17

2.6.1.2. Planes de reducción 18

III. METODOLOGÍA 19
3.1. Alcance y delimitación de espacio 19
3.2. Fase 1. Diagnóstico de las fuentes generadoras y levantamiento de inventario de GEI 20
3.2.1. Alcance del inventario 20
3.2.1.1. Límites organizacionales 20
3.2.2. Recolección de datos 20
3.2.3. Cálculo de las emisiones 21
3.2.4. Cálculo de la incertidumbre 22
3.3. Fase II. Propuestas de alternativas ecoeficientes para la gestión de las reducciones de GEI 25
3.4. Fase III. Análisis técnico y económico de la aplicabilidad de medidas de reducción de GEI. 25
IV. ANALISIS DE RESULTADOS 26
4.1. Identificación y cuantificación de fuentes de emisión 26
4.1.1. Alcance del inventario 26
4.1.2.1. Límites organizacionales 26
4.1.2.2. Límites operacionales 27
4.1.2. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero 29
4.1.2.1. Emisiones directas de alcance 1 29
4.1.2.1.1. Combustibles fósiles 29
4.1.2.1.2. Refrigeración y aire acondicionado 32
4.1.2.1.3. Aceites lubricantes 35
4.1.2.1.4. Extintores 36
4.1.2.2. Emisiones indirectas alcance 2 36
4.1.2.2.1. Consumo de energía eléctrica 36

4.1.2.3. Otras emisiones indirectas alcance 3 38
4.1.2.3.1. Residuos sólidos 38
4.1.2.3.2. Aguas residuales 39
4.1.2.4. Consolidado de emisiones 39
4.1.2.5. Estimación y análisis de la incertidumbre por medio de propagación de error 40
4.1.2.5.1. Incertidumbre asociada al cálculo de emisiones del subsector de combustibles fósiles 41
4.1.2.5.2. Incertidumbre asociada al cálculo de emisiones del subsector de aires acondicionados y refrigeración 43
4.1.2.5.3. Incertidumbre asociada al subsector de uso de productos de aceites lubricantes 43
4.1.2.5.4. Incertidumbre asociada a la recarga del gas de extintores 44
4.1.2.5.5. Incertidumbre asociada al subsector electricidad 45
4.1.2.5.6. Incertidumbre asociada al subsector residuos sólidos 46
4.1.2.5.7. Incertidumbre asociada al subsector aguas residuales 46
4.1.2.5.8. Incertidumbre expandida del inventario 47
4.1.2.6. Clasificación de la organización según el PPCN 47
4.2. Propuestas para proyectos climáticos de reducción de emisiones 48
4.2.1. Proyectos climáticos en la reducción de consumo de combustibles 48
4.2.1.1. Conducción eficiente 49
4.2.1.2. Combustible alternativo 50
4.2.1.3. Sustitución parcial a flota vehicular eléctrica 51
4.2.1.4. Desincentivar el uso de vehículos tipo doble tracción para trayectos dentro de la GAM 52
4.2.2. Proyectos climáticos para la reducción por consumo de electricidad 54

4.2.2.1. Luminarias 54
4.2.2.2. Fomento del teletrabajo 56
4.2.2.3. Aprovechamiento de energía solar 57
4.2.3. Proyectos climáticos para la reducción de emisiones por uso de refrigerantes 58
4.2.3.1. Uso de refrigerante R290 58
4.2.1. Proyectos climáticos para la reducción de emisiones provenientes de residuos sólidos 60
4.2.1.1.1. Disposición final de los desechos sólidos en cumplimiento con la jerarquización de residuos 60
4.3. Viabilidad técnica para proyectos climáticos propuestas 61
4.4. Viabilidad financiera para implementación de propuestas de reducción 66
V. CONCLUSIONES 70
VI. RECOMENDACIONES 72
VII. LIMITACIONES 73
REFERENCIAS 74
ANEXOS 88
Anexo I. Acceso a sistemas de registro 89
Anexo II. Catálogo organizacional del MOPT para las oficinas contempladas dentro del área de estudio y definición de los límites financiero y operacionales para cada sección. 90
Anexo III. Datos de actividad y cálculo de emisiones 98
Anexo IV. Error máximo permitido en medidores de masa según OIML R76 104
Anexo V. Tolerancias de llenado de extintores UNE 23120-2011 105
Anexo VI. Tablas para la clasificación de organizaciones según su complejidad 106

Anexo VII. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para aspectos ambientales del MOPT 108

APÉNDICES 117

Apéndice 1. Cálculo de incertidumbre combinada para fuentes de emisión de GEI del subsector combustibles fósiles. 118

Apéndice 2. Resultados de emisiones de gases de efecto invernadero 118

Apéndice 3. Cálculos para la propuesta de proyecto climático de paneles solares. 119

Apéndice 4. Cálculos del Análisis Costo Beneficio de proyecto ambientales. 121

Índice de cuadros

Cuadro 1. Potenciales de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero con su correspondiente vida media. 10

Cuadro 2. Parámetros y fuentes de datos de actividad utilizados para el cálculo de las emisiones GEI de la sede Central del MOPT. 20

Cuadro 3. Ecuaciones para cálculo de incertidumbre tipo A. 22

Cuadro 4. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de la incertidumbre estándar tipo B por medio de propagación de error. 23

Cuadro 5. Fuentes de emisión clasificadas por alcance. 28

Cuadro 6. Emisiones toneladas de CO_2 e por consumo de combustibles fósiles. 30

Cuadro 7. Emisiones en ton CO2e por tipo de gas refrigerante según cálculo por pérdida del 10% anual. 33

Cuadro 8. Combinación de incertidumbres estándar 47

Cuadro 9. Clasificación de la organización según su complejidad 48

Cuadro 10. Proyecto climático por uso eficiente de combustibles fósiles. 49

Cuadro 11. Proyecto climático por uso de combustibles alternativos 50

Cuadro 12. Proyecto climático por sustitución parcial de flota vehicular de combustión a electricidad 52

Cuadro 13. Cantidad de vehículos según estilo que utilizan diésel como combustible. 53

Cuadro 14. Proyecto climático para sustitución de vehículos que consumen diésel por gasolina. 53

Cuadro 15. Inventario de luminarias MOPT 2019. 54
Cuadro 16. Estimación de potencial consumo suponiendo la sustitución total de la capacidad instalada a tecnología LED. 55
Cuadro 17. Proyecto climático por reemplazo de luminarias 55
Cuadro 18. Proyecto climático por modalidad de teletrabajo en la mitad de la planilla. 56
Cuadro 19. Proyecto climático por instalación de paneles solares. 58
Cuadro 20. Comparación de emisiones de otros refrigerantes de uso convencional y el R 290 como gas de referencia. 58
Cuadro 21. Proyecto climático por reemplazo de Aires acondicionados convencionales. 59
Cuadro 22. Proyecto climático por disminución de residuos enviados relleno sanitario. 60
Cuadro 23. Viabilidad técnica de los proyectos climáticos propuestas. 62
Cuadro 24. Cálculo del VAN social y privado, TIR social y privada de la inversión en proyectos ambientales de proyectos climáticos. 67

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del sitio en que se desarrollará el proyecto. 19
Figura 2. Organigrama del Ministerio de Obras Públicas y Transportes 27
Figura 3. Tipo de combustible utilizado en fuentes móviles y estacionarias. 30
Figura 4. Emisiones de ton CO_2 e del subsector de combustibles fósiles del sector energía del MOPT para el año 2019. 31
Figura 5. Gases refrigerantes analizados según el tipo de equipo cuantificado en datos de la actividad. 32
Figura 6. Emisiones de ton CO2e del subsector de aire acondicionados y refrigerantes del sector IPPU del MOPT para el año 2019. 34
Figura 7. Capacidad en kg de cilindros para extinción de incendios. 36
Figura 8. Consumo eléctrico en kWh por edificio para el año 2019. 37
Figura 9. Comportamiento del consumo eléctrico para el año 2019 en instalaciones del MOPT. 38
Figura 10. Aportes porcentuales de cada fuente de emisión durante el año 2019. 39
Figura 11. Composición de las emisiones por gas de efecto invernadero según alcance. 40

Figura 12. Diagrama de Ishikawa para la comprensión de las fuentes de incertidumbre asociadas a la medición de las fuentes de gases de efectos invernadero. 41
Figura 13. Histograma de km recorridos para vehículos tipo sedán. 51
Figura 14. Percentiles de kilómetros recorridos por vehículos del MOPT. 53
Figura 15. Cantidad de luminarias instaladas en edificios de sede central según tipo de tecnología. 55
Figura 16. Diagrama de Pareto sobre la generación eléctrica por edificio. 57
Figura 17. Composición de residuos sólidos medidos en el MOPT. 60
Figura 18. Curvas J para comparación entre flujos por la inversión de proyectos de reducción para proyectos climáticos. 68

I. INTRODUCCIÓN

1.1.Descripción del problema

En 2015, el MINAE en conjunto con el IMN, realizan el inventario nacional de gases de efecto invernadero más actualizado para Costa Rica, determinando un total de 10 881,68 Gg de CO_2 e (Blanco et al., 2015). De acuerdo con lo anterior, el Estado encamina sus esfuerzos por reducir esta huella, mediante la aplicación de programas que llevan a la descarbonización progresiva de la economía (PPCN, 2021).

En setiembre de 2017, la Dirección de Cambio Climático (DCC), del Ministerio de Ambiente y Energía, en adelante MINAE, anuncia la Versión 2.0 del Programa País para la Carbono Neutralidad (Presidencia de la República, 2017), cinco meses después, es oficializado por medio del Diario Oficial La Gaceta, que decretan en seis artículos y seis transitorios los lineamientos, reclasificaciones, normas de referencia, y mecanismos para abordar la nueva versión, por medio de un sistema de reconocimiento de las acciones abordadas en el control de las fuentes contaminantes (*Oficialización Del Plan de Descarbonización Compromiso Del Gobierno de La Republica*, 2019).

A pesar de los esfuerzos en esta materia, el 25° informe del Programa Estado de la Nación (PEN), los medios de comunicación y el reciente Estado del Ambiente, publicado por el MINAE en el 2018, señalan que, entre los años 2012 y 2017, al sector privado se le otorgó cerca de 103 certificaciones con la marca de C-Neutralidad (Corrales y Chacón, 2013; MINAE, 2018). El informe no menciona la situación con respecto a las instituciones públicas, más aún, la DDC para el 2018, indicaba en su sitio web cerca de 5 instituciones de gobierno con la certificación, dentro de las cuales se encuentran: Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), Contraloría General de la República, Instituto Nacional de Seguros (INS) y Municipalidad de Cartago (DCC, 2018).

Dentro del proceso para alcanzar la carbono neutralidad, existen guías metodológicas que explican el desarrollo de un proceso que inicia con el compromiso de la organización, seguido por el levantamiento del inventario de gases de efecto invernadero, para la implementación de medidas de reducción en la fuentes generadoras (Gamboa, 2016).

Por su parte, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), sostiene acciones para el mejoramiento ambiental, en las que destacan la implementación de un PGAI. Tomando en consideración estas líneas de acción, se establece la meta de alcanzar la certificación C-Neutralidad para actividades desarrolladas en los cinco edificios que integran la Sede Central, ubicados al costado sur del gimnasio Liceo de Costa Rica, Avenidas 20 y 22, Calles 9 y 11, Plaza González Víquez, San José, Costa Rica.

Para la cuantificación de las emisiones se toma el año base 2019, a partir de recomendaciones después de la auditoría por parte de DIGECA en 2017 donde por medio de una nota de realimentación 21 de agosto de 2017, sugieren a la institución avanzar con la elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero, con el fin de cumplir las metas país en materia de descarbonización de la economía.[1]

1.2. Justificación

En los años 90, Costa Rica asume la labor voluntaria de participar en los esfuerzos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Su trabajo voluntario, se ha convertido en ejemplo a niveles internacionales, posicionándolo como un país líder en el abordaje de los temas relacionados con los proyectos climáticos (Mora, 2017).

Más que realizar un trabajo meramente voluntario, las autoridades costarricenses se han empoderado de esta situación, y es así como, producto de los recursos bibliográficos que señalan a la región centroamericana como un territorio de alta vulnerabilidad al cambio climático, es que, el Estado encamina sus esfuerzos para alcanzar la carbono neutralidad. Algunos de los señalamientos que podemos encontrar en la literatura sobre la vulnerabilidad de la región centroamericana, son los mencionados por (Zucco et al., 2011), quienes mencionan que, en los últimos 40 años las temperaturas han incrementado cerca de 0,7-1 °C en centro y sur América; sobre las precipitaciones, estos autores también señalan que en los últimos 50 años las lluvias han disminuido en 1 mm/día. Más específicamente, datos del INEC, muestran que, para el periodo 2012 y 2015 el promedio anual de lluvia en Costa Rica aumentó de 2 047,6 a 3 402,0 mm (INEC, 2019). Datos como este se acompañan de una mayor recurrencia de las inundaciones urbanas en épocas de intensa lluvia, con un número

[1] Oficio emitido al MOPT después de auditoría sobre informe del PGAI.

de desastres por eventos meteorológicos y geológicos promedio de 458 por año, entre el 2012 y 2016 (PEN, 2020). En adición, resultados del vigésimo tercer Estado de la Nación indican que un ciudadano costarricense, sostiene una huella ecológica promedio de 1,89 hectáreas globales por habitante, de las cuales un promedio del 59% de esas hectáreas, representa el territorio ecológicamente productivo que se requiere para absorber las emisiones de carbono (Corrales & Chacón, 2017)

De acuerdo con Lwasa et al., (2018), las ciudades son consideradas como los puntos geográficos que deben presentar una respuesta rápida tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático. Lo anterior queda argumentado por Mitchell et al., (2017); Schleussner et al., (2016), quienes mencionan que los impactos del cambio climático en las ciudades se verán reflejados por medio de inundaciones, sequías, estrés hídrico, olas de calor, olas de frío, la subida del nivel del mar, intrusión de agua salada, erosión costera y mareas de tormenta.

Conscientes de la necesidad de fortalecer el tema de cambio climático, en 2007 nace el programa "Paz con la Naturaleza: economía neutra en emisiones de CO_2 equivalente", el cual buscaba en su momento posicionar al país como carbono neutral en el año 2021 (MINAE, 2018). Un año después, surge la Estrategia Nacional de Cambio Climático, en adelante ENCC, oficializada por el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, la cual sienta el punto de partida "para crear las condiciones y avanzar hacia la instauración de un nuevo rumbo en la economía nacional con un contenido cada vez menor de emisiones" (MINAET, 2009). En el 2012 se consolida la hoja de ruta que genera resonancia a niveles internacionales: el Programa País de Carbono Neutralidad, el mismo se oficializa por medio del diario oficial la Gaceta. En este programa se establecen los lineamientos para demostrar la carbono neutralidad, acorde con los requerimientos de las normas técnicas como la ISO 14064-1:2018, y la adaptación nacional de dicha norma, la INTE B5:2016, actual versión INTE B5:2020 (Acuerdo-36-212-MINAET, la Gaceta Nº 118, 19 de junio del 2012, p. 43). Frente a la dinámica de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC en el 2015, Costa Rica presenta su Contribución Prevista y Determinada a nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés, Intended Nationally Determined Contributions), la cual representa el aporte que cada país estaría en capacidad de hacer a un nuevo régimen climático global pos 2020 de acuerdo

con sus capacidades y realidades (Gobierno de la República y MINAE, 2015). Producto de la INDC costarricense, el Acuerdo de París y el avance obtenido en el Programa País de Carbono Neutralidad, en el 2017 se publica el Programa País de Carbono Neutralidad 2.0. Este último busca "integrar la mayor cantidad de actores sociales en la gran meta nacional", por medio de escenarios a corto, mediano y largo plazo, para los años 2030, 2050 y 2100, correspondientemente (Presidencia de la República, 2017).

El que las organizaciones conozcan su huella de carbono es un valioso primer paso hacia una reducción cuantificable de las emisiones, que denota cómo reaccionan los humanos ante el calentamiento global como persona, organización, país y mundo (Awanthi & Navaratne, 2018). Recientemente, la organización ALIARSE para el desarrollo, en conjunto con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón elaboró una Guía de Cambio Climático y adaptación del modelo de negocio, en la que señalan a la medición de las emisiones como una primera fase para la mitigación y adaptación que representa una Gestión del Riesgo Climático como herramienta de evaluación empresarial y comunitaria para establecer acciones dirigidas (Gamboa, 2016).

Esta investigación cuenta con los recursos necesarios y con la debida aprobación de la Comisión de Gestión Ambiental Institucional, en adelante COGAI, así como, con el apoyo de los recursos tecnológicos, de instalación, transporte y logística, suministrados por la organización, específicamente desde la Unidad de Planificación Institucional (UPI). Por otra parte, se cuenta con el compromiso de los jerarcas de la División Administrativa quienes apoyan la ejecución de las actividades, y facilitan las cuestiones de suministros de datos de las actividades, comunicación con los actores pertinentes, así como el conocimiento de la totalidad de la gestión institucional.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Elaborar un inventario de gestión de los gases de efecto invernadero emitidos en 2019 en la sede central del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, para la ejecución de proyectos climáticos que reduzcan las emisiones de CO_2 equivalente, a través del control de fuentes de emisión.

1.3.2. Objetivos específicos:

1. Inventariar las fuentes de gases de efecto invernadero para el cálculo de las toneladas de CO_2 equivalente emitidas durante el 2019, mediante la revisión de datos de la actividad.

2. Proponer alternativas ecoeficientes aplicables a las instalaciones actuales del MOPT, para el manejo adecuado de las fuentes de gases de efecto invernadero, a través del control de los diferentes procesos inventariados.

3. Justificar técnica y económicamente la viabilidad de las alternativas propuestas, para el conocimiento de la mejor tecnología disponible, por medio de la exploración en el mercado.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Cambio climático y calentamiento global

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, conocido como IPCC por sus siglas en inglés (Intergovernmental Panel on Climate Change), define el cambio climático como la varianza en los datos estadísticos de medición de los factores del clima, generada por la influencia antropogénica de las emisiones de gases de efecto invernadero, resultantes del crecimiento económico y demográfico, con impactos en los sistemas naturales y humanos, en todos los continentes y océanos del planeta (IPCC, 2014).

Al respecto, los científicos han trabajado cerca de 200 años en investigaciones sobre los impactos que estos gases tienen sobre el calentamiento de la atmósfera y su implicación a nivel global. (Sutter, 2017). Claro está que los gases de efecto invernadero ejercen alteraciones sobre el comportamiento climático según la saturación en la atmósfera y que esto se ha presentado desde tiempos prehistóricos, es decir, el calentamiento global ha acompañado la historia de la Tierra con características de un proceso cíclico, no solo acompañado por periodos de calentamiento global como el evidenciado (en tiempo geológico) hace más de 10 000 años durante el pleistoceno tardío (Easterbrook, 2013; Pavlova y Pitulko, 2020), sino también por fases de glaciación, como la descrita por Castillo-Muñóz, (2010) ocurrida durante la Era Cenozoica (65 millones años al presente), cuando empezó un enfriamiento gradual desde el Plioceno (5,3-2,6 millones de años) hasta culminar

con los grandes eventos de glaciación del Pleistoceno (2,6-0,012 millones de años), que son las que han dejado rasgos y efectos glaciares, interglaciares y postglaciares en el territorio costarricense.

A pesar de lo anterior, el gran debate no puede quedarse en que la razón única del calentamiento global no es causada por las emisiones de CO_2 y de otros gases emitidos de manera natural hacia la atmósfera, sin considerar que este evento se ha exacerbado por el incremento de emisiones de GEI de origen antropogénico (Hartter et al., 2018).

2.1.1. Fuentes de emisión

Los sitios donde los contaminantes son emanados se conocen como fuentes, que pueden ser naturales o antropogénicas. La importancia de reconocerlas se debe a que las mismas sustancias químicas o partículas que provienen de una fuente biogénica, generan los mismos efectos que aquellas emitidas desde una fuente antropogénica (Vallero, 2014).

A continuación, se presentan las definiciones de los dos tipos de fuentes mencionadas en el párrafo anterior:

2.1.1.1.Biogénicas

En las fuentes de origen natural están incluidas las emisiones que genera la respiración de los animales, así como la descomposición de la materia muerta. Los volcanes y los incendios forestales se clasifican también en este tipo de fuentes. Estas fuentes liberan una variedad de contaminantes, en algunos casos estos pueden ser orgánicos, por ejemplo: los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y en otros casos inorgánicos, como el CO_2 (Vallero, 2014).

2.1.1.2.Antropogénicas

Corresponden aquellas fuentes de emisión que se generan desde que el ser humano descubrió la utilización de fuego para calentarse o cocinar, mediante la combustión de madera, que conforme se fueron desarrollando las sociedades, se sofisticaron las formas en que éste proveía de sus satisfacciones (Yue & Gao, 2018).

Como fue señalado anteriormente, las principales fuentes donde provienen los gases contaminantes de origen antropogénico son: el uso de combustibles fósiles para calentamiento, cocción de alimentos, transporte, transformación de la energía, incineración

de los residuos industriales y municipales, actividades agropecuarias y descomposición de materia orgánica en rellenos sanitarios (U. Lee et al., 2017; Vetter et al., 2017; Yue y Gao, 2018).

2.2. Efecto invernadero y sus gases precursores

Una de las razones por la cuales las condiciones en la Tierra son las aptas para el desarrollo de la vida, se debe al efecto invernadero. Los científicos conocen el efecto invernadero desde 1824, cuando Joseph Fourier calculó que la Tierra sería más fría si no hubiera atmósfera. Sin él, la superficie de la Tierra sería unos 15,55 grados Celsius más fría. En 1895, el químico suizo Svante Arrhenius descubrió que los humanos podrían aumentar el efecto invernadero produciendo dióxido de carbono, un gas de invernadero (Núñez, 2019).

Como lo explica Isaza y Campos, (2007), el efecto invernadero es análogo al calentamiento que se genera cuando se deja un carro expuesto al sol. Los vidrios funcionan como las capas de la atmósfera que filtran la radiación mediante la reemisión de aquellas ondas cortas, quedándose con aquellas ondas cortas que acumulan el calor en el interior hasta que la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior hace que el flujo de calor por convección equilibre la temperatura interior unos grados por encima de la exterior (Isaza y Campos, 2007).

De esta manera, cuando la radiación solar alcanza la superficie de la Tierra, ésta es absorbida y luego es reemitida con una longitud de onda mayor en el rango de radiación infrarroja. No toda la radiación regresa al espacio exterior, una parte se absorbe por gases de la atmósfera disponibles naturalmente como el vapor de agua, ozono y dióxido de carbono, aquí también participan los gases de efecto invernadero de origen antropogénico (Grundmann, 2018; Isaza y Campos, 2007).

El gas de efecto invernadero más importante es el dióxido de carbono (CO_2), pero las contribuciones sustanciales al calentamiento global se realizan también mediante otros gases, en particular como el metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) (US EPA, 2021).

A continuación, se describe las principales características de los gases implicados en el efecto invernadero:

- Dióxido de carbono (CO_2):

Una de las formas en que se encuentra el carbono en la atmósfera, es mediante un gas llamado dióxido de carbono (CO_2), su concentración, se mide en partes por millón (ppm) (Attiwil, 1971). Este gas es el mayor responsable de calentamiento global y su aporte a las emisiones totales de gases de efecto invernadero, es cercano 80% (Noh et al., 2014).

Ese porcentaje se vio alimentado por lo que algunos autores señalan sobre la quema de combustibles fósiles entre los años 1950 y 2004, periodo en el que la Tierra alcanzó un incremento considerable en la temperatura media global (Floyd y Ekene, 2016). La liberación de este gas se vio potenciado por la extracción de hidrocarburos del subsuelo por orígenes antropogénicos. La disponibilidad de estos combustibles permitió que la población humana creciera de uno a seis billones de habitantes entre 1800 y 2000, trayendo consigo una demanda energética importante, que emancipó la quema de combustibles (Rull del Castillo, 2018).

- Metano (CH_4):

Es un hidrocarburo que al igual que muchos de los gases presentes en la naturaleza, se genera por medio de la descomposición anaeróbica (Badr et al., 1992). Este gas puede formarse también en el estómago de los animales o en cualquier acumulación de vegetación (Badr et al., 1992). Por este motivo, este gas también está presente en los combustibles fósiles y es el componente principal del gas natural (Badr et al., 1992).

Antes de la industrialización la concentración de este gas era de 0,7 ppm, después de esta es de 1,7 a 1,8 ppm. Por su capacidad de absorción a la radiación infrarroja, se estima que una tonelada de CH_4 equivale a 23 de CO_2. Sin embargo, este solo se mantiene en la atmósfera por 12 años. Algunos señalan que el 20% del efecto invernadero se debe a este gas (Moomaw, 1996).

Su manejo se puede lograr por medio del control en los vertederos y los escapes en las minas de carbono y en la extracción del gas natural. Una buena noticia es que, a niveles planetarios, las emisiones de este gas se han reducido, gracias a los gasoductos en la región Rusa (Lauder et al., 2013).

- Óxido Nitroso (N_2O):

La presencia de este gas es muy pequeña en la atmósfera, pero su pequeña concentración contribuye entre un 5-6% al efecto invernadero, debido a que su efecto es 320 mayor que el de CO_2 (Parker et al., 2018). Desde la revolución industria ha aumentado su concentración en un 0,2 – 0,3 % anual (Parker et al., 2018). Este gas también tiene un impacto en la capa de ozono al reaccionar con los fluorocarbonos que funcionan catalizadores en las reacciones con el ozono troposférico (Parker et al., 2018).

La principal fuente de emisión de este gas, se da en los campos de cultivo, por medio del uso abusivo de abono con amonio (NH_4^+) (Cao et al., 2019).

- Gases fluorados:

Los hidrofluorocarburos (HCFC), perfluorocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6), son los principales grupos que integran los gases halogenados de efecto invernadero (S. Lee et al., 2015). Aunque su presencia en la atmósfera es despreciable, sus efectos son 10 000 veces superior a los del CO_2 (S. Lee et al., 2015). Estos gases retienen en conjunto, el 60% de la radiación infrarroja (S. Lee et al., 2015).

Los dos primeros mencionados, se han empleado para la sustitución de los fluorocarbonos que antes se utilizaban para propósitos de refrigeración y confort térmico, pero que poseían importantes capacidades para la destrucción de la capa de ozono (S. Lee et al., 2015).

El último gas, el SF_6, tiene efectos superiores a 20 000 veces los que generaría el CO_2; por ventaja, este gas tiene una presencia muy escasa y es muy denso que no le permite alcanzar las capas altas de la atmósfera (S. Lee et al., 2015).

La principal fuente de emisión se da por las instalaciones eléctricas, que utilizan este gas como un medio dieléctrico, para los altos voltajes (S. Lee et al., 2015). Cabe mencionar que, es un gas que permanece entre 800 y 2 300 años en la atmósfera (S. Lee et al., 2015).

2.2.1. Potencial de Calentamiento Global (PCG)

Por sus siglas en inglés, se puede identificar como GWP (Global Warming Potential); es un índice que mide la contribución que tiene una determinada sustancia al efecto invernadero (Skytt et al., 2020). Para el cálculo de este índice, se considera la capacidad de

influir sobre el incremento del CO_2, durante un periodo de 100 años (Skytt et al., 2020). En el cuadro 1 se presentan los PCG de alguno de los gases precursores del efecto invernadero:

Cuadro 1. Potenciales de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero con su correspondiente vida media.

Nombre	Vida media (años)	Potencial de Calentamiento Global (PCG) con un horizonte a 100 años
Dióxido de carbono (CO2)	5 a 200	1
Metano (CH4)	12	23
Óxido Nitroso (N2O)	114	310
Perfluorocarbonos (PFCs)	800 a 4 100	7 000 a 8 700
Hidrofluorocarbonos (HFCs)	1,4 a 270	140 a 11 700
Hexafluoruro de azufre (SF6)	3 200	23 900

Fuente: Huang et al., (2013)

El cuadro 1, presenta los Potenciales de Calentamiento Global de los gases estudiados en el apartado anterior. En la columna dos se presenta la vida media de estos. Según IPCC, (2014), este valor corresponde a un horizonte fijo de 100 años que indica que si por 100 años la misma masa del gas indicado y de CO_2 se introducen en la atmósfera, el gas indicado atrapará más veces la cantidad de calor que el CO_2.

2.2.2. Efecto albedo

La radiación que es reemitida, es medida por el *efecto albedo*, éste determina la capacidad de reflexión de una superficie con respecto a la luz solar y se define como la relación entre la radiación solar reflejada y la radiación solar incidente en la superficie (Li, 2016). Albedo es una fracción adimensional y se mide en una escala de 0 a 1 (Li, 2016). Un albedo de 0 significa que no se refleja radiación en una superficie perfectamente negra (todo es absorbido), un albedo de 1 significa reflexión perfecta sobre una superficie perfectamente blanca (100% reflejada) (Li, 2016).

La importancia del efecto albedo, se presenta más que todo a nivel de la planificación de proyecto de mitigación al calentamiento global, como lo expone Cotana et al., (2014), puede ser empleado por medio de una contribución directa hacia la mitigación del

calentamiento global producida por una reflexión mejorada en el espacio de la onda corta incidente de radiación.

2.2.3. Control de las emisiones

Los contaminantes del aire pueden ser materiales en estado sólidos como las partículas PM_{10}, PM_5 y $PM_{2,5}$, también se presentan en sustancias gaseosas, que son la mayoría. Para reducir la cantidad de estas sustancias a niveles deseables, existen varios métodos de control general de gases y vapores (Zhou y Feng, 2014). De acuerdo con (Glynn y Heinke, 1999), existen cuatro formas en que se puede controlar la emisión de gases contaminantes. Estas se explicarán a continuación:

a) La primera de ellas es mediante la reducción o eliminación en la producción de los gases que se podrían considerar como indeseables.

b) La segunda manera, es la inducción a reacciones de los gases en un proceso químico que genere emisiones diferentes.

c) En tercer lugar, se puede utilizar la absorción, que extrae, de manera selectiva, el producto indeseable de una corriente gaseosa por medio de la transferencia de las moléculas a líquido.

d) Finalmente, toma lugar la adsorción, que deposita las moléculas gaseosas en una superficie sólida.

2.3. Afectaciones a la salud

El primer señalamiento que realiza la Oficina de Información sobre el Cambio Climático (IUCC por sus siglas en inglés), indica que los efectos harán aumentar la tasa de mortalidad y probabilidad de contraer enfermedades, en especial importancia en los sitios donde se presentarían sequías, inundaciones y tormentas, con una incidencia a la salud humana muy difícil de cuantificar (Melorose et al., 2015). Las principales enfermedades que se pueden identificar son las respiratorias, alérgicas, trasmisibles y el estrés generado por las olas de calor (Melorose et al., 2015). Para el caso de estas última comentadas, podemos ampliar en que las elevadas temperaturas, ejercen una tensión suplementaria al sistema circulatorio del ser humano (Melorose et al., 2015). También se pueden presentar el caso con

las transmisibles como el paludismo, que es transferida por vectores, como los mosquitos, comunes en los climas cálidos tropicales (Melorose et al., 2015).

Otro impacto indirecto que tienen estos gases es el relacionado con aquellos componentes agotadores de la capa de ozono, que al reducir su capacidad de absorción de radiación UV, puede causar cáncer y debilitar el sistema inmunitario del ser humano (Melorose et al., 2015).

Una conclusión importante es que las afectaciones, serán mayores para aquellas personas que tienen menos medios para paliar la insuficiencia de alimentos y agua (Isaza & Campos, 2007).

2.4. Adaptación

Vij et al., (2017), define la adaptación como el ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación implica ajustarse al clima, descartando, si esto se genera por cambio climático, variabilidad climática o eventos puntuales.

A nivel país, se ha identificado siete sectores que pueden catalogarse como prioritarios, estos son: el hídrico, energía, infraestructura, salud, pesca y zonas costeras, biodiversidad y agropecuario. De los mencionados, el hídrico, agropecuario, biodiversidad y energía son los que presentan un mayor avance (MINAE e IMN, 2014)

A pesar de lo anterior, la IPCC, 2014 menciona que, para obtener una respuesta hacia la adaptación y mitigación es indispensable considerar factores comunes. Estos factores pueden ser la eficacia de las instituciones y la gobernanza, la innovación y las inversiones en tecnologías e infraestructura bioclimática, con un impacto no sólo a nivel de la agricultura de subsistencia sino también en iniciativas de comportamiento de estilos de vida sustentables.

2.5. Mitigación

En el año 2014, el MINAE y el IMN, mediante la Tercera Comunicación Nacional, definieron la mitigación al cambio climático como las políticas, tecnologías y medidas tendientes a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la Estrategia Nacional de Cambio Climático (MINAET, 2009), se contemplan tres subejes para la elaboración de un Plan Nacional de Cambio Climático. El primer subeje

considera la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), por fuente. El segundo, busca la captura y almacenamiento del CO_2. Finalmente, el tercero pretende desarrollar un mercado de carbono nacional.

En el siguiente apartado se exponen algunas de las medidas ambientales que se pueden emplear para la mitigación y adaptación al cambio climático.

2.5.1. Medidas ambientales

Se definen como aquellas acciones y actos dirigidos a prevenir, corregir, restablecer, mitigar, compensar, impedir, limitar, restringir, o suspender, entre otras, aquellos efectos y actividades capaces de degradar el ambiente (EMPIPCSA, 2018).

A modo de ejemplo, una medida ambiental que consiste en la captura del CO_2, se desarrolló en la ciudad de Zurich, Alemania, donde se empleó una tecnología que succiona el aire y filtra del flujo el CO_2, por medio de absorción. Esta busca la limpieza del aire de los gases ya emitidos (Müller, 2019).

Algunas otras medidas trabajan para la adaptación, como la arquitectura bioclimática, que ante los ajustes necesarios que deben enfrentar las escuelas de arquitectura y diseño en todo el mundo para acoplar los cambios climáticos y demás problemáticas ambientales generadas por el calentamiento global, han incorporado desde temas de la arquitectura popular o vernácula, hasta los componentes actuales sobre el aprovechamiento de las energías renovables, la bioconstrucción, el urbanismo ecológico, la arquitectura pasiva, iluminación natural, contaminación y tratamiento de los residuos (sólidos y líquidos), acústica medio ambiental, paisajismo, materiales sostenibles, prevención en la degradación de los suelos, protección de cuencas hidrográficas, establecimiento y reestructuración de zonas protegidas que aseguren los hábitats de las especies amenazadas (“La Necesidad de una Especialización y/o Maestría en Medio Ambiente y Arquitectura Sostenible y Bioclimática en una época de globalización, en pleno siglo XXI en Guatemala para enfrentar los problemas ambientales”, 2006).

En organizaciones que manejan procesos productivos con generación de emisiones de GEI, se debe considerar una relación entre la representación de la sostenibilidad económica y ambiental (ecoefciencia), inserción socioeconómica y justicia socioambiental

(Munck y Cella De Oliveira, 2014). Mota, Hernandis, Mazarelo, Batalha, y Vergara, 2015, concluyen que la adaptabilidad tecnológica integra aspectos que tienen como objetivo reducir las entradas de energía, manteniendo la calidad necesaria para satisfacer a un cliente. Todo esto se espera que se logre mediante eficiencia productiva, ganancias económicas y ambientales.

En Costa Rica, la ecoeficiencia, definida como la capacidad de una organización para producir más con menos (Munck y Cella De Oliveira, 2014), es una iniciativa de la empresa privada que es dirigida por la asociación empresarial para el desarrollo (AED), y esta nace con el objetivo de que las empresas reduzcan sus emisiones (MINAE e IMN, 2014).

Otra de las medidas ambientales implementadas en el país corresponde a los mercados voluntarios de carbono, que sirve como un instrumento financiero de inversión, donde participan personas físicas y jurídicas que pueden contribuir a la conservación de los ecosistemas boscosos. Este método de inversión voluntaria se concibe bajo un principio de responsabilidad social empresarial (MINAE y IMN, 2014).

2.6. Programa País para la Carbono Neutralidad 2.0

A como ha sido comentado, la versión 2.0 de este programa, se postuló como un mecanismo para reconocer la adecuada gestión de las emisiones de GEI a organizaciones públicas y privadas (Mora, 2017).

Como parte de los propósitos que busca este programa, está sensibilizar a las organizaciones sobre el cambio climático y los desafíos de la descarbonización de la economía (Mora, 2017), lo cual es un proceso a largo plazo que requiere la inserción de políticas y mecanismos de mercado que fomenten la inversión rentable en tecnologías bajas en carbono y contribuyan a reducir drásticamente el consumo de combustibles fósiles (Entrecanales, 2016).

Otro objetivo que se plantea es potenciar los proyectos climáticos por medio de la gestión de las emisiones desde sus fuentes de emisión. Para poder cumplir con la anterior, se vuelve trascendental el desarrollo de información primaria en materia de inventarios de gases para mejorar la eficiencia y productividad de las organizaciones en forma sostenible (Mora, 2017). Todo lo anterior corresponde a los objetivos que busca este programa enmarcado en

las metas país manifestadas en el Contribución Nacional del Acuerdo de París, que, comparado con la primera versión del programa, no se aplicaba la serie de reconocimientos según el cumplimiento de fases (MINAET, 2009).

2.6.1. Carbono neutralidad

En el 2012, cuando el país oficializó el Programa País Carbono Neutralidad, por medio del acuerdo 36-2012 MINAET, se promovió en su momento el reporte de inventario de gases de efecto invernadero y la aplicación de la norma nacional de Carbono Neutralidad, la INTE 12-01-06:2011 (MINAE e IMN, 2014). Actualmente, la norma se ha modificado por medio del Instituto de Normas Técnica de Costa Rica, y su codificación corresponde a INTE B5:2020.

Esta norma asegura la consistencia y la calidad de los inventarios y provee los mecanismos de medición, reporte y verificación para los consumidores y usuarios en general. Para la interpretación nacional de las emisiones que son evitadas, reducidas, removidas y/o almacenas, se crea reconoce una Unidad Nacional de Compensación (UNC) (INTECO, 2020). Las Unidades Costarricenses de Compensación (UCC), son las UNC por la cuales se monitorea, verifica y reportan emisiones de GEI (MINAE y IMN, 2014).

La INTE B5, fija una ecuación que establece la igualdad matemática para la carbono neutralidad:

$$\sum E - \sum R - \sum C = 0 \qquad \textbf{Ecuación 1}$$

Donde:

a) E: medición o estimación verificable de las emisiones totales y remociones del año, dentro del límite operativo establecido por la organización. El año de reporte debe ser año natural, es decir desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre.
b) R: disminución de emisiones de GEI lograda por la organización mediante la implementación de acciones dentro del período de reporte desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre.
c) C: mecanismo de nivelación de una organización (compensación) para todo el inventario de GEI que puede ocurrir directamente al prevenir la liberación, al reducir o al remover una cantidad de emisiones de gases con efecto invernadero en un proceso por fuera de los límites operativos de la organización.

Sin embargo, en 2017, la Dirección de Cambio Climático implementa un sistema de reconocimiento en el que se postulan cinco niveles en los cuales Mora, 2017, describe que se reconocerá el esfuerzo de las organizaciones de manera escalonada. En el primer eslabón, sólo se debe de cumplir con el reporte de inventario. El segundo incluye las reducciones asociadas a los gases cuantificados. El tercero, es una reducción plus que es otorgado cuando la organización además de cumplir con el inventario y las reducciones asociadas realiza esfuerzos que van más allá de los requisitos establecidos. El cuarto reconocimiento, se confiere cuando la organización ha elaborado el inventario, cumple con los requisitos de la norma, compensa las emisiones y verifica su inventario con un Organismo Validador y Verificador acreditado con la norma INTE/ISO 14065. Finalmente, el quinto reconocimiento, se conoce como el carbono neutral plus, y estará a disposición para aquellas empresas que:

a) Las emisiones totales de la organización sean menores en al menos un 5 % a las del reporte del año anterior.

b) La organización desarrolla, implementa y cuantifica acciones adicionales que generen reducción de emisiones de GEI fuera de los límites y el alcance del inventario de GEI de la organización.

Y adicionalmente, la organización (Mora, 2017):

a) Promueve participación de otras partes en el PPCN.

b) Apoya a ONG’s que colaboran al cumplimiento de objetivos del PPCN.

c) Compra bienes o servicios a organizaciones que cuentan con al menos el reconocimiento “Carbono Reducción” del PPCN.

d) Utiliza productos de madera nacional en lugar de otro tipo de productos.

e) Implementa un Plan de Gestión Ambiental equivalente al PGAI de DIGECA se encuentra certificado en ISO 14001.

Este último galardón puede ser otorgado cuando la organización financia proyectos registrados en el Mecanismo de Compensación del Gobierno de Costa Rica, cuyos créditos sean mayores al 5% de sus emisiones (Mora, 2017).

2.6.1.1.Inventario de Gases

Un inventario de gases está compuesto por las fuentes, los sumideros, emisiones y remociones de GEI de una organización, localidad, país o región (INTECO, 2006), que debe cumplir con una serie de principios como los mencionados por DCC, 2014:

a) Pertinencia: Seleccionar fuentes que estén acorde con la cobertura total.

b) Cobertura total: Datos y metodologías apropiadas que abarquen los límites del inventario.

c) Coherencia: Comparaciones significativas de la información relacionada con los GEI.

d) Exactitud: Sesgos e incertidumbres reducidas en los cálculos.

e) Transparencia: Información que pueda se divulgada de manera suficiente, clara y comprensible sobre la documentación, para tomar decisiones razonables.

Para el diseño del inventario, se debe considerar el alcance para demostrar la carbono neutralidad. Esto se logra mediante la delimitación organizacional y operacional. Para el caso de la primera, se define y documenta el objetivo de esta, así como, el usuario previsto, para examinar sus operaciones y determinar fuentes y sumideros de GEI (INTECO, 2016).

A nivel de instalación la organización debe utilizar un enfoque de control operacional o financiero para cuantificar las emisiones atribuibles a las operaciones sobre la cuales ejerce un control operativo o financiero. No se debe contabilizar las emisiones provenientes de fuentes sobre las cuales la organización es propietaria de una parte de la fase operativa pero no tiene el control de la misma (INTECO, 2016).

Para el inventario, se debe pasar por varias etapas, estas se describen a continuación (INTECO, 2016):

1. Identificación de fuentes: documentar las fuentes de GEI que contribuyen a sus emisiones directas, así como las fuentes de emisiones indirectas de GEI por emisiones indirectas por consumo de energía.

2. Selección de la metodología de cuantificación: Las emisiones deben ser cuantificadas de conformidad con los métodos: Cálculos basados en datos de la actividad de GEI

multiplicados por los factores de emisión o remoción de GEI. Segunda medición directa utilizando seguimiento de emisiones de gases con efecto invernadero continua o periódica. Y finalmente, cálculos realizados por balances de masas.

3. Selección y recopilación de datos de la actividad de GEI: la organización debe seleccionar y recopilar datos de la actividad de GEI coherentes con los requisitos de la metodología de cuantificación seleccionada.
4. Selección o desarrollo de los factores de emisión o remoción de GEI
5. Cálculo de las emisiones y remociones de GEI.

2.6.1.2.Planes de reducción

La familia de las normas ISO 14064, presenta una norma específica para los proyectos de reducción de gases de efecto invernadero, se trata de la INTE/ISO 14064-2. En esta norma se amplía todos los requisitos para la planificación, la identificación y selección de fuentes, sumideros y reservorios de GEI. Más adelante, continua con un requerimiento a nivel del seguimiento, la cuantificación, la documentación y el informe del desempeño del proyecto de GEI y la calidad de los datos de gestión.

De acuerdo con la norma INTE B5 2016, un plan de gestión de reducciones debe contener como mínimo los objetivos de reducción de GEI para el alcance definido en el inventario de emisiones. Uno de los factores determinantes, es que dichos objetivos de reducción deberán estar adecuados a la escala de tiempo establecida para alcanzar la Carbono Neutralidad (INTECO, 2016).

En el mismo plan debe quedar expreso los recursos, no solo para alcanzar, sino también para mantener las reducciones de emisión de GEI, por medio de justificaciones técnicas y medidas ambientales aplicadas (INTECO, 2016).

Finalmente, para garantizar un cumplimiento con este plan de reducción, se debe incluir una estimación de la cantidad de emisiones de GEI que la organización planea reducir, especificando para cada una, la naturaleza (fuente), metas, actividades, metodología, responsables, indicadores de seguimiento y los métodos de control para el mejoramiento continuo (INTECO, 2016).

III. METODOLOGÍA

Como parte de los procedimientos rigurosos que se siguieron en esta investigación para poder obtener el conocimiento se utilizará el método de investigación deductivo. Para esto se emplearon principios y teorías, ya estudiadas, sobre el proceso de inventariar los gases de efecto invernadero.

Por otra parte, los pasos a seguir para la resolución del problema refieren a una investigación del tipo descriptiva para narrar las características y propiedades que se encuentran asociadas a la situación especificada en el apartado 1.1. Por consiguiente, este trabajo integró métodos cuantitativos.

3.1. Alcance y delimitación de espacio

El proyecto se desarrolló en los edificios de la Sede Central del MOPT. En la figura 1, se observa la zona de estudio.

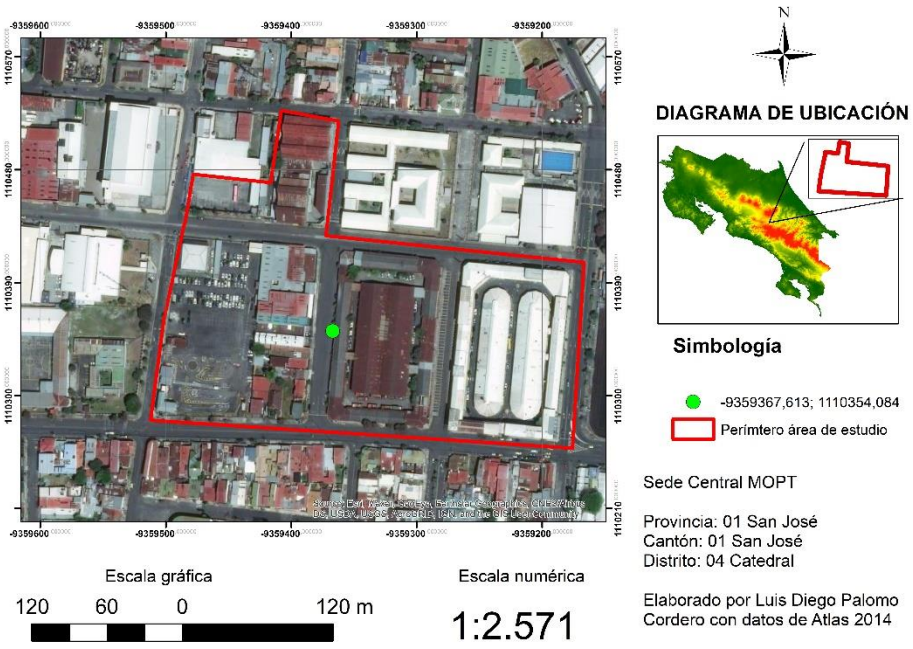


Figura 1. Ubicación del sitio en que se desarrollará el proyecto.

3.2. Fase 1. Diagnóstico de las fuentes generadoras y levantamiento de inventario de GEI

3.2.1. Alcance del inventario

3.2.1.1.Límites organizacionales

Se establecieron los límites de la organización acorde con las estructuras legales y organizacionales. Se delimitó utilizando un enfoque de control operacional, para consolidar las emisiones de GEI contempladas dentro del inventario.

Una vez determinados los límites organizacionales, se estableció los límites operacionales que implican identificar emisiones asociadas con las operaciones categorizándolas en emisiones directas e indirectas. En adición, la debida clasificación por alcance uno, dos o tres, donde, alcance 1, representa las emisiones directas provenientes de fuentes que posee y controla la organización, por ejemplo: la quema de combustibles fósiles, emisiones de gases refrigerantes, entre otros; alcance 2, conocidas como emisiones indirectas, constituidas por la compra de servicios de electricidad; y finalmente, alcance 3, u otras emisiones indirectas, que son las generadas por consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren desde fuentes que no posee ni son controladas por esta.

3.2.2. Recolección de datos

Se recolectaron dos tipos de información; en primer lugar, la información de 2019 relacionada con los datos de la actividad y en segundo lugar los factores de emisión publicados en 2020 según el sector bajo análisis (energía, procesos industriales, agricultura y residuos). En el primer caso de datos a recolectar, se utilizó las fuentes especificadas en el cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros y fuentes de datos de actividad utilizados para el cálculo de las emisiones GEI de la sede Central del MOPT.

Aspecto	Parámetro	Fuente
Electricidad	Electricidad consumida en kWh	Revisión de datos almenados en sistemas de registro de información SINAEP[1]
Combustibles fósiles	Consumo de combustibles (L)	Coordinación con el departamento de control de combustibles Sistemas de registro CITEC[2]

Aspecto	Parámetro	Fuente
Gases refrigerantes	Masa de gases refrigerantes calculadas por emisiones fugitivas.	Reporte de especificaciones técnicas de los equipos.
Lubricantes	Litros consumidos por concepto de mantenimiento en vehículos.	Datos de Departamento de equipo y maquinaria. En su defecto estimación teórica.
Residuos sólidos	Cantidad de residuos generados por año por persona (kg/persona)	Datos suministrados por el Departamento de Servicios Generales.
Aguas residuales	Consumo de agua (m^3)	Planilla de funcionarios.
Extintores	Masa de recarga de extintores en kg	Calculo por emisiones fugitivas.

[1]Sistema Integrado de Asignación y Ejecución Presupuestaria
[2]Sistema de Control Interno de Tarjetas Electrónicas de Combustible

Para la segunda subfase de recolección de datos, los factores de emisión que se utilizaron son los determinados por el IMN, o bien, los calculados por medio de la guía de la IPCC. Para casos más específicos, se manejó la relación estequiométrica para los casos en los que aplique el cálculo, por ejemplo, en el consumo de aceites.

Para la selección de los factores de emisión, se tomó en cuenta lo señalado por la norma INTE B5:2016, donde, estos se deriven de un origen reconocido, sean apropiados para las fuentes estén actualizados para el momento en que se realiza la cuantificación tengan asociada una incertidumbre de la cuantificación y sean coherentes con el uso previsto de inventarios.

3.2.3. Cálculo de las emisiones

Para el cálculo de emisiones se utilizó el método 1 indicado por la norma INTE B5:2016, multiplicando por factores de emisión o remoción de GEI oficializados por la autoridad competente, o uso de modelos sustentados científicamente (INTECO, 2020).

De esta manera, se multiplicó los datos de la actividad con los factores de emisión determinados para cada sector bajo estudio. Los resultados del inventario de emisiones se reportaron en una sola unidad de medida. Para esto se convirtió en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_2 equivalente).

Para lograr lo anterior, se consultó los Potenciales de Calentamiento Global (PCG), provenientes de las publicaciones del IMN y disponibles en la página web de la IPCC.

3.2.4. Cálculo de la incertidumbre

El cálculo de la incertidumbre se realizó por medio del método de propagación de error. Para entender las posibles fuentes del error en la medición se elaboró un diagrama de Ishikawa en el software R. Se identificaron las incertidumbres asociadas a datos de la actividad, dependiendo del tipo de datos utilizados para el cálculo de emisiones se determinó si correspondía a incertidumbre tipo A o B. Para aquellas incertidumbres tipo A, se utilizaron las ecuaciones del cuadro 3 y para incertidumbres tipo B las del cuadro 4.

Cuadro 3. Ecuaciones para cálculo de incertidumbre tipo A.

Incertidumbre tipo A	**Incertidumbre estándar tipo A**
Ecuación 2*	Ecuación 3
$u_{tipo\ A} = \frac{\sigma}{Prom.}$	$u_{est.\ A} = \frac{u_{tipo}A}{\sqrt{N}}$
Donde: σ: desviación estándar Prom: promedio	Donde: U_{tipoA}: calculada por ecuación 2. N: tamaño de muestra

*Valor relativo.

En el cuadro 4, se detallan las ecuaciones utilizadas para cálculo incertidumbres estándar tipo B. Para cada caso se analizó posibles tipos de distribución del error: normal, rectangular, triangular simétrica, triangular asimétrica y log normal. En el cuadro 4 se presentan solo las fórmulas utilizadas para la incertidumbre del presente inventario, para otros tipos de distribución se puede consultar la guía metodológica para el análisis y estimación de incertidumbre publicada por el PPCN, 2020b.

Cuadro 4. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de la incertidumbre estándar tipo B por medio de propagación de error.

Distribución rectangular		**Distribución triangular simétrica**		**Distribución log normal**		
Ecuación 4 [a]	***Ecuación 5*** [a]	***Ecuación 6*** [a]	***Ecuación 7*** [a]	***Ecuación 8*** [a]	***Ecuación 9*** [a,b,c]	***Ecuación 10*** [b,c]
IC:100 %	IC: 95%	IC:100 %	IC: 95%	$\ln \sigma_g = \frac{\ln\left(\frac{X * a_+}{100} + X\right) - \ln(\frac{X * a_-}{100} + X)}{3{,}92}$	IC:95 %	$u'_{tipoB} = f_c * u_{tipoB}$
$u_{tipo\ B} = \frac{a}{\sqrt{3}}$	$u_{tipo\ B} = \frac{a}{0{,}95 * \sqrt{3}}$	$u_{tipo\ B} = \frac{a}{\sqrt{6}}$	$u_{tipo\ B} = 1{,}29\frac{a}{\sqrt{6}}$		$u_{tipo\ B} = 100 * \sqrt{e^{((ln\sigma g)^2)} - 1}$	Donde:
Donde:	Donde:	Donde:	Donde:	Donde:	Donde:	fc: Factor de corrección definido por **
a: Diferencia entre límites superior menos inferior.	a: Diferencia entre límites superior menos inferior.	a: Diferencia entre límites superior menos inferior	a: Diferencia entre límites superior menos inferior	a_+: Límite superior a.: Límite inferior X: Factor de emisión $ln\ \sigma_g$: desviación estándar geométrica de la distribución	$ln\ \sigma_g$: desviación estándar geométrica de la distribución	u_{tipoB}: definido por la ecuación 9.

Fuente: (PPCN, 2020b)

[a] Aplica para valores relativos.

[b]Para intervalos muy asimétricos se debe aplicar un factor de corrección definido por la fórmula $fc = (\frac{-0{,}36 + 1{,}0921 * U_{tipoB} - 0{,}00326 * U_{tipoB}^2 + 4{,}44 * 10^{-5} * u_{tipoB}^3}{u_{tipoB}})^2$

[c] Si fc > 1 y X sustancialmente mayor a 0, aplicar la ecuación 10.

Para la combinación de incertidumbres, se tomó en consideración el tipo de proceso que requirió el cálculo de la emisión, ya sea, por sumas y restas (ecuación 11) o multiplicaciones y divisiones (ecuación 12). En el primer caso se calculó la raíz cuadrada de la suma de cuadrados del producto entre datos de emisión y la incertidumbre porcentual, todo lo anterior dividido entre la sumatoria de emisiones totales (ecuación 11).

$$U_y = \frac{\sqrt{(u_1 * x_1)^2 + (u_2 * x_2)^2 + \ldots + (u_n * x_n)^2}}{y} \qquad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

Uy: Incertidumbre combinada estándar

u: incertidumbre estándar

x: emisión de cada fuente

y: sumatoria de las emisiones totales.

Para aquellos cálculos de emisiones que solo se basaron en multiplicación o división se realizó la raíz cuadrada de la suma de cuadrados (ecuación 12).

$$U_y = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_n^2 + u_{n+1}^2} \qquad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

Uy: Incertidumbre combinada estándar

u: incertidumbre estándar

Una vez calculado la incertidumbre combinada estándar, se expandió la incertidumbre según el nivel de confianza esperado (ecuación 13).

$$U_{expandida} = u * k \qquad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

k: constantes de cobertura del nivel de confianza, adopta valores de 2 (IC: 95 %) ó 3 (99 %).

3.3. Fase II. Propuestas de alternativas ecoeficientes para la gestión de las reducciones de GEI

De acuerdo con los datos obtenidos por las emisiones de cada fuente identificada, así como el comportamiento de los datos de actividad sobre el consumo de insumos como electricidad y combustibles se determinaron las propuestas de reducción aplicables a corto, mediano y largo plazo. Las fuentes sobre las cuales se proponen proyectos climáticos son aquellas que representan mayor emisión de GEI, para determinarlo, se realizó un diagrama de Pareto para emplear la regla 80-20, acompañado a este diagrama, se analizó el por qué un 20% de las fuentes genera el 80% de las emisiones.

Se redactaron proyectos climáticos que requieren inversión y otros que no implican grandes inversiones. Para determinar el porcentaje de cobertura o determinar cantidades de equipos de tecnologías ambientales a comprar, se tomaron reglas de decisión basadas en los comportamientos estadístico de las variables, por ejemplo: promedios, percentiles, rangos máximos y mínimos.

Para la formulación de cada propuesta se diseñó un objetivo, meta, indicador de meta, medidas, recursos, seguimiento y responsables.

3.4. Fase III. Análisis técnico y económico de la aplicabilidad de medidas de reducción de GEI.

En esta fase se elaboró un análisis sobre los criterios a nivel técnico, regulatorio y de mercado para cada proyecto climático. Lo anterior, se realizó por medio revisión de literatura y búsqueda de especificaciones técnicas para cada tecnología ambiental.

Se estimó en términos económicos el costo de inversión de cada tecnología ambiental, también el cálculo en reducciones y ahorros de la implementación total de cada propuesta de reducción. Con esta información se calculó el flujo privado acumulado a 10 años.

Para considerar costos sociales y ambientales de la implementación de los proyectos climáticos, se calcularon externalidades positivas (beneficios económicos evitados por la implementación de tecnologías ambientales) y negativas (daños ambientales remanentes de la implementación de cada proyecto climático). Esta información se utilizó para calcular el flujo social.

Para identificar la viabilidad de los proyectos ambientales se realizó el cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno porcentual (TIR) para los dos escenarios: flujos privados y sociales. Los cálculos de estos indicadores se realizaron por medio de Excel.

IV. ANALISIS DE RESULTADOS

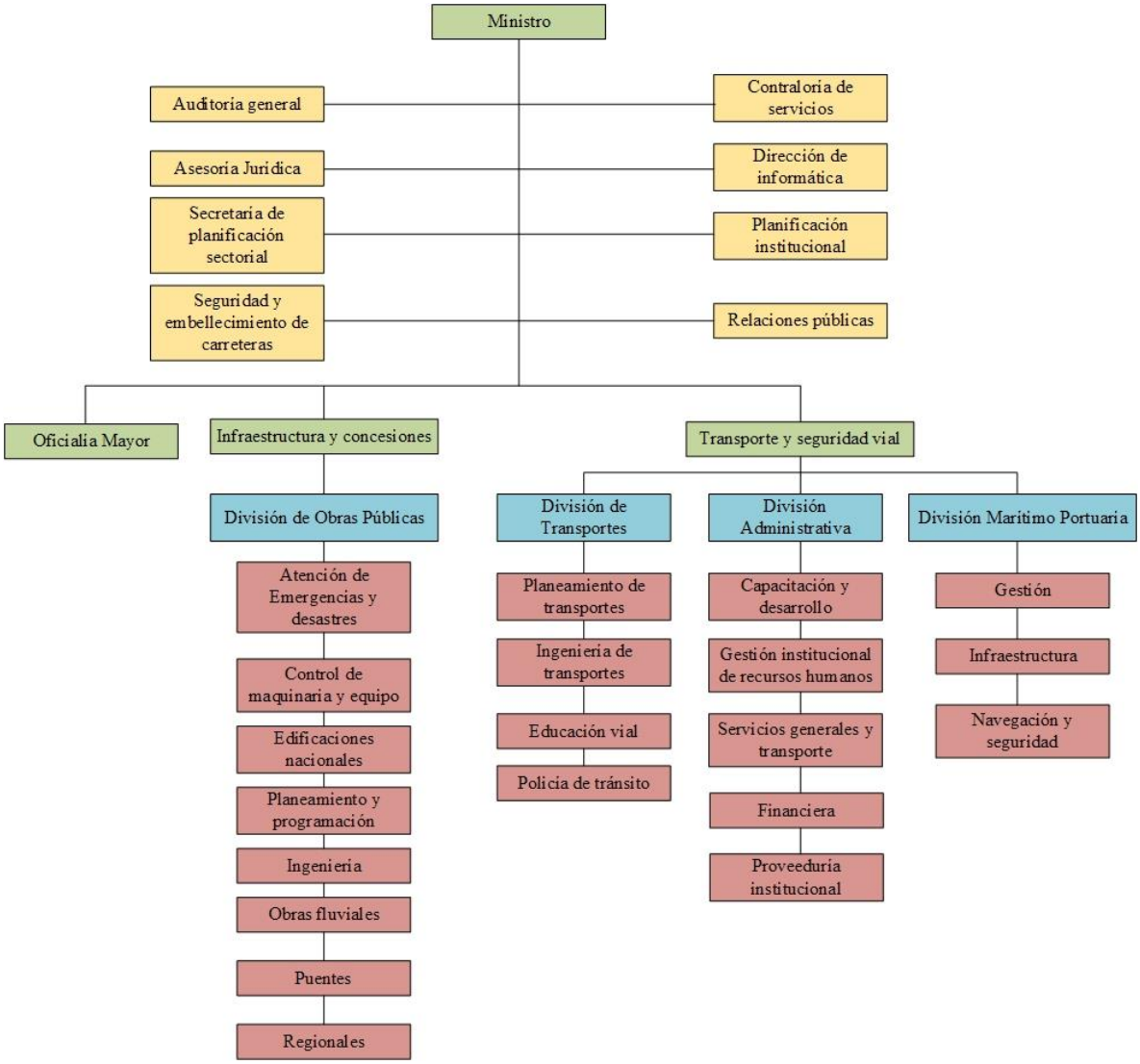
4.1. Identificación y cuantificación de fuentes de emisión

4.1.1. Alcance del inventario

Las instalaciones del MOPT (figura 1), están compuestas por 86 oficinas donde trabaja una población aproximada de 1 173 empleados distribuidos en cinco edificios (anexo III). Dentro de estas instalaciones se llevan a cabo procesos administrativos de las diferentes divisiones del MOPT (anexo II) se detalla el catálogo organizacional de la institución. En este catálogo se enlistan todas las dependencias codificadas según la división, dirección, departamento y sección a la que pertenecen.

4.1.2.1.Límites organizacionales

En la figura 2, se presenta el organigrama de la institución, que muestra de manera general cuál es el esquema organizativo del Ministerio. Se incluye las dependencias/oficinas para las que se cuantifica las emisiones GEI. Las secciones de cada dependencia descritas en anexo II, tienen una participación accionaria del 100%, y todas cuentan con control operacional por parte de la organización. En su mayoría las instalaciones son de tipo administrativo, el espacio de “taller”, es un espacio destinado a parqueo de vehículos institucionales y maquinaria pesada, donde no se llevan a cabo importantes procesos de mantenimiento a las unidades pues estos servicios son subcontratados. Además, se excluye del inventario el espacio de la “soda” el cual corresponde a un espacio concesionado, donde el MOPT, no tiene control operacional.



Fuente: Elaboración propia con datos de sitio web MOPT.

Figura 2. Organigrama del Ministerio de Obras Públicas y Transportes

4.1.2.2.Límites operacionales

Durante el proceso de visita a la organización se identificó las fuentes directas e indirectas, por medio observación y notas. En el cuadro 3 se observa la clasificación de cada una.

Cuadro 5. Fuentes de emisión clasificadas por alcance.

Instalación	Fuentes	Emisiones directas	Emisiones indirectas	
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3 (otras)
Sede central	Combustibles	X		
	Electricidad		X	
	Aires acondicionados y refrigeración	X		
	Extintores	X		
	Lubricantes	X		
	Generación de residuos			X
	Aguas residuales			X
Antiguo Licencias	Combustibles	X		
	Electricidad		X	
	Aires acondicionados y refrigeración	X		
	Extintores	X		
	Lubricantes	X		
	Generación de residuos			X
	Aguas residuales			X
Taller	Combustibles	X		
	Aires acondicionados y refrigeración	X		
	Electricidad		X	
	Extintores	X		
	Lubricantes	X		
	Generación de residuos			X
	Aguas residuales			X
Parqueo	Combustibles	X		
	Electricidad		X	

Instalación	Fuentes	Emisiones directas	Emisiones indirectas	
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3 (otras)
	Aires acondicionados y refrigeración	X		
	Extintores	X		
	Lubricantes	X		
	Aguas residuales			X
	Generación de residuos			X

[1]Se excluye el GLP utilizado en el espacio de soda por ser concesionado y donde el MOPT no tiene control operacional.

Fuente: Elaboración propia con datos de observación en campo.

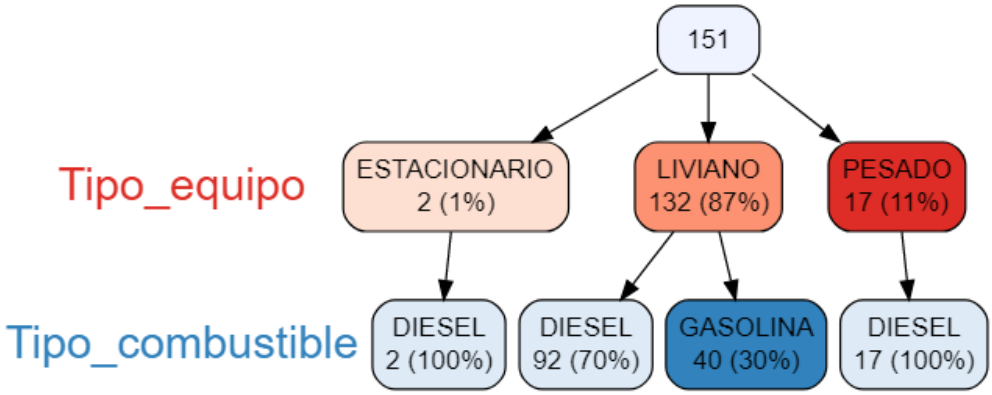
4.1.2. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero

Para el cálculo de emisiones se utilizó el método de nivel 1, definido por la multiplicación de datos de la actividad y factor de emisión reportado por el (IMN, 2020). Las fuentes contabilizadas corresponden a las definidas en el cuadro 5. Todos los cálculos se convirtieron a toneladas de CO_2 e.

4.1.2.1.Emisiones directas de alcance 1

4.1.2.1.1. Combustibles fósiles

Se analizó la información de registro de 151 equipos, la mayoría de los equipos (fuentes móviles) 87 % (n=132) corresponden a equipo liviano, 11 % (n=17) a pesado y 1 % (n= 2) a fuentes estacionarias (figura 3). Estas últimas son generadores eléctricos que utilizan diésel como combustible.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Tipo de combustible utilizado en fuentes móviles y estacionarias.

En el cuadro 6, se presentan los resultados generales de la cuantificación de emisiones para el subsector de combustibles fósiles del sector energía. El aporte de esta fuente a las emisiones GEI se calcula en un total de **448,2 toneladas de CO_2 e**, donde un 0,33 % (1,5 ton CO_2 e) corresponden a emisiones de fuentes estacionarias y 99,66 % (446,7 ton CO_2 e) a fuentes móviles.

Cuadro 6. Emisiones toneladas de CO_2 e por consumo de combustibles fósiles.

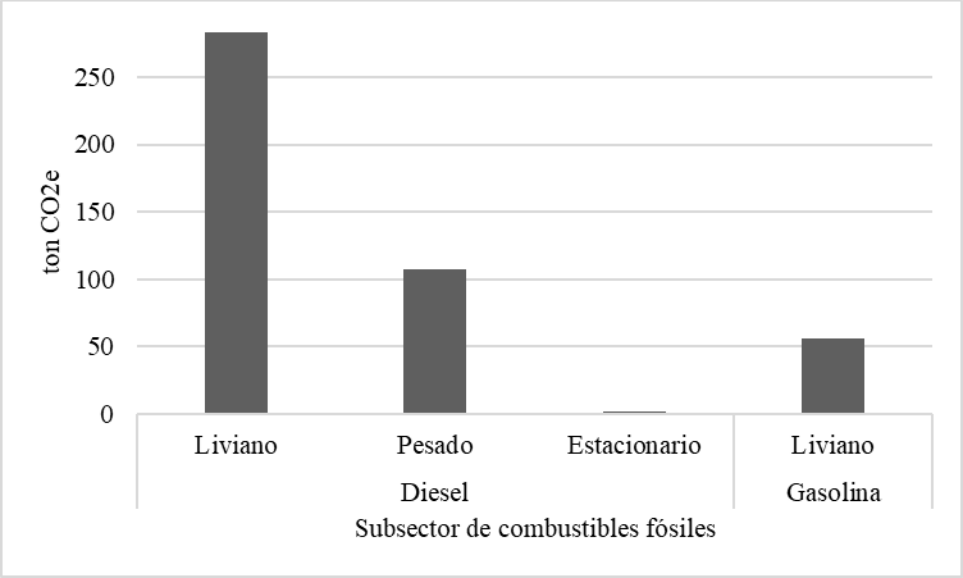
Combustible	Fuente	Consumo anual (L/año)	Emisiones por dióxido de carbono (kg CO_2)	Emisiones por Metano (kg CH_4)	Emisiones por Óxido nitroso (kg N_2O)	Kilogramos de Dióxido de Carbono equivalente (kg CO_2 e)	Toneladas de Dióxido de carbono equivalente (ton CO_2 e)
Diesel	Estacionario	554,8	1.449,6	1,7	26,5	1.477,8	1,5
	Carga liviana	106.192,0	277.479,6	332,3	5.069,6	282.881,4	282,9
	Pesado	40.300,4	105.305,0	126,1	1.923,9	107.355,0	107,4
Gasolina	Liviano	24.166,7	53.916,0	460,3	2.120,1	56.496,5	56,5
						Suma	*448,2*

Fuente: elaboración propia.

En la figura 4, se observa que la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero por combustibles fósiles es por consumo de diésel en equipos considerados de tipo liviano. De acuerdo con datos del SITEC y SAEM[2] los vehículos livianos frecuentemente

2 Entrevista con Lic. Cristian Zumbado jefe del departamento de control de transportes.

utilizados corresponden al carga liviana doble cabina y cabina sencilla (estilo *Pick up)*. Este tipo de vehículo utiliza como combustible el diésel y su uso no necesariamente refiere al transporte de mobiliario en su cajón; en su defecto, es utilizado primordialmente, para el transporte de funcionarios.



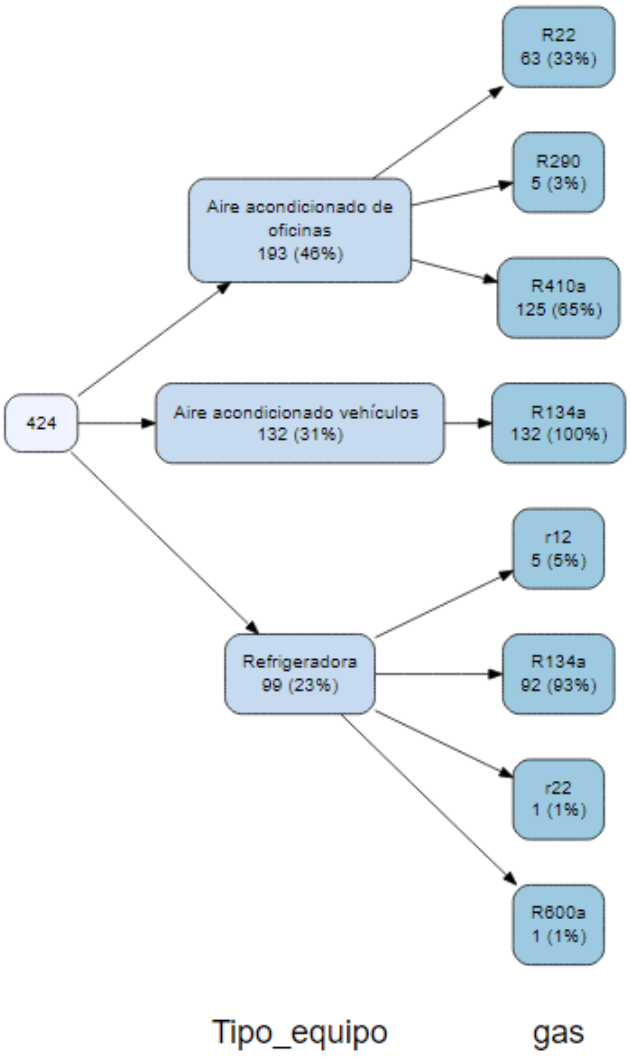
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Emisiones de ton CO_2 e del subsector de combustibles fósiles del sector energía del MOPT para el año 2019.

Yang et al., (2021), expone cómo en China, han tenido que limitar el acceso con vehículos de ciertas características para su ingreso a les grandes ciudades como Beijing, dentro de los principales factores que influyen en una importante emisión de NO_x, CO, $PM_{2.5}$ y HC, se encuentra: tipo de combustible utilizado por el vehículo (diésel, gasolina, GLP), calidad del conductor, configuración de semáforos, entre otros. Esta situación de cambio propuesta en políticas públicas en Oriente, surgen ante la relación entre emisiones de gases, cambio climático y efectos en la salud, y es motivo de análisis para esta investigación, principalmente, para desincentivar el uso de vehículo de doble tracción que consumen diésel para el transporte de funcionarios al menos dentro de la GAM.

4.1.2.1.2. Refrigeración y aire acondicionado

Se cuantificó cuatro gases diferentes: R22, R290, R410a, R134a, R12 y R600a. El 46 % (n=193) son emitidos por equipos instalados en oficinas administrativas (figura 5), el restante 31% (n=132) por vehículos livianos, que a la vez representan el tipo de refrigerante mayormente utilizado dentro de los alcances de este inventario. Finalmente, por concepto de refrigeración se detectó 99 equipos que representan el 23% en la cantidad total de equipos.



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Gases refrigerantes analizados según el tipo de equipo cuantificado en datos de la actividad.

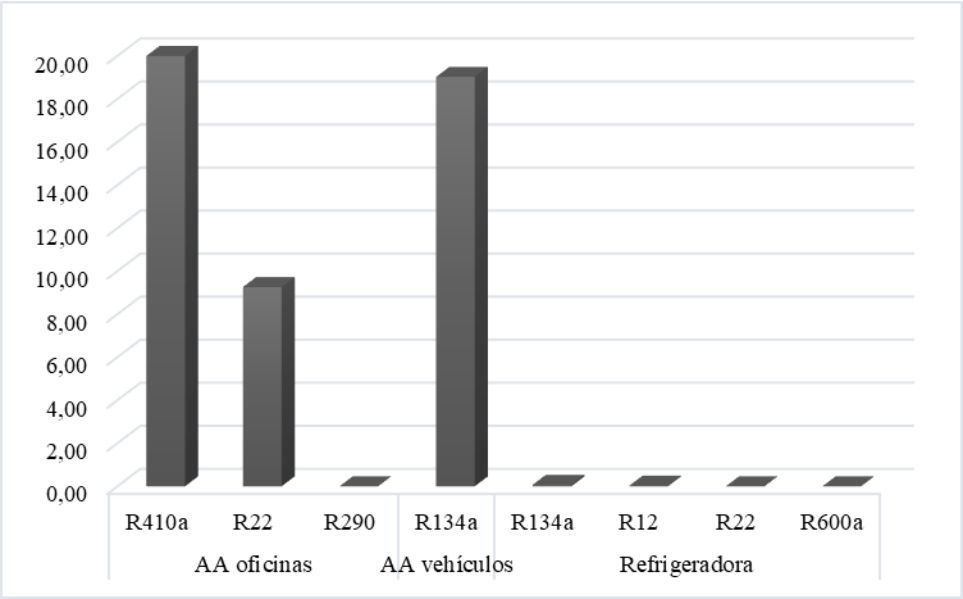
La organización no cuenta con la información suministrada por el proveedor de recargas anuales del mantenimiento a los refrigerantes[3], por este motivo, se calcula según métodos de la IPCC, asumiendo para equipos de aire acondicionado un 10% de emisión con respecto a la carga inicial anual, un 0,5% para refrigeradoras domésticas y 20% para aire acondicionado móvil (cuadro 7) (IPCC, 2006).

Cuadro 7. Emisiones en ton CO2e por tipo de gas refrigerante según cálculo por pérdida del 10% anual.

Gas	**Carga inicial total (g/año)**	**Carga inicial total (kg/año)**	**Emisiones fugitivas durante la operación (kg)**	**PCG**	**kg CO_2 e**	**Ton de CO_2 e**
Aire acondicionado de oficinas[1]						
R22	51.154,7	51,2	5,1	1.810,0	9.259,0	9,259
R290	1.660,0	1,7	0,2	3,0	0,5	0,0005
R410a	126.023,0	126,0	12,6	1.725,0	21.739,0	21,74
Aire acondicionado vehículos[2]						
R134a	73175	73,2	14,6	1.300,0	19.025,5	19,03
Refrigeradoras[3]						
R134a	11029,14	11,0	0,1	1300	71,7	0,07
R22	100	0,1	0,0005	1810	0,9	0,0009
R600a	20	0,02	0,0001	3	0,0003	0,0000003
R12	515	0,5	0,0026	10900	28,1	0,03
					Total	*50,12*

[1,2,3] Emisión fugitiva del 10, 20 y 0,5% anual, correspondientemente según cuadro 7.9 de capítulo 7 de guía IPCC, (2006)

3 Entrevista abierta con el Lic. Fabian Sánchez Dorado, Gestor Ambiental de la Unidad de Planificación Institucional.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Emisiones de ton CO2e del subsector de aire acondicionados y refrigerantes del sector IPPU del MOPT para el año 2019.

A pesar de que el R410a está presente en el 39,5 % (n=125) de los equipos contabilizados, representa el primer lugar en emisiones de CO_2 e para el subsector de aires acondicionados y refrigeración (figura 6). Lo anterior, se encuentra asociado al PCG, que es 1,3 veces mayor que el R134a.

Un aspecto importante que ha desincentivado el uso del R22 y lo ha sustituido por R410a, responde a que en caso del primero, se presentan potenciales del agotamiento del ozono cercanos a 0,055 , en comparación con el R410a (0 ODP) (Shaik y Babu, 2018). Desde aproximadamente el 2008, algunos autores recomendaron la sustitución de R22 por R410a, pues, podría ayudar a aliviar su impacto general sobre el calentamiento global mediante la reducción significativa del impacto indirecto del calentamiento global causado por la operación en consumo energético, al demostrar mayor eficiencia en el enfriamiento (Chen, 2008).

Por su parte, las emisiones asociadas al R290, responden a un programa de sustitución a refrigerantes con hidrocarburos de la empresa GIZ[4]. Según GIZ-HEAT, 2018 citado por

4 Comunicación verbal con Lic. Fabian Sánchez Dorado.

Alvarado, 2019, el R290 produce una eficiencia energética entre 10 a 15 % más en comparación con el R22. Para 2019, en el MOPT un 2% (n=5) de los equipos de refrigeración para oficinas contaba con equipos de refrigeración con esta tecnología.

4.1.2.1.3. Aceites lubricantes

El cálculo para este tipo de fuente corresponde a emisiones de CO_2 emitidas por uso de aceites lubricantes de motor para uso no energético. La estimación del consumo está en función de los kilómetros recorridos reportado por cada vehículo de la organización. Lo anterior por motivo de ausencia de datos sobre consumo de aceites o el cambio recibido en por el mantenimiento contratado a otras empresas[5].

Por lo tanto, para la estimación del consumo de lubricantes se consideró los siguientes supuestos:

a) En términos de mantenimiento preventivo, el cambio de aceite se realiza cada 5 000 km recorridos (Yúnez, 2020).

b) En la GAM de Costa Rica, cada cambio de aceite lubricante motor para uso no energético consume en promedio 3,619 L (N=134, desv. estándar: 0,47 L) de aceite sintético y/o semisintético (Morales, 2016).

De esta manera, los litros consumidos durante 2019 por concepto de mantenimiento se calcularon por medio de la siguiente ecuación:

$$L_{aceites} = \frac{km\ totales\ 2019}{5\ 000\ km} * 3{,}619\ L$$

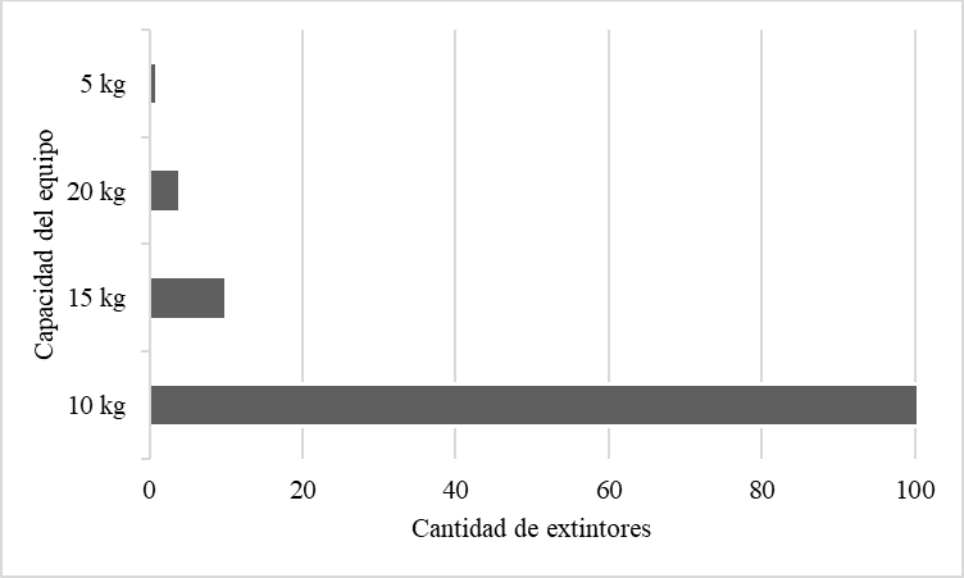
Se estima un total de 1 036,2 L consumidos en 2019 por aceites lubricantes de motor, que equivalen a **0,5 ton CO_2 e**.

Este resultado podría ser mayor o menor, ya que en el estudio de Morales, (2016), se consideran diversidad de marcas de vehículos, mientras en el MOPT, un 79,85 % (n= 107), corresponden a la marca Toyota.

5 Comunicación verbal Sra. Cindy López Torres, Unidad Ejecutora Programa 326. La organización no cuenta con un registro digital sobre los aceites consumidos por mantenimiento de las fuentes móviles, el registro físico se encuentra archivado.

4.1.2.1.4. Extintores

En total, se cuenta con registro de 116 cilindros que almacenan CO_2 como gas extintor de incendios, un 87% (n=101) tiene capacidad de 10 kg (figura 7). Las emisiones de esta fuente fueron calculadas para un total de 541 kg de CO_2, que en CO_2 e equivalen a **0,6 ton**.



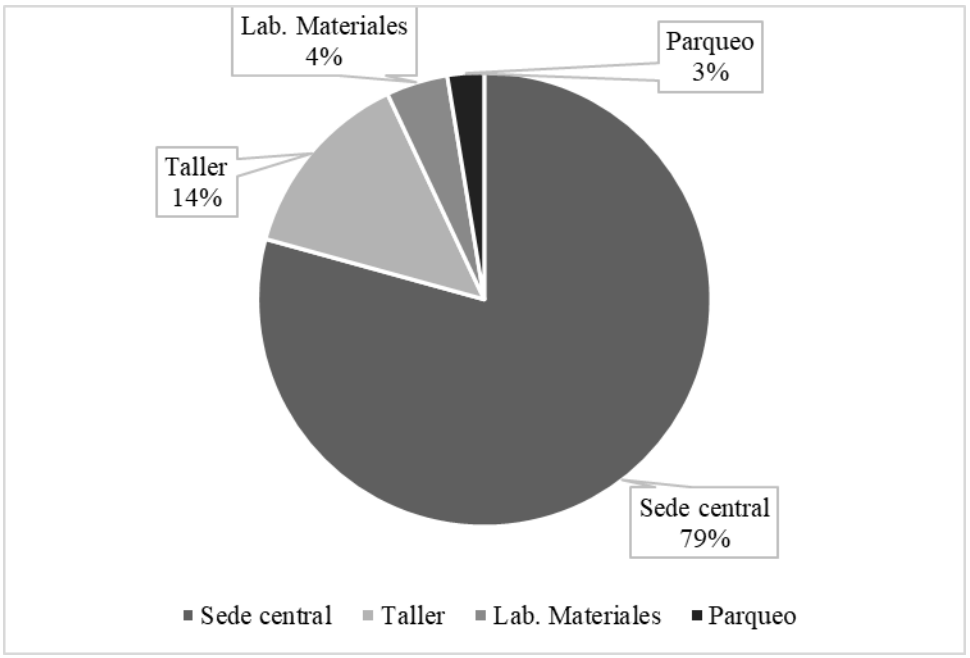
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Capacidad en kg de cilindros para extinción de incendios.

4.1.2.2.Emisiones indirectas alcance 2

4.1.2.2.1. Consumo de energía eléctrica

Para el cálculo de esta fuente de emisión se toma el registro de medición de 9 medidores de kWh. Tres ubicados en edificio de laboratorio de materiales, y dos en cada uno de las de más instalaciones: Sede Central, paqueo y taller. En total se registra un consumo de 1 264 127 kWh para el año 2019, el 79% (1 002 360 kWh) se consume en edificios de la sede central (figura 8).

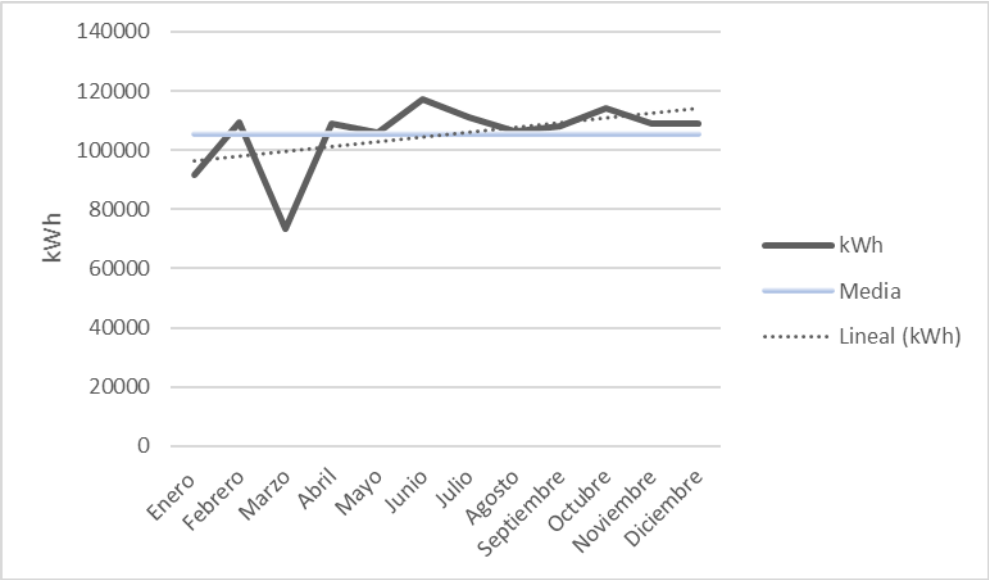


Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Consumo eléctrico en kWh por edificio para el año 2019.

El resultado la figura 8 es esperable también por concentrar a la mayor cantidad de los trabajadores dentro del edificio conocido como sede Central. En términos de la contabilización de gases, se calcula que en total para 2019 se emitió **46,1 ton CO2e**.

El consumo eléctrico ha ido en aumento, y según registros de consumo para otros años, a mediados de año se presenta el valor máximo de consumo (figura 9). Durante la segunda mitad del año se consume más energía eléctrica en comparación con la primera mitad.



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Comportamiento del consumo eléctrico para el año 2019 en instalaciones del MOPT.

4.1.2.3.Otras emisiones indirectas alcance 3

4.1.2.3.1. Residuos sólidos

El cálculo de residuos sólidos responde a una tasa de generación calculada para la organización por medio de un Estudio de Composición y Generación de Residuos Sólidos ejecutado en 2017. Se eligió este dato pues la organización no tiene control de los residuos ordinarios desechados anualmente, al momento de recolecta de los datos de actividad de para este inventario, los residuos eran eliminados por medio de envío a relleno sanitario, sin separar ni reciclar. La organización si da tratamiento a los residuos especiales y peligrosos. Para los especiales se cuenta con un convenio con el Centro de Transferencia y Transformación de Materiales (CTTM), donde se realiza la extracción y selección de materiales revalorizables principalmente residuos electrónicos. También se reciben importantes cantidades de metales, papel, cartón, entre otros.

La tasa de generación calculada determina aproximadamente un 0,2 kg de residuos/día*trabajador. Para un promedio de 1 173 trabajadores que trabajaron 260 días durante el 2019, esto equivale a 60 996 kg de residuos ordinarios enviados a relleno sanitario. En emisiones esto representa **74,4 ton CO_2 e**.

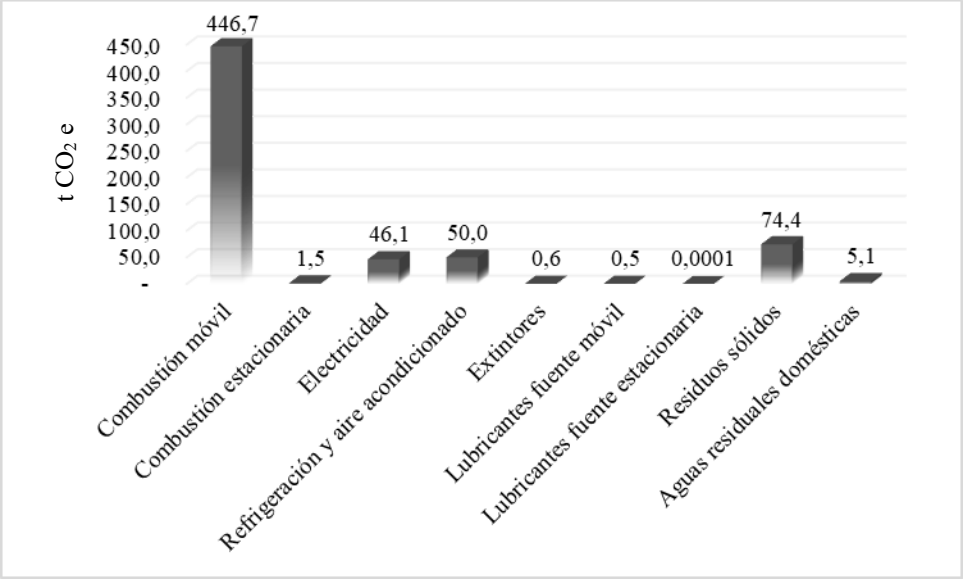
4.1.2.3.2. Aguas residuales

Las instalaciones del MOPT no cuentan con tratamiento de aguas residuales, su desecho se realiza por medio del alcantarillado sanitario. Por este motivo se utilizó un cálculo basado en el número de trabajadores y el tiempo que ocupan las instalaciones. De esta manera, se estima que para un promedio de 1 173 trabajadores que en promedio trabajan por ocho horas y 260 día al año, se producen parcialmente 244 kg CH4/año que equivalen a **5,1 ton CO_2 e**.

4.1.2.4.Consolidado de emisiones

Al sumar todas las fuentes de emisión se tiene como resultado un total de **625 t CO_2 e** (apéndice 2).

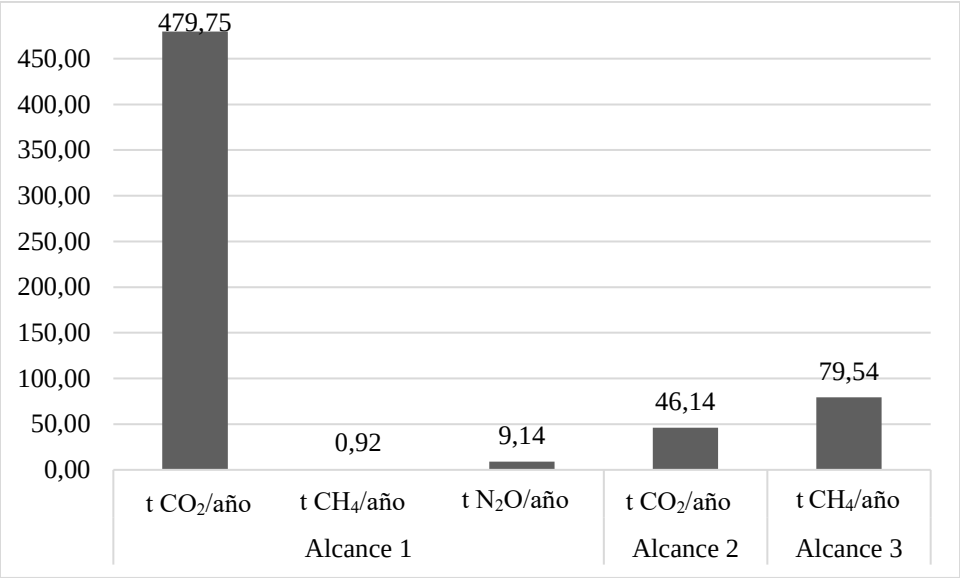
De esta manera, en la figura 10 se presenta la distribución de los aportes de cada fuente de emisión considerada para este inventario, siendo el sector de combustibles fósiles el mayor emisor.



Fuente: elaboración propia con datos de apéndice 2.

Figura 10. Aportes porcentuales de cada fuente de emisión durante el año 2019.

De las emisiones por alcance podemos concluir que las pertenecientes al alcance 1 son las que otorgan mayor cantidad de emisiones al inventario (figura 11)



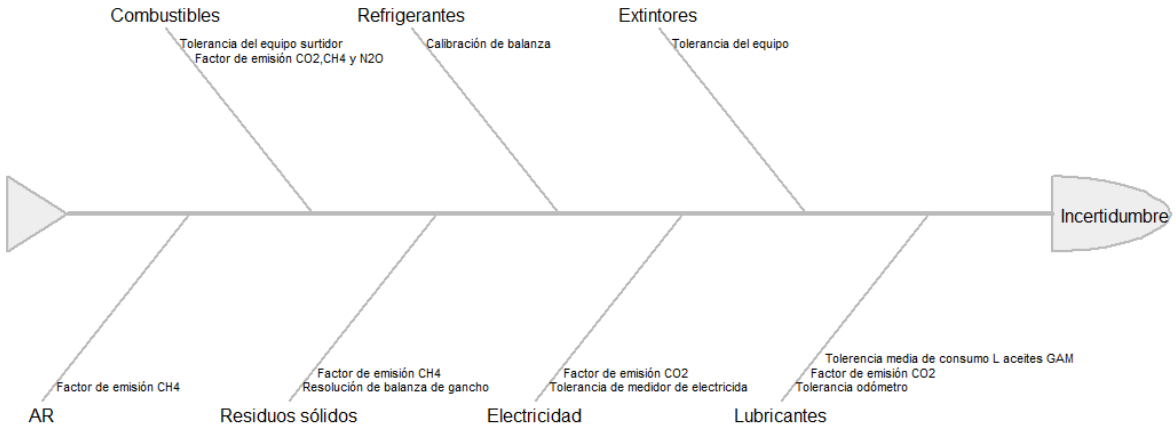
Fuente: Elaboración propia con datos de apéndice 2.

Figura 11. Composición de las emisiones por gas de efecto invernadero según alcance.

Las emisiones directas (alcance 1) representan actualmente la mayor carga de emisiones GEI, por tanto, es importantes que las propuestas de reducción busquen prioritariamente atender fuentes de los sectores de energía e IPPU; específicamente, de los subsectores de combustibles fósiles y refrigeración y aire acondicionado. En menor cantidad, pero no menos importante, plantear propuestas de reducción para el subsector de electricidad que por el alto consumo representa el único aporte del alcance 2. Finalmente, las emisiones indirectas son principalmente afectadas por la alta generación de residuos sólidos estimados para el 2019. El gas de efecto invernadero que es mayormente emitido es el CO_2, seguido por el CH_4, estos resultados coinciden con los detectados para una empresa de la industria alimentaria pero con datos de actividad por consumo de combustibles menores a los calculados para este inventario pero con generación de residuos similar al MOPT (Molina, 2018).

4.1.2.5.Estimación y análisis de la incertidumbre por medio de propagación de error

Para la comprensión de las fuentes de incertidumbre, en la figura 13 se presenta el diagrama de Ishikawa diseñado por medio del paquete *Six Sigma* de R.



Fuente: Elaboración propia en *Six Sigma Tools for Quality Control and Improvement* (0.9-52)

Figura 12. Diagrama de Ishikawa para la comprensión de las fuentes de incertidumbre asociadas a la medición de las fuentes de gases de efectos invernadero.

4.1.2.5.1. Incertidumbre asociada al cálculo de emisiones del subsector de combustibles fósiles

Se analizó dos fuentes de incertidumbre para el consumo por gasolina y diésel. En primer lugar, la tolerancia del equipo surtidor y, segundo, la asociada a los factores de emisión reportados por el IMN, 2020, para dióxido de carbono, metano y óxido nitroso.

Para estimar la incertidumbre asociada a datos de la actividad, se tomó como referencia el *Reglamento Para Surtidores de Combustibles Líquidos N° 26425*, 2007 que determina tolerancias de hasta ± 0,5 % como el error máximo permitido para surtidores de combustible. Asumiendo una distribución triangular simétrica a un 95% de nivel confianza para los datos de actividad (surtidor) se utilizó la ecuación 7 para cálculo de la incertidumbre estándar, como resultado se obtiene un ± **0,263 %**.

Por su parte, la incertidumbre asociada a los factores de emisión, fue calculada por medio de los intervalos reportados por IMN, 2020 calculados a un nivel de confianza del 95 % y suponiendo distribución lognormal para corregir el efecto del límite negativo (Molina-Castro y Calderón-Jiménez, 2021). Este cálculo de incertidumbre se realizó con las ecuaciones 8 y 9. Para los intervalos muy asimétricos, como ocurre con el diésel y gasolina para los gases de CH_4 y N_2O, se aplicó un factor de corrección (ver nota b de ecuación 9,

cuadro 4). El cálculo de esta fuente se realizó por medio de suma de diferentes emisiones, según este método, la incertidumbre combinada debe calcularse según la ecuación 11. En el apéndice 1, se presenta el detalle del cálculo.

Finalmente, la combinación de incertidumbres se calculó por el método de sumas y restas (ecuación 11). Como resultado para esta fuente se estima un valor de **1,8% ton $CO2_e$**, para incertidumbre combinada estándar, que al aplicarle un factor de cobertura k=2, IC del 95 % (ecuación 13), expande la incertidumbre a **3,5 % ton CO_2 e**. Este resultado es esperable debido al teorema del límite centran, que indica que la probabilidad de error va a tender donde se encuentre la mayor magnitud, si observamos el comportamiento de los datos (apéndice 1), el mayor aporte de emisiones corresponde a gases de CO_2, emitidos por quema de diésel, por lo tanto, es esperable que la incertidumbre combinada estándar tienda a un valor cercano a este (Molina-Castro y Calderón-Jiménez, 2021).

De manera que, el resultado final para este subsector expresado como intervalo es **448,2 ± 3,5 % ton $CO2_e$**, equivalente a **448,2 ± 15,7 ton $CO2_e$**.

De acuerdo con Penman y Habetsion, 2007, la incertidumbre asociada a factores emisión puede estar afectada por el momento de arranque y cierre de las tasas de emisión respecto a los datos de la actividad.

Con respecto a la elección del tipo de distribución para datos de la actividad se probó el cálculo según la ecuación 7 que asume distribución rectangular al 95 % y dio como resultado un **0,289 %** de incertidumbre estándar. Sin embargo, este resultado no generó cambio significativo sobre la incertidumbre estándar combinada ni la expandida. Este comportamiento lo explica Okagbue et al., 2014, quien indica que a pesar de que la distribución rectangular es más conservadora, cuando la moda de una distribución triangular es el promedio de los valores extremos, entonces la distribución resultante es una función de probabilidad que puede ser razonablemente aproximada, simulada y modelada por la distribución uniforme continua (rectangular). Como conclusión para esta fuente el principal factor de incertidumbre puede estar asociado a los límites reportados por el factor de emisión.

4.1.2.5.2. Incertidumbre asociada al cálculo de emisiones del subsector de aires acondicionados y refrigeración

Como fuente de incertidumbre en este subsector, solo se identificó la asociada al equipo de medición de recarga del refrigerante (figura 13). Debido a la ausencia de información sobre certificado de calibración de la balanza utilizada, así como las características mínimas como el alcance máximo[6], se consultó la norma OIML, 2006: Requisitos técnicos y metrológicos en ensayos (apartados 3.5.1 y 3.5.2) que indica que el error máximo permitido de una balanza será el doble de los errores máximos permitidos en la verificación inicial (anexo IV). No obstante, para utilizar este criterio como fuente de la incertidumbre asociada al equipo (datos de actividad), se requiere conocer características mínimas de la balanza como la capacidad máxima y mínima (OIML, 2006). Ante la ausencia de datos sobre el equipo que limitan dicho cálculo según apartados de la OIML R76, se consulta criterio de experto[7] que recomienda hacer una sobreestimación del 2%, justificando que esto cubriría todos los posibles factores que puedan influir sobre la incertidumbre del equipo utilizado para la medición de recargas de gases refrigerantes. Por este motivo, se asume distribución rectangular para incertidumbre asociada a datos de actividad, bajo el entendido de que esta distribución es más conservadora y puede garantizar mayor cobertura de las posibles fuentes de incertidumbre (Okagbue et al., 2014).

Como resultado de la ecuación 5, se obtiene un **1,22 %** de incertidumbre estándar. Al expandirla (ecuación 13), utilizando un factor de k=2, se tiene como resultado un **± 2,4 % ton CO2e**. De esta manera, el resultado de las emisiones para este subsector se interpreta como **50,2 ± 2,4 % ton CO_2 e**, o bien, **50,2 ± 1,2 ton CO_2 e**.

4.1.2.5.3. Incertidumbre asociada al subsector de uso de productos de aceites lubricantes

Se identificó tres fuentes de incertidumbre (figura 13). Para datos de la actividad, se presentan dos incertidumbres. La primera, asociada a la fuente de información donde se tomaron los datos para el cálculo, el odómetro. Según las directrices del PPCN, por incertidumbre asociada a mediciones del odómetro; se asume un ±30% que debe ser

6 Comunicación verbal con Lic. Fabián Sánchez Dorado.
7 Comunicación verbal con experto en de M.Sc. Ernesto Sánchez Montero

calculada por distribución rectangular (PPCN, 2020a) por medio de la ecuación 5, como resultado se obtiene un 15,8% de incertidumbre estándar combinada. En segundo lugar, tenemos la desviación estándar del promedio de cálculo de consumo de un vehículo en la GAM del estudio de Morales, 2016. Ésta última es entendida como incertidumbre tipo A y se calcula con las ecuaciones 2 y 3 y da como resultado a 1,23 %. Ambas se combinaron por el método de multiplicación (ecuación 12), dando como resultado un 15,8%

Para la incertidumbre asociada al factor de emisión, el IMN (2020) no reporta límites superior ni inferior; por lo tanto, se consultó la guía de la IPCC que indica que se utilice una incertidumbre por defecto de 50 por ciento pues los factores ODU desarrollados son muy inciertos y están basados conocimiento limitado de los índices de oxidación típicas de los lubricantes (Olivier et al., 2006).

En consecuencia, la incertidumbre asociada al factor de emisión corresponde a **± 50 %**, asumiendo distribución triangular a un nivel de confianza del 95% (ecuación 7), se obtiene un **± 25,92 %**.

Puesto que, el cálculo de las emisiones se hizo por medio de multiplicaciones, se calculó la incertidumbre combinada estándar según la ecuación 12, dando como resultado un 30,4 % ton CO_2 e. Al expandirla según ecuación 13, y un factor de k=2, el resultado da un 60,8% ton CO_2 e. En función de las emisiones, se interpreta **0,5 ± 60,8 % ton CO_2e** que equivalen a **0,5 ± 0,304 ton CO_2 e**.

Es importante aclarar que este cálculo corresponde a una estimación del consumo de lubricantes, por lo tanto, para futuros inventarios, se podría tomar como referencia la información de reporte de litros consumidos y estimar incertidumbres según valores nominales de los productos preempacados, siguiendo los niveles de tolerancia de *RTCA 01.01.11:06 Cantidad de Producto Preempacados*, 2007. A modo de ejemplo, para envases entre 500 ó 1 000 mL (tabla 2), se podría estimar incertidumbre de 1,5 % [(500 mL / 1 000 m L) * 100] asumiendo IC: 95 %. Con este supuesto se alcanzaría incertidumbres de 53 %.

4.1.2.5.4. Incertidumbre asociada a la recarga del gas de extintores

Se identificó solo la incertidumbre asociada a datos de la actividad (figura 13). Debido a la ausencia de datos sobre el equipo utilizado para la recarga de los tanques de extintores,

se asume que los tanques están en cumplimiento con el *Reglamento Técnico Norma RTCR 226:1997 Extintores Portátiles Contra El Fuego No 25986-MEIC-MTSS*, 1997. Este reglamento es vinculante con la norma NFPA 10 que toma criterios de la norma internacional ANSI/UL 154 sobre estándar de dióxido de carbono en extinguidores de fuego (Burkhart y Fairclough, 2010). Tomando en consideración los criterios de reglamentación y normativa, se asume también que el proveedor realice procesos de mantenimiento de los extintores acorde con la norma UNE 20120-2011: Mantenimiento de extintores de incendio que establece en la tabla I.1 (anexo V) (Asociación Español de Normalización y Certificación, 2011).

Por tanto, según anexo IV, los valores que corresponden las recargas de gas para extintores corresponden a -5% y 0%. Para este cálculo se asume una distribución rectangular con porcentaje de cobertura del 95%, de esta manera se asegura que se contemplan otras posibles fuentes no visualizadas. Al aplicar la ecuación 5, se obtiene como resultado un 1,5 % de incertidumbre estándar, que expandida se interpreta como **3% ton CO_2 e**, equivalentes a **0,6 ± 0,018 ton CO_2 e.**

4.1.2.5.5. Incertidumbre asociada al subsector electricidad

De acuerdo con la figura 13, se identifican dos tipos de incertidumbre. La primera, está relacionada con la tolerancia del equipo medidor de la electricidad en kWh, la segunda está con el factor de emisión por dióxido de carbono.

Para incertidumbre asociada a datos de la actividad, se asumen una tolerancia de ± 0,5 % determinado según las directrices del PPCN, 2020a. En el cálculo, se asume distribución rectangular y un porcentaje de cobertura del 100%, pues los fabricantes normalmente lo reportan con una tolerancia de a este nivel de confianza (Basic Controls, 2021). Al aplicar la ecuación 4, se obtiene un 0,289 % de incertidumbre estándar.

Para esta fuente el IMN, 2020, reporta límite superior e inferior de ±1,37 % para el factor de emisión. Al no reflejar asimetría en la distribución se asume distribución triangular, pero con cobertura del 95 % (ecuación 7). Como resultado se obtiene un 0,710 % de incertidumbre estándar.

Debido a que el cálculo de emisiones se realiza por multiplicación, se calculó la incertidumbre combinada estándar por medio de la ecuación 12. Finalmente, se obtiene un valor de 0,767 %, que expandida por un factor de k=2, se alcanza una incertidumbre de ±1,534 %, expresadas en función de las emisiones como **46 140,63 ±1,53 % ton CO_2 e,** equivalentes a **46 140,63 ± 705,95 ton CO_2 e.**

4.1.2.5.6. Incertidumbre asociada al subsector residuos sólidos

Para esta fuente se identificó dos factores que inciden en la incertidumbre. En primer lugar, para datos de actividad, solo se tiene información sobre la resolución de la balanza de gancho utilizada en el pesaje del material. En segundo lugar, se tiene la incertidumbre del factor de emisión, que al no ser reportado por el IMN, 2020, se consulta la guía IPCC, la cual indica para países no desarrollados asumir incertidumbre de ±30% (Pipatti et al., 2006).

Para la primera fuente de error, se utilizó la resolución de la balanza para calcular el error máximo permitido según los aparatados 3.5.1 y 3.5.1 de la norma OIML R76 (Anexo IV). Como resultado se estima un error máximo de 7 %. Se asume distribución triangular simétrica y cobertura del 95% (ecuación 7) pues se cuenta con una cantidad limitada de datos fuente de incertidumbre, pero suficiente para no ser tan conservadora en comparación con la distribución rectangular, se estima un 3,7% para datos de actividad. Para la segunda fuente de incertidumbre, la asociada al factor de emisión, se estima que al aplicar la ecuación 5, la incertidumbre corresponde a 15,5 %. Al combinarlas por medio del método de multiplicación (ecuación 12), se obtiene un 15,9%, que expandido por factor de k=2, se interpreta como 31,9 %, equivalente a **74,4 ± 23,73 ton CO_2 e**.

4.1.2.5.7. Incertidumbre asociada al subsector aguas residuales

Se consideraron dos fuentes de incertidumbre. La primera asociada a la planilla de trabajadores (incertidumbre tipo A) se calculó con las fórmulas del cuadro 3 dando como resultado 0,14% y la segunda asociada al factor de emisión, calculada con apoyo de la ecuación 7, para intervalos ± 30% según recomendado por la guía IPCC para aguas residuales (Doorn et al., 2006), dando como resultado 15,55.

Para esta fuente la incertidumbre combinada con factor de k=2 es de 15,55 %, interpretada como 5,2 ± 15,55%, es decir, **5,2 ± 0,8 t CO_2 e.**

4.1.2.5.8. Incertidumbre expandida del inventario

En el cuadro 8, se presenta el valor obtenido para cada incertidumbre de cada fuente de emisión. La combinación de estas se realiza según la ecuación 11 y se expande por un factor de k=2

Cuadro 8. Combinación de incertidumbres estándar

Fuente	*Emisión (t CO_2 e)*	*Incert. est. u (%)*	*Emisiones * u (ton CO_2 e)*	*Emisiones totales (ton CO_2 e)*	*Incert. est. u (%)*
Refrigerantes	50,02	1,22	61	625	**± 2,3**
Combustibles	448,21	1,75	786		
Aceites lubricantes	0,53	30,38	16		
Extintores	0,56	1,52	1		
Electricidad	46,14	0,77	35		
Residuos sólidos	74,42	15,99	1190		
Aguas residuales	5,12	15,55	80		

Fuente: Elaboración propia

El valor de incertidumbre expandido obtiene como resultado un ± 4,6 %, que en términos de las emisiones se interpreta como **625 ± 5% t CO_2 e**, equivalentes a **625 ± 31 t CO_2 e**.

4.1.2.6.Clasificación de la organización según el PPCN

De acuerdo con el PPCN, 2021, se debe clasificar las organizaciones según la complejidad desde la perspectiva de los inventarios, en esta clasificación se toma en consideración los siguientes rubros: Cantidad de emisiones calculadas en ton CO_2 e, cantidad de instalaciones que se encuentran contempladas dentro del inventario de la organización, cantidad de datos del inventario de GEI y la complejidad de las metodologías utilizadas. De esta manera, en el cuadro 9, se presentan los resultados y la categorización según complejidad del inventario.

Cuadro 9. Clasificación de la organización según su complejidad

Rangos	***Calificación por asignar***	**Peso del criterio %**	**Resultado %**
Cantidad de emisiones de GEI (t CO_2 e):			
101-5000[a]	*2*	20	0,4
Cantidad de instalaciones de las organizaciones			
2 - 5	*2*	10	0,2
Cantidad de datos del inventario de emisiones de GEI:			
>5000	*4*	40	1,6
Complejidad de las metodologías de cálculo utilizadas según las fuentes de emisión, sumideros o reservorios de GEI			
Nivel 1	*1*	30	0,3
Total			**28%**
Clasificación			**Baja complejidad**
Clasificación de las organizaciones según su peso ponderado total			**B**

[a] Ver anexos de toma de decisión para cada categorización.

4.2. Propuestas para proyectos climáticos de reducción de emisiones

Las principales fuentes de emisión para las que se proponen potenciales proyectos de reducción son las indicadas en el apartado 4.2.4: combustibles móvil y estacionario, refrigerantes y aire acondicionado, electricidad y residuos sólidos; por representar las fuentes de mayor aporte en GEI (figura 10 y 11).

Para cada uno de los aspectos ambientales a atender se desarrolló un análisis FODA en conjunto con personal de la Unidad de Planificación Institucional. Para estos análisis hubo presencia de encargados de la gestión administrativa de los aspectos.

4.2.1. Proyectos climáticos en la reducción de consumo de combustibles

En el anexo VII se presentan los resultados del análisis FODA realizado con funcionarios de Control de combustibles y Sección de transportes. En el análisis se

consideran criterios de control administrativo requeridos para el suministro de datos de actividad sobre las emisiones calculadas.

4.2.1.1.Conducción eficiente

El adecuado aprovechamiento de los recursos energéticos para el óptimo desempeño de una organización es tema en boga de las grandes potencias económicas mundiales, principalmente por los impactos directos relacionados con la mejora en la productividad (Rahman y Alam, 2021). El uso eficiente del combustible en la conducción depende del comportamiento de conductor, por tanto, efectuar una conducción eficiente y sostenible, la actitud del conductor, así como su estilo de conducción son dos factores decisivos a la hora de reducir el consumo global de carburante (Villeta et al., 2012).

Algunos estudios que analizan el ahorro después de la implementación de algunas prácticas en el comportamiento de la conducción, estiman reducciones en promedio del 20% menos en el consumo de combustibles (Fontaras et al., 2017; Hiraoka et al., 2009; Villeta et al., 2012). De acuerdo con Huzayyin et al., (2021), el rendimiento después de esta implementación puede rondar los 0,127 L/km en ciudades comparables con el tránsito de la GAM, es decir, que en con 1 L de combustible se recorren 7,8 km. De acuerdo con los datos de actividad, actualmente para el MOPT se estima una tasa promedio de rendimiento de 0,15 L/km, es decir, que con 1 L de combustible se está recorriendo 6,7 km, un 17% menos en comparación con una tasa de rendimiento (anexo III).

Por lo tanto, para esta fuente de emisión se propone el siguiente proyecto climático.

Cuadro 10. Proyecto climático por uso eficiente de combustibles fósiles.

Objetivo:	Reducir la emisión de CO_2 e de fuentes móviles a través del uso eficiente de los combustibles fósiles por medio de mejoras en el comportamiento de la conducción.
Meta:	Reducir un 20% las emisiones de toneladas de CO_2 e
Indicador de meta:	• Reducción de un 20% en el consumo de combustible en comparación con el año base. • Aumento de un 17% del rendimiento promedio del consumo de litros por kilómetros recorridos.
Medidas:	• Capacitación a choferes sobre mejoras en el comportamiento de la conducción. • Monitoreo de tasa de rendimiento de litros consumidos por kilómetro recorridos que no superen los 0,13 L/km.

Recursos:	• Coordinación con la dependencia de capacitación y desarrollo del ministerio, así como con entidades externas como el Instituto Nacional de aprendizaje para buenas prácticas de la conducción. • Revisión de tasa de rendimiento que no superen el máximo recomendado.
Seguimiento (indicadores y resultados):	1) $\%\ cumplimiento = \left(\frac{Total\ de\ litros\ de\ combustibles\ mensuales\ del\ año\ 1}{Total\ de\ litros\ de\ combustibles\ consumidos\ en\ el\ año\ base}\right) * 100$ 2) $\%\ cumplimiento = (\frac{Tasa\ de\ rendimiento\ en\ \frac{L}{km}\ del\ año\ base}{Tasa\ de\ rendimeinto\ en\ \frac{L}{km}\ del\ año\ 1} - 1) * 100$
Responsables:	Control de transportes en coordinación con capacitación y desarrollo

4.2.1.2.Combustible alternativo

En 2008 se publica el Programa Nacional de Biocombustibles que establece hasta un máximo del 7% de etanol en las mezclas combustible que permite alcanzar el 2,8% de oxígeno en peso según la norma *RTCA 75.01.20:19 Productos de petróleo. Gasolina superior. Especificaciones* (MINAE y MAG, 2008). De acuerdo con RECOPE, 2019, el uso de este biocombustible produce un 30% menos en las emisiones de CO_2 e, respecto a la gasolina convencional con poderes caloricos entre 43 500 - 47 700 KJ/KG.

Tomando en cuenta lo anterior, en el cuadro 11 se presenta la segunda proyecto climático que puede abordar la organización.

Cuadro 11. Proyecto climático por uso de combustibles alternativos

Objetivo:	Sustituir los combustibles fósiles convencionales por mezcla del biocombustible ECO95 para reducir un 4% las emisiones totales de CO_2 e.
Meta:	Consumir al menos 1691,7 L de etanol en mezcla del combustible ECO95, para reducir un 29 % las emisiones de t CO2e por concepto de gasolina super en comparación con el año base 2019.
Indicador de meta:	Litros de ECO95 consumidos durante el año.
Medidas:	Directiva ministerial que regule el consumo de ECO95 para vehículos que consumen gasolina.
Recursos:	$25.180,37 para compra de gasolina super ECO95.
Seguimiento (indicadores y resultados):	$\%cumplimiento = \frac{Emisiones\ CO2e\ año\ base - emisiones\ CO2e\ año\ 1}{Emisiones\ CO2e\ año\ base} * 100$
Responsables:	Dependencia de control de combustible, división administrativa, conductor servicio civil 1, 2 y chofer ministro (puesto de confianza).

4.2.1.3.Sustitución parcial a flota vehicular eléctrica

En el MOPT un 20 % (n=30) de los vehículos utilizados por las dependencias del presente estudio son tipo sedán. En promedio estos vehículos recorren 322 km (figura 13) y el percentil 25 recorre menos de 305 km.

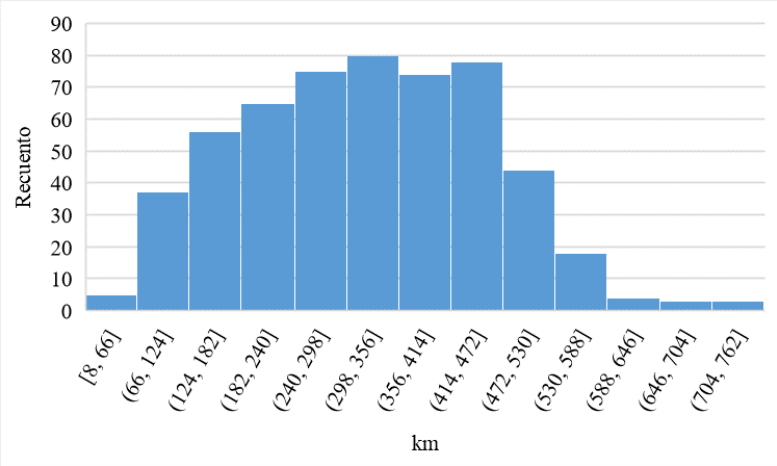


Figura 13. Histograma de km recorridos para vehículos tipo sedán.

Para el 2019 la flota vehicular estaba integrada en un 0,7% por vehículos eléctricos, híbrido o que utilizaban algún gas como combustible (PEN, 2020). A pesar de que este porcentaje va en aumento, es necesario continuar incentivando la diversificación de la flota vehicular; de acuerdo con Fernández (2020) y Sepse-MINAE (2020) citados por PEN (2020), la flota vehicular va en aumento y reportando los crecimientos más altos entre 2007 y 2019, este parque automotor es dominado por los vehículos de gasolina (82%). Según reporta el informe de vehículos 2020 de la empresa Investigación e Inteligencia Comercial, citada por Herrera, (2020), el vehículo eléctrico mayormente vendido en Costa Rica es el Hyundai Ioniq, un vehículo que ofrece una autonomía mayor a 350 km (Hyundai, 2021).

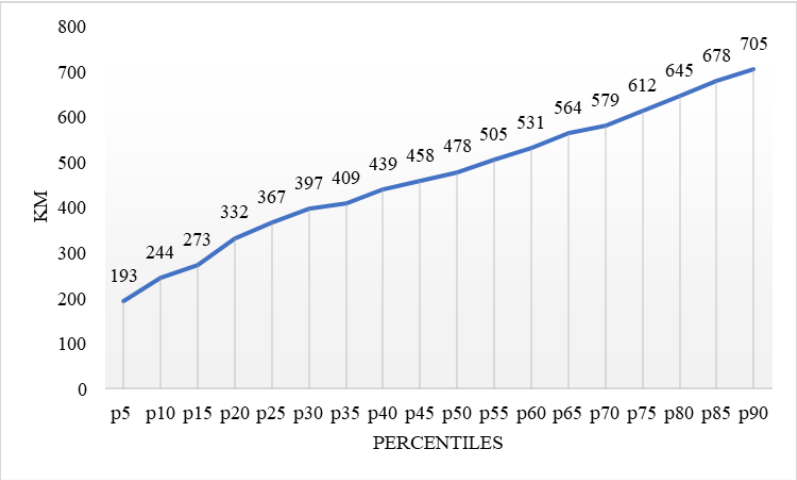
La propuesta para sustitución de vehículo pretende hacer un cambio en el 25 % de la flota vehicular actual, considerando que representa el porcentaje de vehículos que recorren un rango dentro de la autonomía del vehículo de mayor venta localmente. En el cuadro 12 se presenta la propuesta de reducción.

Cuadro 12. Proyecto climático por sustitución parcial de flota vehicular de combustión a electricidad.

Objetivo:	Reducir un 25% las emisiones de CO_2 e de fuentes móviles por consumo de gasolina.
Meta:	Sustituir el 20% de la flota vehicular actual por vehículos eléctricos que representan el percentil 25 de la flota vehicular que utiliza gasolina como combustible.
Indicador de meta:	Cantidad de vehículos eléctricos comprados.
Medidas:	Análisis sobre la viabilidad presupuestaria para la compra de vehículos eléctricos.
Recursos:	$1.167.000,00 para compra de vehículos eléctricos.
Seguimiento (indicadores y resultados):	$\%cumplimiento = \frac{Cantidad\ de\ vehículos\ eléctricos}{Cantidad\ total\ de\ fuentes\ móviles} * 100$
Responsables:	Proveeduría, división administrativa.

4.2.1.4. Desincentivar el uso de vehículos tipo doble tracción para trayectos dentro de la GAM

Las emisiones totales de CO_2 e calculadas con factores de emisión publicados por el IMN (2020) de un vehículo de gasolina son un 14% menos en comparación con un vehículo de diésel. En promedio en el MOPT, los vehículos que consumen combustibles diésel recorren 480 km (anexo III), una distancia similar a los kilómetros de infraestructura vial de la ciudad de San José (MIVAH, 2013). De acuerdo con la figura 14, donde se grafican los percentiles de los km recorridos en vehículos que consumen diésel en el MOPT, se concluye que son kilómetros recorridos por vehículos tipo carga liviana (*Pick up*) y doble tracción (cuadro 13).



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Percentiles de kilómetros recorridos por vehículos del MOPT.

Cuadro 13. Cantidad de vehículos según estilo que utilizan diésel como combustible.

N° equipo	Estilo	Cantidad
202	SUV	13
203	Pick up doble cabina	1263
204	Doble tracción	891
212	Pick up cabina sencilla	45

Fuente: elaboración propia con datos suministrados

Basados en la información anterior en el cuadro 15, se presenta el proyecto climático propuesta para este desincentivo en el uso de vehículos que consumen diésel en recorridos menores o iguales al promedio.

Cuadro 14. Proyecto climático para sustitución de vehículos que consumen diésel por gasolina.

Objetivo:	Reducir un 14% las emisiones de CO_2 e emitidas por consumo de diésel por medio del mayor uso de vehículos de gasolina.
Meta:	Utilizar vehículos que consumen gasolina para recorridos menores o iguales al promedio de km recorridos por la flota vehicular de equipo tipo diésel del año base.
Indicador de meta:	Uso de vehículos que consumen gasolina.
Medidas:	• Directriz ministerial que limite uso de vehículos consumidores de gasolina para recorridos dentro de espacios que no requieran vehículo tipo doble tracción, pick up o SUV.

	• Determinar con departamento de control de combustibles los destinos dentro de los cuales no se permita el transporte de funcionarios en vehículos tipo doble tracción, pick up o SUV.
Recursos:	HH para determinar zonas de uso limitado de vehículos tipos doble tracción, pick up o SUV que consuman diésel.
Seguimiento (indicadores y resultados):	$\%cumplimiento = \frac{Emisiones\ CO2e\ año\ 1}{Emisiones\ CO2e\ año\ base} * 100$
Responsables:	Ministro/a, división administrativa y control de combustibles.

4.2.2. Proyectos climáticos para la reducción por consumo de electricidad

4.2.2.1.Luminarias

Para 2019 un 11% (n=160) de las luminarias instaladas en la sede central continuaban siendo de tecnología incandescente, un 89% (n= 1263) restante utilizan tecnología fluorescente. Las luminarias instaladas con diversas potencias entre 34 y 400 W producen una capacidad instalada de 76 396 W (cuadro 15).

Cuadro 15. Inventario de luminarias MOPT 2019.

Tecnología	Tipo	Cantidad	W	W capacidad instalada
Fluorescente	T8	1030	34	35020
Fluorescente	T12	160	60	9600
Fluorescente	Bombillo	51	36	1836
Fluorescente	Bombillo	22	20	440
Incandescente	T8	15	100	1500
Incandescente	Bombillo	100	100	10000
Incandescente	Bombillo	45	400	18000
Total				*76396*

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados de práctica profesional Ing., Mariana Villalobos.

Fuente: Elaboración propia con datos de inventario de luminarias.

Figura 15. Cantidad de luminarias instaladas en edificios de sede central según tipo de tecnología.

En el cuadro 16 se presenta el escenario suponiendo sustitución total de la capacidad instalada a tecnología LED. De aplicarse esta reducción, se estaría consumiendo hasta una 65% menos en comparación con la capacidad instalada del 2019.

Cuadro 16. Estimación de potencial consumo suponiendo la sustitución total de la capacidad instalada a tecnología LED.

Tecnología	Tipo	Cantidad	W	W capacidad instalada
LED	T8	1045	16[a]	35020
Fluorescente	T12	160	56[a]	9600
Fluorescente	Bombillo	218	3,5	1836
Total				*26443*

[a] Se toma como referencia una luminaria de la marca PHILIPS (CAPRIS, 2021).

En el cuadro 17 se presenta la propuesta de proyecto climático que busque reducir emisiones de GEI por consumo eléctrico de iluminación.

Cuadro 17. Proyecto climático por reemplazo de luminarias

Objetivo:	Reducir las emisiones de CO_2 e en un 65% por consumo de electricidad, por medio de la sustitución total
Meta:	Sustituir luminarias fluorescentes e incandescentes por luminarias LED.
Indicador de meta:	Cantidad de incandescentes o fluorescentes sustituidas por LED
Medidas:	Compra de luminarias según instrucciones del manual de compras verdes de Proveeduría

Recursos:	$ 5 335,03 por compra de las luminarias.
Seguimiento (indicadores y resultados):	$$\%\ de\ cumplimiento = \frac{CO2e\ por\ consumo\ eléctrico\ año\ 1}{CO2e\ por\ consumo\ eléctrico\ año\ base} * 100$$
Responsables:	Proveeduría, división administrativa.

4.2.2.2.Fomento del teletrabajo

Con la pandemia por COVID- 19, muchas instituciones del Estado tuvieron que migrar al teletrabajo, como consecuencia del aumento en la virtualización, se modernizó y actualizó programas informáticos que facilitan el trabajo en presencialidad remota (Cordero, 2020). Como parte de las modificaciones que algunos autores indican quedarán en el periodo post pandemia es el teletrabajo (Delfini et al., 2020). Como consecuencia, esta situación implica un traslado de las emisiones a las casas de los funcionarios convirtiéndose en emisiones de alcance 3.

En Costa Rica, las instituciones de gobierno central mantuvieron en 2020 hasta un 73% de la planilla bajo modalidad de teletrabajo (Cordero, 2020). En todas las instituciones se establecieron aquellos puestos teletrabajables y sin teletrabajo debido a la presencialidad que requieren; entre los no teletrabajables se encuentran: seguridad y vigilancia, consultoría médica, recepción de denuncias, transporte institucional, atención a usuarios y recepción, operación de equipos y personal de apoyo y proveeduría, entre otros (Cordero, 2020).

Basado en este comportamiento descrito por Cordero (2020), en el cuadro 18, se presenta la propuesta de proyecto climático con respecto a las reducciones esperables para al menos un 20% de la planilla en presencialidad remota.

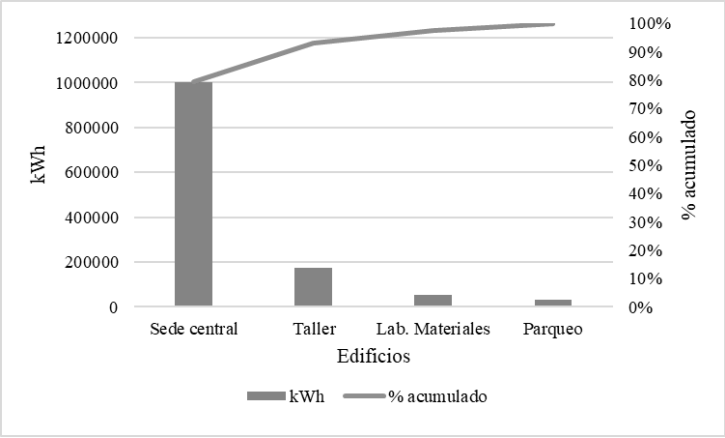
Cuadro 18. Proyecto climático por modalidad de teletrabajo en la mitad de la planilla.

Objetivo:	Reducir las emisiones de CO_2 e en un 20% por consumo de electricidad, a través del fomento de un 20% de la planilla en modalidad de teletrabajo.
Meta:	Mantener un 20% de la planilla en modalidad de teletrabajo.
Indicador de meta:	Cantidad de empleados que mantienen modalidad de teletrabajo.

Medidas:	Directriz ministerial que determine las condiciones para mantener el teletrabajo como una opción viable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
Recursos:	Los determinados para trabajo en presencialidad remota.
Seguimiento (indicadores y resultados):	$\%\ de\ cumplimiento = \frac{CO2e\ por\ consumo\ eléctrico\ año\ 1}{CO2e\ por\ consumo\ eléctrico\ año\ base} * 100$
Responsables:	Oficina de ministro/a, división administrativa.

4.2.2.3. Aprovechamiento de energía solar

Para esta propuesta de reducción, se analizó el aporte en consumo kWh de cada edificio, se elaboró un diagrama de Pareto para detectar en cuál es más viable instalar paneles solares (figura 16).



Fuente: Elaboración propia con datos de actividad

Figura 16. Diagrama de Pareto sobre la generación eléctrica por edificio.

Por lo tanto, la instalación de los paneles resulta más efectiva de aplicar en el edificio central, puesto que concentra cerca del 80% de la demanda de consumo. Para satisfacer los requisitos del *Reglamento Generación Distribuida Para Autoconsumo Con Fuentes Renovables Modelo de Contratación Medición Neta Sencilla*, (2015), solo se proyecta producir el 25% de la energía que se produce en 2019.

Para el cálculo de la inversión se plantean los siguientes supuestos:

a) Se asume un aprovechamiento del 50%

b) Para reducir el número de paneles se requiere que sean de potencia de 600 W.

c) Se asume un costo de 275000 CRC por cada panel junto con batería e instalación.

En el cuadro 19 se presenta una propuesta de reducción de gases de efecto invernadero por instalación de paneles solares.

Cuadro 19. Proyecto climático por instalación de paneles solares.

Objetivo:	Reducir un 52% las emisiones de CO_2 e emitidas por consumo de electricidad, a través de la compra e instalación de paneles solares.
Meta:	Lograr una capacidad instalada total de 326,7 kWp de energía proveniente de la instalación de paneles solares.
Indicador de meta:	Cantidad de paneles solares comprados.
Medidas:	Realizar análisis presupuestario para la compra de esta tecnología ambiental.
Recursos:	245.463,65 USD
Seguimiento (indicadores y resultados):	$\%cumplimiento = \frac{Emisiones\ CO2e\ año\ 1}{Emisiones\ CO2e\ año\ base} * 100$
Responsables:	Proveeduría, división administrativa, ministro ministra

4.2.3. Proyectos climáticos para la reducción de emisiones por uso de refrigerantes

4.2.3.1. Uso de refrigerante R290

Suponiendo una misma recarga en kg de refrigerante para los 4 tipos de gases que contienen los aires acondicionados dentro del MOPT (R22, R290, R410a, R134a), tenemos como resultado que en promedio se emiten hasta 537 veces más toneladas de dióxido de carbono son equivalentes en refrigerantes diferentes al R290 (cuadro 20)

Cuadro 20. Comparación de emisiones de otros refrigerantes de uso convencional y el R 290 como gas de referencia.

Gas	**Carga inicial total (g/año)**	**Carga inicial total (kg/año)**	**Emisiones fugitivas en vida útil (kg)**	**PCG**	**kg CO_2 e**	**Ton de CO_2 e**	% comparado con R290
R290	1.660,0	1,7	0,2	3,0	0,5	0,0005	referencia
R22	1.660,0	1,7	0,2	1.810,0	300,5	0,3	603
R410a	1.660,0	1,7	0,2	1.725,0	286,4	0,3	575

Gas	Carga inicial total (g/año)	Carga inicial total (kg/año)	Emisiones fugitivas en vida útil (kg)	PCG	kg CO_2 e	Ton de CO_2 e	% comparado con R290
R134a[a]	1.660,0	1,7	0,2	1.300,0	215,8	0,22	433
			Promedio				537

[a] Corresponde al tipo de refrigerante utilizado por los vehículos.

Para 2019, en el MOPT se instaló 20 equipos de aire acondicionado que consumían como refrigerante el R 290. Este reemplazo forma parte del proyecto piloto coordinado por la oficina de cooperación alemana, que pretende la sustitución progresiva de los equipos con refrigerantes convencionales bajo un proceso compuesto por las siguientes fases: 1) realizar un inventario de las unidades de AA existentes, considerando el impacto ambiental. 2) establecer normas de buenas prácticas y, 3) se desarrollará un plan para reemplazar los equipos a desmantelar con equipos de AA ecoeficientes (Denzinger y Salas, 2020).

Asumiendo que todos los equipos del ministerio puedan ser reemplazados por equipos con esta tecnología descrita por Denzinger y Salas (2020), se presenta el siguiente plan de reducción:

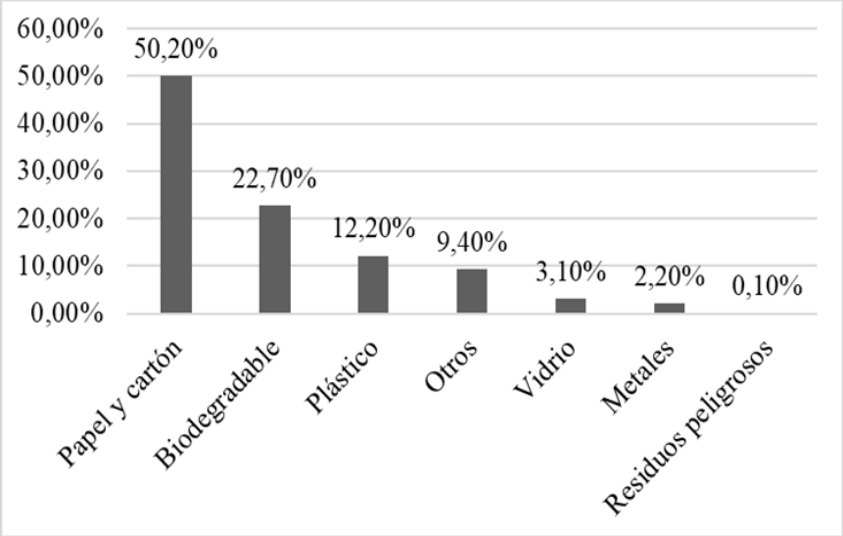
Cuadro 21. Proyecto climático por reemplazo de Aires acondicionados convencionales.

Objetivo:	Reducir en 99,8 % las emisiones de CO_2 e emitidas por gases refrigerantes convencionales en equipos de aire acondicionado, por medio de la sustitución a equipos que utilicen el refrigerante R 290.
Meta:	Reemplazar todos los equipos de aire acondicionado que utilizan gases convencionales a equipos que utilicen el refrigerante R 290.
Indicador de meta:	Cantidad de equipos de refrigeración que utilizan el refrigerante R 290.
Medidas:	Realizar análisis presupuestario para la compra de equipos de alta eficiencia que utilicen como refrigerante del gas R 290
Recursos:	161 155 USD
Seguimiento (indicadores y resultados):	$\%cumplimiento = \frac{Emisiones\ CO2e\ por\ recarga\ de\ refrigerantes\ de\ año\ 1}{Emisiones\ CO2e\ por\ consumo\ de\ refrigerantes\ del\ año\ base} * 100$
Responsables:	Proveeduría, división administrativa, ministro/a

4.2.1. Proyectos climáticos para la reducción de emisiones provenientes de residuos sólidos

4.2.1.1.1. Disposición final de los desechos sólidos en cumplimiento con la jerarquización de residuos

Según el estudio de composición y generación de residuos sólidos realizado durante el 2017, se determinó que la composición de residuos ordinarios se distribuye según la figura 17.



Fuente: Elaboración propia con datos de Palomo y Mora, (2017)

Figura 17. Composición de residuos sólidos medidos en el MOPT.

De estos residuos cerca del 77,1% son residuos que se pueden someter a un proceso de revalorización. Considerando que los residuos orgánicos pueden ser destinados a procesos de compostaje, se esperaría que las emisiones únicas por esta fuente sean de 9,74 t CO_2 e. En comparación con las emisiones totales por concepto de residuos, las emitidas por compost representan el 13%.

Por este motivo, si se adoptan las medidas sugeridas, es posible alcanzar una reducción del 86% en comparación con el año base. En el cuadro

Cuadro 22. Proyecto climático por disminución de residuos enviados relleno sanitario.

Objetivo:	Reducir 86% de CO_2 e emitidos por residuos sólidos ordinarios enviados a relleno sanitario, por medio de la aplicación del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos y política de basura cero.

Meta:	Implementar política de basura cero para emitir solo 9,74 t CO_2 e por concepto de compostaje de residuos orgánicos.
Indicador de meta:	Toneladas de residuos enviados a relleno sanitario.
Medidas:	Destinar a un gestor autorizado los residuos sólidos como: Papel, plásticos, metales, cartón, orgánicos.
Recursos:	Personal de servicios generales y transportes.
Seguimiento (indicadores y resultados):	$\%cumplimiento = \frac{Toneladas\ de\ residuos\ enviados\ a\ relleno\ sanitario\ año\ 1}{Toneladas\ de\ residuos\ enviadas\ a\ relleno\ sanitario\ del\ año\ base} * 100$
Responsables:	Servicios Generales en coordinación con gestores autorizados.

4.3. Viabilidad técnica para proyectos climáticos propuestas

En el cuadro 23 se presenta el análisis de la viabilidad técnica para cada una de los proyectos climáticos propuestas en el apartado 4.2. Para la información presentada en este cuadro se tomó como referencia aspectos técnicos, regulatorios y de mercado. Para esto fue para esto fue necesario, el estudio de leyes, reglamentos y normativa vigente actual en Costa Rica aplicable para cada propuesta de reducción; las ofertas del mercado por parte de proveedores que tienen disponible la tecnología propuesta; y finalmente, el análisis técnico que permite la aplicabilidad de instalar o instaurar alguna de las tecnologías.

Cuadro 23. Viabilidad técnica de los proyectos climáticos propuestas.

	Limitaciones	***Condiciones facilitadoras***
Proyecto climático:	*Conducción eficiente*	
Técnicas	x Uso constante del aire acondicionado aumenta el consumo de combustible, esto puede distorsionar el efecto de reducción (DGT, 2011). x Uso de ventanas abiertas, provoca efecto de paracaídas (DGT, 2011). x 33% (N=43) corresponden a vehículos que nos satisfacen la norma EURO V [a].	✓ Menos costes en el mantenimiento de vehículos (DGT, 2011). ✓ Contratos con empresas proveedoras del mantenimiento. ✓ La mayor cantidad de vehículos (67%, N= 43) son del año 2014, que satisfacen las normas EURO V sobre criterios de eficiencia energética.
Mercado	x Un oferente a nivel nacional especialista para capacitar sobre conducción eficiente (INA, 2021). x Capacitación durante horas laborales (INA, 2021). x Se requiere de un vehículo durante la capacitación para realizar revisiones (INA, 2021). x COSEVI brinda capacitación por menor cantidad de horas por medio de charla (RECOPE, 2015).	✓ Curso gratuito brindado por el INA. ✓ Capacitación por 54 horas. ✓ Modalidad virtual. ✓ COSEVI capacitación gratuita.
Regulatorias	x Leyes marco en materia ambiental no explícitas ni vinculantes sobre impactos en emisiones CO_2 e debido a fuentes por consumo de combustibles fósiles.	✓ *Ley de Tránsito Por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial* , 2012, establece al INA como encargado de brindar capacitaciones referentes a la conducción eficiente.
Proyecto climático:	*Combustible alternativo*	
Técnicas	x Plan de descarbonización de RECOPE limita el uso biocombustibles. La obtención de estos productos queda sujeta al cumplimiento del plan de descarbonización. x El máximo de porcentaje de etanol en las mezclas es del 8% para el combustible ofertado por RECOPE. x El acceso a Biodiesel es posible a partir del 2025. x El diésel representa el 87 % de las emisiones en t CO_2 e por consumo de combustibles para el cálculo del inventario de GEI del año base.	✓ A partir del 2019 es posible obtener biocombustibles. ✓ EN 2021 se completa la segunda fase del programa de mezcla de etanol con gasolina por RECOPE.
Mercado	x Ninguna empresa puede vender biocombustible sin la autorización del RECOPE y MINAE.	✓ La centralización del mercado del biocombustible por parte de RECOPE asegura el cumplimiento en el porcentaje de metanol recomendado del 7% para las mezclas del combustible.

		Limitaciones		***Condiciones facilitadoras***
Regulatorias	x	El RECOPE además de tener potestad sobre los biocombustibles, es el único autorizado para distribuirlos.[b]	✓	Los biocombustibles deben cumplir con los siguientes reglamentos técnicos RTCA 75.02.46:07 (Etanol carburante anhidro y etanol carburante anhidro desnaturalizado y sus mezclas con gasolina) y RTCA 75.02.43:07 (Biodiesel (B-100) y sus mezclas con aceite combustible diésel).
			✓	Costa Rica cuenta con una regulación que permite el uso de biocombustibles conocido como el *Reglamento de Biocombustibles Líquidos y Sus Mezclas*, (2017).
			✓	Los precios de las materias de biomasa para la producción de biocombustibles quedan bajo el amparo de la Ley de Fomento a la Producción Agropecuaria FODEA y Orgánica del MAG.
Proyecto climático:	*Sustitución parcial a flota vehicular eléctrica*			
Técnicas	x	Requiere infraestructura eléctrica para cargar vehículos en instalaciones del MOPT.	✓	El país cuenta con infraestructura eléctrica que asegura el acceso a electrolineras aproximadamente cada 100 km.
Mercado	x	Los precios de venta de vehículos eléctricos actualmente son un 35,98% más costosos en comparación con los vehículos equiparables que utilizan gasolina como combustión[c]	✓	Más de 10 oferentes de vehículos eléctricos, con vehículos de rendimientos entre 130 – 470 km de autonomía (Herrera, 2019).
			✓	Los precios de los vehículos rondan entre los 16 900 y 89 950 USD (EV imports, 2021; Herrera, 2019).
Regulatorias	x	Limitaciones en compras institucionales producto de la regla fiscal (*Ley 9635 Fortalecimiento de Las Finanzas Públicas* , 2018).	✓	Compromiso del gobierno central para la descarbonización (*Oficialización Del Plan de Descarbonización Compromiso Del Gobierno de La Republica*, 2019).
Proyecto climático:	*Desincentivar el uso de vehículos tipo doble tracción, pick up o SUV para trayectos dentro de la GAM*			
Técnicas	x	Que los vehículos actuales no satisfagan la demanda.	✓	En caso de obtención de vehículos eléctricos un mayor uso de esto y en consecuencia una reducción sobre las emisiones de GEI.
	x	El mayor uso vehículos tipo sedán implica mayor mantenimiento, entre ellos el cambio de aceite por el kilometraje.		
Mercado	x	Impactos sobre el volumen de litros de combustible tipo diésel, que, sumado a otras proyectos climáticos de otras organizaciones, puede impactar significativamente la economía de empresas suplidoras de este combustible.	✓	Aumento en la compra de gasolina, incentivando el uso y consumo del ECO95.
Regulatorias	x	Se depende de directriz ministerial que limite el uso de vehículos tipo doble tracción, pick up o SUV.	✓	El proyecto contribuiría a las exigencias de la Ley de fortalecimiento de las finanzas públicas, implicando un

	Limitaciones		***Condiciones facilitadoras***
			ahorro del 24% si se considera la cantidad de litros consumidos por el percentil 50 de la flota vehicular del 2019.
Proyecto climático:	*Instalación de luminarias tecnología LED*		
Técnicas	x Que el cableado necesario no sea el adecuado, es decir, para la instalación LED se requiere un cableado delgado (Kohen). x Que el tipo de corriente no esté acorde con la indicada por el driver (Kohen). x Los costos pueden aumentar según las necesidades que evidencie un diagnóstico eléctrico.	✓	En el MOPT se cuenta con personal especializado de mantenimiento que puede dar el criterio técnico sobre la instalación de esta tecnología.
Mercado	x Poca garantía en caso de fundición de las lámparas.	✓	Más de 15 empresas especializadas en iluminación en el país (Houzz, s.f.)
Regulatorias	x La norma INTE/ISO 50001:2011. Sistemas de gestión de la energía, es voluntaria y no vinculante con normativa de aplicabilidad obligatoria.	✓	Existe norma técnica INTE/ISO 50001:2011. Sistemas de gestión de la energía, que posibilita la verificación y validación de los procesos relacionados con la gestión energética.
Proyecto climático:	*Fomento del teletrabajo*		
Técnicas	x No aceptación para mantener un 50% de la planilla bajo esta modalidad debido a decremento en la productividad. x Solicitud expresa por parte del Gobierno central para ocupar las instalaciones destinadas para cada institución.	✓	Disminución evidente en las emisiones de dióxido de carbono equivalente mientras se encuentre vigente las normas y reglamentos que restringen la presencialidad.
Mercado	x Aumento en las tarifas producto del desbalance financiero de proveedores de electricidad.	✓	El consumo eléctrico simplemente se traslada a otra ubicación fuera del alcance de la organización, pero con tarifas diferenciadas.
Regulatorias	x Cuantificación de las emisiones por consumo de electricidad como parte de alguno de los alcances según las normas ISO para GEI.	✓	Vigencia actual de normas y reglamentos que restringen la ocupación instalaciones de instituciones de Gobierno
Proyecto climático:	*Aprovechamiento de energía solar*		
Técnicas	x Inclinación del techo de los edificios no cumpla con los requerimientos de instalación de los paneles.	✓	La organización cuenta con técnicos especializados en el sector eléctrico además de tiene la experiencia de instalar paneles solares para consumo eléctrico en los semáforos
Mercado	x Paneles de 600 Watts tienen un costo mayor y no son de alta demanda en el país [d]	✓	Variedad de empresas que venden el servicio de instalación y mantenimiento de paneles solares.

		Limitaciones		***Condiciones facilitadoras***
Regulatorias	x	*Reglamento Generación Distribuida Para Autoconsumo Con Fuentes Renovables Modelo de Contratación Medición Neta Sencilla*, (2015) limita el auto consumo.	✓	Forma parte de un esfuerzo por descarbonizar acorde con la *Oficialización Del Plan de Descarbonización Compromiso Del Gobierno de La Republica*, (2019).
Proyecto climático:	*Sustitución de refrigerantes convencionales a R290*			
Técnicas	x	La no aplicación de correctas prácticas de uso puede disminuir el rendimiento en el funcionamiento de los equipos.	✓	El MOPT fue parte de las instituciones para crear el proyecto piloto e instalación de estos equipos por parte DIGECA y la cooperación alemana.
Mercado	x	Es una tecnología nueva que a es poco ofrecida por los proveedores.	✓	Se tiene el enlace directo con la oficina de cooperación alemana para poder tener acceso a más equipos con esta tecnología.
	x	Que los proveedores no cuenten con este gas refrigerante para poder ofrecer el servicio de recarga.		
Regulatorias	x	No encontrar los gestores autorizados que puedan dar un tratamiento adecuado a los desechos generados por la sustitución de los Aires acondicionados convencionales.	✓	Existen otros mecanismos para la disposición final de los residuos, sin embargo, implica saltar eslabones en la pirámide de jerarquización de los residuos.
Proyecto climático:	*Disposición final de desechos sólidos según jerarquización de residuos*			
Técnicas	x	No se cuenta con la organización interna para mantener un sistema de medición y control de residuos, para la adecuada separación y disposición final.	✓	Existe un servicio de recolecta interna de los residuos que son transportados por medio de pick up hasta el centro de acopio. Esto facilita el proceso de recolecta dentro del edificio.
	x	Se requiere capacitación con el personal de servicios generales para que satisfagan las necesidades del sistema de recoleta de residuos, así como la medición de lo generado.		
Mercado	x	La recolecta de residuos valorizables se realiza con menor frecuencia en comparación con la recolecta de residuos por parte del relleno sanitario.	✓	La Municipalidad de San José ofrece el servicio de recolección de los residuos valorizables. También cuenta con proyectos sobre la generación de compost. Este servicio es ofrecido de forma gratuita, solo se requiere de la aprobación de un convenio entre el MOPT y la Municipalidad.
Regulatorias	x	El almacenamiento de residuos requiere del cumplimiento de requisitos según *N° 41052-S Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables*, 2018).	✓	De aplicar este proyecto se estaría cumpliendo con la *Ley para la Gestión Integradad de Residuos*, (2010).

[a] Resultado de datos de actividad analizados descargados del CITEC.

[b] Fuente: *Reglamento de Biocombustibles Líquidos y Sus Mezclas*, (2017) y nota de prensa Jiménez, (2020).

[c] Comparación con un sedán Hyundai accent 2021 con un costo de 24 900 USD

[d] Conversación con proveedor de paneles solares.

4.4. Viabilidad financiera para implementación de propuestas de reducción

Para realizar las estimaciones de la viabilidad financiera de la implementación de todos los proyectos de reducción del apartado 4.2, se utilizaron los siguientes supuestos:

- El cambio de USD a CRC es de 610 CRC= 1 USD, este valor es el promedio de compra y venta del año 2021 (BCCR, 2021).
- Al menos un chofer por cada dependencia que recibe la capacitación.
- Promedio de salario base de un conductor de servicio civil es de 311 725 CRC (Servicio Civíl, 2020).
- Se asume porcentaje de cumplimiento total de las medidas propuestas.
- El costo de una UCC es de 7,5 USD (FONAFIFO, 2021).
- Todos los vehículos de gasolina utilizan el ECO95 como gasolina superior, esto implica una reducción de 7 CRC/L (RECOPE, 2019).
- El costo del kWh es de 182,71 CRC en las electrolineras instaladas en el país (*Tarifa Aplicable En Los Centros de Recarga Rápida Para Vehículos Eléctricos*, 2019). Este mismo costo es el que se considera para la recarga de los vehículos desde instalaciones en que pernocta.
- El vehículo eléctrico de referencia utilizado para la estimación del costo de sustitución es el Hyundai Ioniq con un costo de 38 900 USD cada unidad (Herrera, 2020; Hyundai, 2021).
- El número de vehículos que se representa el percentil 25 que recorre menos de 305 km es igual a 30.
- El costo de mantenimiento por cada equipo de aire acondicionados es de 54,02 USD (Denzinger y Salas, 2020).
- Se cuenta con 193 equipos de aire acondicionado.
- El costo de un equipo de AA R290 es en promedio de 835 USD (Denzinger y Salas, 2020).
- Al menos una vez al año se hace mantenimiento de aire acondicionados.
- El costo de cada cambio de aceite es de 81,97 USD(AUTOPITS, 2021).

- Se aplica un factor de corrección de 30% al costo por cambio de aceites, este porcentaje de corrección se debe a la incertidumbre asociada a la obtención de datos de actividad (PPCN, 2020a).
- Se utiliza la tasa básica pasiva como referente de una tasa de interés, para este ejercicio corresponde a un 3% calculada del promedio de tasas reportadas por BCCR (BCCR, s.f.).
- El costo de envío de una tonelada de residuos sólidos municipales a un relleno sanitario es 19,51 USD (CGR, 2014).
- El costo social del carbono, que considera otras afectaciones económicas, analizadas como externalidades es de 25,83 USD (Alatorre et al., 2019).
- El daño ambiental más tangible ocasionado por efecto del cambio climático en Costa Rica es en el sector de la agricultura, con una pérdida anual de 127 000 000 USD (Ordaz et al., 2010).

Con los resultados de cálculo de estimaciones económicas por el costo en facturación de datos de actividad, así como los estimados de costos de las inversiones de los proyectos de reducción (apéndice 4), se calculó el VAN privado (sin externalidades), VAN social (con externalidades) y para cada caso la TIR (cuadro 24).

Cuadro 24. Cálculo del VAN social y privado, TIR social y privada de la inversión en proyectos ambientales de proyectos climáticos.

	Privado			**Social**		
	Año 0	*Año 1*	*Año 2*	*Año 0*	*Año 1*	*Año 2*
Flujo Privado	-$ 406.379,07	-$1.259.053,58	$ 319.900,10	-$ 406.379,07	-$ 527.488,75	$ 1.051.464,93
VAN	($1.325.116,99)			$67.619,09		
TIR[a]	12%			82,484%		

[a] Calculada para 10 años.

Analizando los datos del cuadro 24 podemos interpretar que existen diferencias entre el VAN privado y social, para el primer caso el VAN negativo indica que los beneficios no alcanzan a cubrir las expectativas del proyecto o no se estén obteniendo los beneficios esperados (Mete, 2014). No obstante, de acuerdo con Quesada, (2014), para algunos proyectos ambientales como ha ocurrido como con los paneles solares una tasa del 12% se considera aceptable e indica que se generará un retorno del 12%.

Si tomamos esta última referencia como una posible tasa de expectativa, la TIR calculada sería igual a la tasa de expectativa, un resultado esperable para aceptar el proyecto como rentable. De acuerdo con Mete (2014), si la TIR es igual a la tasa de expectativa es indiferente realizar el proyecto o escoger las alternativas, pero de no existir alternativas debería desarrollarse el proyecto, pues, los ingresos cubren los egresos y generan beneficios. Cada destacar que el cálculo de la TIR, podría estar afectado por la no consideración de otros costos de beneficio o bien de costo de uso de la tecnología que contribuyen al sesgo para una TIR más aceptable.

Por el contrario, si analizamos el VAN social, TIR social y años de retorno de la inversión, el proyecto se convierte en altamente rentable, incluso se reduce de 6 a 2 años el periodo de retorno de la inversión (figura 18). Para el flujo social una VAN positiva (cuadro 24), indica que el proyecto arroja un beneficio aún después de cubrir las expectativas; además, entre más grande un TIR mayor rentabilidad (Mete, 2014).

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Curvas J para comparación entre flujos por la inversión de proyectos de reducción para proyectos climáticos.

Gráficamente como se puede observar, en ambas curvas J en los primeros años se presentan pérdidas económicas debido a la alta inversión en la compra y adquisición de

bienes con tecnologías más eficientes y menos contaminantes. Sin embargo, al considerar las externalidades el tiempo que se tardará en recuperar la inversión es menor (2 años) en comparación con el tiempo que se tardaría en recuperar inversión para el flujo privado (6 años). Este comportamiento es esperable, en especial por que los proyectos propuesto reduce cerca de un 50% la emisiones de GEI, que tiene más beneficios que perdidas, principalmente si se analizan los efectos de la contaminación a largo plazo, como lo es lo cambios y alteraciones ecosistémicas causadas por el calentamiento global (O'Mahony, 2021).

V. CONCLUSIONES

La principal fuente de emisión de CO_2 e para el alcance 1 es por consumo de combustibles fósiles, especialmente las fuentes móviles que utilizan diésel. Para el alcance dos, el principal emisor de fuentes de GEI son las provenientes del edificio de la sede central, posiblemente por concentrar la mayor cantidad funcionarios y equipos que demandan electricidad para realización de labores. Finalmente, en el alcance 3, las emisiones más significativas corresponden a las emitidas por disposición final de residuos en relleno sanitario. Se identificó que las emisiones generadas por esta organización la catalogan dentro de la categoría organizacional del PPCN, como de gestión de emisiones de baja complejidad. Esto es una oportunidad para mejorar la calidad de datos de actividad, pues no se requiere recolecta de información compleja para inventariar CO_2 e.

El año base 2019, es el periodo con datos más completos y mejor depurados de los últimos años, esto indica que representa las emisiones de GEI más acercadas a la realidad producto de las actividades normales de la institución. En consecuencia, puede ser utilizado como un buen referente para otros años donde se desee calcular las reducciones.

Este es un inventario con cálculo de incertidumbre según lo requisitos del PPCN, con oportunidades de mejora en la gestión de información de fuentes de error. Los altos porcentajes en incertidumbre estándar, por ejemplo, para consumo de aceites, reflejan la importancia de una adecuada gestión de los datos. En otros casos como en residuos sólidos o aguas residuales, los porcentajes altos en incertidumbre están relacionados con la inexistencia del cálculo del error para factores de emisión reportados por el IMN. Conforme se avance en términos de la gestión de la incertidumbre a nivel nacional, es esperable que estos porcentajes de error disminuyan. Con la información presentada en esta investigación, permite al MOPT, el reporte de incertidumbre expandida a un nivel de confianza del 95%.

Las propuestas de reducción en emisiones de gases de efecto invernadero están diseñadas según la viabilidad técnica y revisión de datos de actividad que revelaron los comportamientos normales en las fuentes evaluadas. Si bien, algunas de estas propuestas requieren de inversiones económicas, esto puede representar un reto importante para un momento en que se restringe el presupuesto de las instituciones públicas. No obstante, otras de las propuestas responden a prácticas que requieren poca inversión, para estas últimas es

importante considerar a nivel interno la aplicabilidad y si es o no factible administrativamente. De aplicar todas las propuestas de reducción planteadas, se reduciría en un 50% las emisiones actuales del 2019.

A nivel regulatorio y de mercado, todas las propuestas de reducción presentan viabilidad. Para algunas propuestas como paneles solares, están fundamentadas según las restricciones de generación distribuida. En Costa Rica existe variedad de empresas que ofrecen diversidad en las tecnologías ambientales, las propuestas en este documento solo deben ser utilizadas como referencia. Sin embargo, cada una requiere de análisis más exhaustivo para determinar su factibilidad, ajustada al contexto de la organización para futuros escenarios donde las posibilidades de invertir estén más restringidas por efecto de la Ley de Fortalecimiento de las Finanzas Públicas.

Finalmente, se considera que las propuestas planteadas generan un beneficio importante a nivel institucional y país, que en conjunto y vistos a largo plazo son viables financieramente, pues atienden costos sociales y ambientales que trascienden los reflejados para el periodo de retorno de la inversión. El enfoque del análisis financiero realizado para este trabajo toma en consideración aspectos de la economía circular, necesaria para la sustentabilidad de un país que ha declarado su compromiso hacia la protección de los recursos naturales, que deben ser entendidos en materia de economía como bienes comunes.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomiendan mejorar la gestión de datos de actividad utilizados para la medición de las emisiones de GEI. Esta gestión de datos debe ser más sistemática y recolectada más periódicamente, para detectar a tiempo los comportamientos en emisiones reflejados por medio de indicadores ambientales. Se sugiere periodicidad mensual. Los datos de actividad deben ser suministrados a un gestor de información del inventario, que revise la calidad de la información con una adecuada depuración. De esta manera, la organización mide el comportamiento y lo controla, permitiendo a la vez conocer los potenciales puntos críticos que producen altas emisiones.
2. Es necesario iniciar la trazabilidad de las mediciones y su incertidumbre por medio de la solicitud de certificados de calibración a proveedores de mantenimiento de equipos de aire acondicionado y recarga de extintores, que utilicen equipos para medición de masa, flujo o presión, entre otros. Preferiblemente, estos certificados deben cumplir en estructura y reporte de resultados, con los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2017.
3. Se recomienda calcular la emisión de gases de efecto invernadero proveniente de consumo de aceites por medio de métodos del nivel 2, considerando el poder calórico, se podría utilizar ± 3% como incertidumbre asociada al factor de emisión (Olivier et al., 2006). Estas mejoras en el cálculo de incertidumbre lograrían reducir sustancialmente el dato actual reportado.
4. De implementar alguna de los proyectos climáticos propuestas que no requieren inversión, se recomienda estudiar la factibilidad administrativa para su aplicación, considerando la tramitología que requiere. Por ejemplo, una de las primeras acciones administrativas que puede desarrollar la organización, es determinar las zonas y destinos que no requieran estrictamente del uso de vehículos que consumen diésel. Lo anterior, responde a que equipos que consumen gasolina presentan una menor emisión de dióxido de carbono equivalente.
5. Se recomienda a la organización iniciar con una política de basura cero, donde el principal gestor autorizado sea el centro de reciclaje de la Municipalidad de San José. Las emisiones por residuos sólidos son prevenibles, y así lo demuestran dos estudios de composición y generación de residuos sólidos ordinarios, realizados por

estudiantes de práctica profesional supervisada de la UNA. La aplicación de este proyecto climático, además de atender la segunda fuente de mayor emisión de GEI, es de bajo costo, y considera sólo un ordenamiento administrativo sobre el destino de los residuos sólidos.

6. Revisar y hacer concordar los proyectos climáticos propuestas con las ya desarrolladas en el PGAI. De esta manera se lograría estandarizar mismos indicadores ambientales, pero con diferente propósito.
7. Incluir en las cláusulas de carteles de licitación a proveedores de mantenimiento de aires acondicionados, requisitos relacionados con el control metrológico de equipos utilizados en medición de masa, flujo y volumen. Solicitar el cumplimiento con los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2017.
8. Se recomienda a la organización el registro de los kilogramos, libras u otras unidades de medición como presión sobre datos relacionado con el mantenimiento de equipos de aire acondicionado en oficinas y vehículos. Para vehículos se recomienda mantenimiento cada tres años según IPCC, 2006.

VII. LIMITACIONES

1. La organización no cuenta con una base de datos sobre consumo de lubricantes de mantenimiento. La información no está digitada en formato digital y las facturas físicas no están bajo un sistema que permita trazabilidad de la pertinencia de la información.
2. Los proveedores de mantenimiento de aires no realizan el servicio por unidad, por tanto, no se detectó trazabilidad de la información de recarga de refrigerante de cada equipo.
3. Algunos de los datos sobre los equipos de refrigeración tuvieron que ser buscados en fichas técnicas disponibles en internet, debido a que las etiquetas del producto ya no tenían legibles datos sobre recarga o tipo de gas refrigerante.

REFERENCIAS

Alatorre, J. E., Caballero, K., Ferrer, J., & Galindo, L. M. (2019). El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina. *Cepal*, 50.

Alvarado, W. (2019). *Refrigerantes hidrocarburos R 290 y R600a*. DIGECA.

Asociación Español de Normalización y Certificación. (2011). *UNE 23120-2011 Mantenimiento de extintores de incendios* (p. 26). AENOR. http://portal.aenormas.aenor.com.una.remotexs.co/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_buscador.asp

Attiwil, P. (1971). Atmospheric carbon doixide and te bioesphere. *Environ. Pollut1*, *1*, 249–261. https://doi.org/10.1016/0013-9327(71)90019-X

AUTOPITS. (2021). *Cambio de aceite*. https://www.autopitscr.com/cambio_aceite.php

Awanthi, M. G. G., & Navaratne, C. M. (2018). Carbon Footprint of an Organization: A Tool for Monitoring Impacts on Global Warming. *Procedia Engineering*, *212*, 729–735. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.094

Badr, O., Probert, S. D., & O'Callaghan, P. W. (1992). Methane: A greenhouse gas in the Earth's atmosphere. *Applied Energy*, *41*(2), 95–113. https://doi.org/10.1016/0306-2619(92)90039-E

Basic Controls. (2021). *Contador Eléctrico | Fabricante de medidores | Basic Controls*. http://bcenergymeters.com/4-energy-meter.html

BCCR. (n.d.). *Tasa Básica Pasiva (TBP)*. 2021. Retrieved June 24, 2021, from https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro= 17

BCCR. (2021, June 24). *Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América*. https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro= 400

Blanco, K., Chacón, R., Jiménez, G., Montenegro, J., & Sasa, J. (2015). *Inventario nacional*

de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero en Costa Rica.

Burkhart, D. J., & Fairclough, R. J. (2010). Nfpa 10 Extintores Portátiles Contra Incendios. *Normativa Extintores Pórtatiles*, 1–84. http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Norma-NFPA-10.pdf

Cao, Y., Wang, X., Bai, Z., Chadwick, D., Misselbrook, T., G. Sommer, S., Qin, W., & Ma, L. (2019). Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions during solid waste composting with different additives: A meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, *235*, 626–635. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.288

CAPRIS. (2021). *Tubos fluorescentes / LED Costa Rica | Capris, MÁS que solo herramientas*. CAPRIS. https://capris.cr/searchengine/?category=1025&manufacturer=63978

Castillo-Muñóz, R. (2010). *Glaciaciones e interglaciaciones en Costa Rica: Realidades y enigmas geológicos* (1st ed.). Litografía e imprenta LIL.

CGR. (2014). R-DCA-495-2014 Recurso de apelación interpuestos por Empresas Berthier EBI de Costa Rica S. A. y por WPP Continental de Costa Rica S. A. -Empresas Berthier EBI de Costa Rica S. A. In *Recurso de apelación*.

Chen, W. (2008). A comparative study on the performance and environmental characteristics of R410A and R22 residential air conditioners. *Applied Thermal Engineering*, *28*(1), 1–7. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.07.018

RTCA 01.01.11:06 Cantidad de producto preempacados, (2007) (testimony of COMEX-MEIC). https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2006/10/10/COMP_10_10_2006.html

Cordero, C. (2020). *Instituciones públicas pasaron al teletrabajo con lo que tienen en sistemas y servicios digitales; pero retos son múltiples - El Financiero*. El Financiero. https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/instituciones-publicas-pasaron-al-teletrabajo-con/6LHXE6IYAFCFFPJM7VXDLERFJM/story/

Corrales, L., & Chacón, K. (2017). Armonía con la naturaleza. *Estado de La Nación En*

Desarrollo Humano Sostenible, 177–228.

Cotana, F., Rossi, F., Filipponi, M., Coccia, V., Pisello, A. L., Bonamente, E., Petrozzi, A., & Cavalaglio, G. (2014). Albedo control as an effective strategy to tackle Global Warming: A case study. *Applied Energy*, *130*, 641–647. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.065

DCC. (2018). *Empresas PPCN*. MINAE. https://cambioclimatico.go.cr/recursos/empresas-ppcn/

Delfini, M., Drolas, A., Montes, J., & Spinosa, L. (2020). Teletrabajo: Fragilización y reconversión sin red de contención durante la pandemia. *Revista Movimiento*, *24*, 66–69. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/118996

Denzinger, P., y Salas, M. (2020). *Introducción de Equipos de Aire Acondicionado Ecoeficientes tipo split con R-290 en Costa Rica Implementado*. http://www.digeca.go.cr/documentos/introduccion-de-equipos-de-aire-acondicionado-ecoeficientes-tipo-split-con-r-290-en-costa

DGT. (2011). *Conducción eficiente* (p. 18). Ministerio de Interior.

Doorn, M. R. J., Towprayoon, S., Manso Vieira, S. M., Irving, W., Palmer, C., Pipatti, R., & Wang, C. (2006). Capítulo 6. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. *Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 1–31.

Easterbrook, D. (2013, August 2). *Calentamiento y Enfriamiento del Pleistoceno Tardío*. Western Washington University. http://www.mitosyfraudes.org/calen15/calentamiento_enfriamiento_pleistoceno_tardio.html

Entrecanales, J. (2016, noviembre 16). *Descarbonización de la economía*. 3.

EV imports. (2021). *Blog - EV Imports Costa Rica*. EV Imports. https://evimportscr.com/blog/

Floyd, C., & Ekene, B. (2016). Gas flaring: Carbon dioxide contribution to global warming.

Journal of Applied Sciences and Environmental Management, *20*(2), 309–317. https://doi.org/10.4314/jasem.v20i2.11

FONAFIFO. (2021). *Desarrollo y comercialización*. https://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/desarrollo-y-comercializacion/

Fontaras, G., Zacharof, N. G., & Ciuffo, B. (2017). Fuel consumption and CO2 emissions from passenger cars in Europe – Laboratory versus real-world emissions. *Progress in Energy and Combustion Science*, *60*, 97–131. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2016.12.004

Gamboa, N. (2016). *Guía de cambio climático y adaptación del modelo de negocio. ALIARSE y JICA*. http://www.cicr.com/wp-content/uploads/2017/09/Guia-Cambio-Climatico-y-Adaptacion-del-Modelo-de-Negocio-BR.pdf

Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería ambiental - - Google Libros*. Pearson . https://books.google.co.cr/books/about/Ingeniería_ambiental.html?id=ToQmAKnPpzIC&redir_esc=y

Gobierno de la República, & MINAE. (2015). *Contribuciones previstas determinadas a nivel nacional en el marco de la CMNUCC". International Partnership on Mitigation and MRV. Documento de Debate*. GIZ.

Grundmann, R. (2018). Ozone and climate governance: An implausible path dependence. *Comptes Rendus - Geoscience*, *350*(7), 435–441. https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.07.008

Hartter, J., Hamilton, L. C., Boag, A. E., Stevens, F. R., Ducey, M. J., Christoffersen, N. D., Oester, P. T., & Palace, M. W. (2018). Does it matter if people think climate change is human caused? *Climate Services*, *10*(June 2017), 53–62. https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.06.014

Herrera, W. (2019, October 3). *Seis agencias de vehículos ofrecen diez modelos eléctricos nuevos*. LaRepublica. https://www.larepublica.net/noticia/seis-agencias-de-vehiculos-ofrecen-diez-modelos-electricos-nuevos

Herrera, W. (2020, July 7). *Hyundai Ioniq es el sedán eléctrico más vendido en lo que va de*

2020. LaRepublica. https://www.larepublica.net/noticia/hyundai-ioniq-es-el-auto-electrico-mas-vendido-en-lo-que-va-de-2020

Hiraoka, T., Terakado, Y., Matsumoto, S., & Yamabe, S. (2009). Quantitative evaluation of eco-driving on fuel consumption based on driving simulator experiments. *16th ITS World Congress*.

Houzz. (n.d.). *Las 15 mejores Empresas de iluminación en Costa Rica | Houzz*. Retrieved June 23, 2021, from https://www.houzz.es/professionals/iluminacion/c/Costa-Rica

Huang, J., Mendoza, B., Daniel, J. S., Nielsen, C. J., Rotstayn, L., & Wild, O. (2013). Anthropogenic and natural radiative forcing. *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, *9781107057*, 659–740. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.018

Huzayyin, O. A., Salem, H., & Hassan, M. A. (2021). A representative urban driving cycle for passenger vehicles to estimate fuel consumption and emission rates under real-world driving conditions. *Urban Climate*, *36*(June 2020), 100810. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100810

Hyundai. (2021). *Hyundai Costa Rica | Ioniq Eléctrico*. HYUNDAI. https://www.hyundaicr.com/ioniqelectrico.php

IMN. (2019). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero 2019*. http://www.ideam.gov.co/web/cambio-climatico/gases-de-efecto-invernadero

IMN. (2020). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero*.

INA. (2021). *Revisiones periódicas y conducción eficiente de vehículos livianos* (p. 1). INA.

INEC. (2019). *Anuario estadístico*. INEC. https://www.inec.cr/anuario-estadistico

INTECO. (2020). *Inte B5:2020. Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos.* (Issue 506).

INTECO. (2016). *INTE B5:2016*.

IPCC. (2006). Capítulo 7 emisiones de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan

la capa de ozono. *Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero .*, *Volumen 3:*, 1–79. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf

IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

Isaza, J., & Campos, D. (2007). Cambio climático : glaciaciones y calentamiento global. *Instname:Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*, 289. https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1987#.Xlb4Ef3sl3w.mendeley

Jiménez, P. (2020, November 22). *La potencial realidad de la producción de biocombustibles en Costa Rica - Delfino.cr*. DELFINO. https://delfino.cr/2020/11/la-potencial-realidad-de-la-produccion-de-biocombustibles-en-costa-rica

Kohen. (, June). *Recomendaciones a tener en cuenta para instalación de LEDs | Iluminet revista de iluminación*. Iluminet. https://www.iluminet.com/recomendaciones-a-tener-en-cuenta-para-instalacion-de-leds/

Ley para la gestión integradad de residuos, (2010) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300

Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial , (2012) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=73504&nValor3=0&strTipM=FN

Reglamento generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables modelo de contratación medición neta sencilla, (2015) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80310&nValor3=101897&strTipM=TC

Reglamento de biocombustibles líquidos y sus mezclas, (2017) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=83579&nValor3=107514&strTipM=FN

N° 41052-S Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables, (2018) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=86628&nValor3=112489&strTipM=TC

Ley 9635 Fortalecimiento de las finanzas públicas , (2018) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=87720

Oficialización del Plan de Descarbonización compromiso del gobierno de la Republica, (2019) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=89205&nValor3=117003&strTipM=TC

Tarifa aplicable en los centros de recarga rápida para vehículos eléctricos, (2019) (testimony of La Gaceta). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=89413&nValor3=117351&strTipM=FN

Lauder, A. R., Enting, I. G., Carter, J. O., Clisby, N., Cowie, A. L., Henry, B. K., & Raupach, M. R. (2013). Offsetting methane emissions - An alternative to emission equivalence metrics. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, *12*, 419–429. https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2012.11.028

Lee, S., Choi, J. W., & Lee, S. H. (2015). Separation of greenhouse gases (SF6, CF4 and CO2) in an industrial flue gas using pilot-scale membrane. *Separation and Purification Technology*, *148*, 15–24. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.04.044

Lee, U., Han, J., & Wang, M. (2017). Evaluation of landfill gas emissions from municipal solid waste landfills for the life-cycle analysis of waste-to-energy pathways. *Journal of Cleaner Production*, *166*, 335–342. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.016

Li, H. (2016). Reflective Pavements and Albedo. In *Pavement Materials for Heat Island Mitigation*. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803476-7.00004-0

Lwasa, S., Buyana, K., Kasaija, P., & Mutyaba, J. (2018). Scenarios for adaptation and mitigation in urban Africa under 1.5 °C global warming. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *30*(March), 52–58. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.012

Reglamento para surtidores de combustibles líquidos N° 26425, (2007) (testimony of MEIC). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=61036

Reglamento técnico Norma RTCR 226:1997 Extintores Portátiles Contra el Fuego No 25986-MEIC-MTSS, (1997) (testimony of MTSS MEIC). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=42518&nValor3=44824&strTipM=FN

Melorose, J., Perroy, R., & Careas, S. (2015). Cambio climático, compendio informativo. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, *1*, 74. http://unfccc.int/

Mete, M. R. (2014). Valor Actual Neto Y Tasa De Retorno: Su Utilidad Como Herramientas Para El Análisis Y Evaluación De Proyectos De Inversión. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, *7*(7), 67–85.

MINAE. (2018). *Informe anual de Costa Rica para un abordaje sectorial e integrado del tema ambiental, sirviendo de diagnóstico para la identificación de los principales desafíos que debemos emprender en el país.* (1st ed.). MINAE.

MINAE, & IMN. (2014). *Tercera Comunicación Nacional* (Fanny Ramirez Esquivel). Ministerio de Ambiente y Energía.

MINAE, y MAG. (2008). *Programa Nacional de Biocombustibles*. 187.

MINAET. (2009). *Estrategia nacional de cambio climático: Costa Rica* (E. A. R. Chacón Araya y C. Drews (ed.)).

Mitchell, D., AchutaRao, K., Allen, M., Bethke, I., Beyerle, U., Ciavarella, A., Forster, P. M., Fuglestvedt, J., Gillett, N., Haustein, K., Ingram, W., Iversen, T., Kharin, V., Klingaman, N., Massey, N., Fischer, E., Schleussner, C. F., Scinocca, J., Seland, Ø., … Zaaboul, R. (2017). Half a degree additional warming, prognosis and projected impacts (HAPPI): Background and experimental design. *Geoscientific Model Development*, *10*(2), 571–583. https://doi.org/10.5194/gmd-10-571-2017

MIVAH. (2013). Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana. In *Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana*. MIVAH.

Molina-Castro, G., & Calderón-Jiménez, B. (2021). Evaluating Asymmetric Approaches to the Estimation of Standard Uncertainties for Emission Factors in the Fuel Sector of Costa Rica. *Frontiers in Environmental Science*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.662052

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.* Universidad Nacional de Costa Rica.

Moomaw, W. R. (1996). Industrial emissions of greenhouse gases. *Energy Policy*, *24*(10–11), 951–968. https://doi.org/10.1016/s0301-4215(96)80360-0

Mora, L. (2017). *Programa País Carbono Neutralidad: Oficial del Gobierno de Costa Rica*.

Morales, M. (2016). Evaluaciones de las emisiones de dióxido de Carbono (CO2) en automóviles generados por el uso no energético de lubricantes (aceites de motos) en el Gran Área Metropolitana. In *Universidad de Costa Ric*. Universidad de Costa Rica.

Mota, S., Hernandis, B., Mazarelo, K., Batalha, V., & Vergara, L. (2015). Ecoeficiency and Enviroment Ergonomics to the Production of Ceramic Bricks in the Brazilian Amazon. *Procedia Manufacturing*, *3*, 5579–5586. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.741

Müller, J. (2019). *SwissCommunity : Un pionero: el aspirador de CO2 de Zúrich-Oerlikon*. https://www.swisscommunity.org/es/news-medios/panorama-suizo/articulo/un-

pionero-el-aspirador-de-co2-de-zurich-oerlikon

Munck, L., & CELLA DE OLIVEIRA, F. A. (2014). Ecoeficiência: Uma discussão do conceito como uma competência organizacional. *Revista Alcance*, *21*(3).

Noh, S., Son, Y., Bong, T., & Park, J. (2014). Characterization of CO2 emissions during construction of reservoir embankment elevation in South Korea. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *19*(1), 42–51. https://doi.org/10.1007/s11367-013-0620-2

Núñez, C. (2019, May 15). *Los niveles de dióxido de carbono alcanzan un récord histórico | National Geographic*. NatGeo. https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2019/05/los-niveles-de-dioxido-de-carbono-alcanzan-un-record-historico

O'Mahony, T. (2021). Cost-Benefit Analysis and the environment: The time horizon is of the essence. *Environmental Impact Assessment Review*, *89*, 106587. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106587

OIML. (2006). OIML R 76-1: Metrological and technical requirements - Tests. In *Organisation Internaionales de Métrologie Légale* (pp. 1–144). https://www.oiml.org

Okagbue, H., Edeki, S., Opanuga, A., Oguntunde, P., & Adeosun, M. (2014). Using the Average of the Extreme Values of a Triangular Distribution for a Transformation, and Its Approximant via the Continuous Uniform Distribution. *British Journal of Mathematics & Computer Science*, *4*(24), 3497–3507. https://doi.org/10.9734/bjmcs/2014/12299

Olivier, J., Gaudioso, D., Gillenwater, M., Ha, C., Hockstad, L., Matinsen, T., Neelis, M., Park, H., & Simmond, T. (2006). Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes. In *Directrices del IPCC DE 2006 para los inventarios nacional de gases de efecto invernadero* (pp. 1–21). IPCC.

Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura. *D.F, México: CEPAL*, 76. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25921/1/lcmexl972.pdf

Parker, D. B., Meyer, B., Jennings, T., Jennings, J., Dougherty, H., Cole, N. A., & Casey, K.

(2018). Enteric nitrous oxide emissions from beef cattle. *Professional Animal Scientist*, *34*(6), 594–607. https://doi.org/10.15232/pas.2018-01769

Pavlova, E. Y., & Pitulko, V. V. (2020). Late Pleistocene and Early Holocene climate changes and human habitation in the arctic Western Beringia based on revision of palaeobotanical data. *Quaternary International*, *549*(March), 5–25. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.015

PEN. (2020). *Capítulo 4 : Aspectos sobre la composición de las emisiones en la flota vehicular que afectan la salud y el ambiente*. https://estadonacion.or.cr/informes/

Penman, J., & Habetsion, S. (2007). La cuantificación de las incertidumbres en la práctica. In R. Ordingo (Ed.), *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (pp. 6.1-6.35). http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/6_Uncertainty_ES.pdf

Pipatti, R., Sharma, C., & Yamada, M. (2006). Datos de generación, composición y gestión de desechos. In *Directrices del IPPC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Vol. V* (pp. 1–24). http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html

PPCN. (2020a). *Directrices para la estimación y análisis de las incertidumbre de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI)*.

PPCN. (2020b). *Guía metodológica para la estimación de la incertidumbre de emisiones y remociones de gases de efectos invernadero (GEI)*. Gobierno de la República de Costa Rica.

PPCN. (2021). *Programa país carbono neutralidad: organizacional* (2nd ed.). Gobierno de la República de Costa Rica.

Presidencia de la República. (2017). *País afina su camino a la carbono neutralidad con nuevo Programa País – Presidencia de la República de Costa Rica*. Gobierno de La República de Costa Rica. https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2017/09/pais-afina-su-camino-a-la-carbono-neutralidad-con-nuevo-programa-pais/

Quesada, L. (2014, August 6). *Evaluación de un sistema fotovoltaico*. LaRepublica.

https://www.larepublica.net/noticia/evaluacion_de_un_sistema_fotovoltaico

Rahman, M. M., & Alam, K. (2021). Exploring the driving factors of economic growth in the world's largest economies. *Heliyon*, *7*(5), e07109. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07109

RECOPE. (2015, February 5). *Charla sobre conducción eficiente*. RECOPE. https://www.recope.go.cr/charla-sobre-conduccion-eficiente/

RECOPE. (2019). *RECOPE venderá gasolina con etanol para reducir emisiones*. RECOPE. https://www.recope.go.cr/recope-vendera-gasolina-etanol-reducir-emisiones/

Rull del Castillo, V. (2018). *El antropoceno*. Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. http://ebookcentral.proquest.com/lib/unacrsp/detail.action?docID=5426086

Schleussner, C.-F., Lissner, T. K., Fischer, E. M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj, J., Childers, K., Schewe, J., Frieler, K., Mengel, M., Hare, W., & Schaeffer, M. (2016). Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: The case of 1.5 ydeg;C and 2 ydeg;C. *Earth System Dynamics*, *7*(2), 327–351. https://doi.org/10.5194/esd-7-327-2016

Servicio Civíl. (2020). *Resolución DG-003-2020* (pp. 1–3). Dirección General de Servicio Civil. http://www.dgsc.go.cr/ts_salarios/dgsc_servicios_salarios.html

Shaik, S., & Babu, A. (2018). Analytical computation of GWP, ODP, RF number and TEWI analysis of various R134a/R1270/R290 blends as R22 alternatives. In Rajesh Vanchipura (Ed.), *Emerging Trends in Engineering, Science and Technology for Society, Energy* (1st ed.). CRC Press. https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=OQprDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA443&dq=ODP+r22&ots=qjk4x2jD5I&sig=eGWlQ5MNm5BIqzIVwaotlIDvf9E&redir_esc=y#v=onepage&q=ODP r22&f=false

Skytt, T., Nielsen, S. N., & Jonsson, B. G. (2020). Global warming potential and absolute global temperature change potential from carbon dioxide and methane fluxes as indicators of regional sustainability – A case study of Jämtland, Sweden. *Ecological*

Indicators, *110*(July 2019), 105831. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105831

Sutter, P. S. (2017). *Making Climate Change History: Documents from Global Warming's Past.*

US EPA, O. (2021). *Overview of Greenhouse Gases*. https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases

Vallero, D. (2014). The Science of Air Pollution. In *Fundamentals of Air Pollution*. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-401733-7.00003-7

Vetter, S. H., Sapkota, T. B., Hillier, J., Stirling, C. M., Macdiarmid, J. I., Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E. J. M., Dangour, A. D., & Smith, P. (2017). Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *237*, 234–241. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.024

Vij, S., Moors, E., Ahmad, B., Uzzaman, A., Bhadwal, S., Biesbroek, R., Gioli, G., Groot, A., Mallick, D., Regmi, B., Saeed, B. A., Ishaq, S., Thapa, B., Werners, S. E., & Wester, P. (2017). Climate adaptation approaches and key policy characteristics: Cases from South Asia. *Environmental Science and Policy*, *78*(July), 58–65. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.09.007

Villeta, M., Lahera, T., Merino, S., Zato, J. G., Naranjo, J. E., & Jiménez, F. (2012). Modelo para la conducción eficiente y sostenible basado en lógica borrosa. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, *9*(3), 259–266. https://doi.org/10.1016/j.riai.2012.05.009

Yang, C., Lin, W., Gong, R., Zhu, M., & Springer, C. (2021). Transport decarbonization in big cities: An integrated environmental co-benefit analysis of vehicles purchases quota-limit and new energy vehicles promotion policy in Beijing. *Sustainable Cities and Society*, *71*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102976

Yue, X. L., & Gao, Q. X. (2018). Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas emissions. *Advances in Climate Change Research*, *9*(4), 243–252. https://doi.org/10.1016/j.accre.2018.12.003

Yúnez, P. (2020). Propuesta de mejora para la optimización de la productividad de taller STK power, mediante estudio de métodos y tiempos en la prestación del servicio de cambio de aceite cada 5000 km en un automóvil. In *Universidad Cooperativa de Colombia* (Vol. 21, Issue 1). Universidad Cooperativa de Colombia.

Zhao, Y. J., & Gao, C. Bin. (2014). Monodispersion soot interference attached on the protection windows on NO2 concentration accuracy using NDIR. *Advanced Materials Research*, *886*, 223–227. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.886.223

Zhou, Y. M., & Feng, Y. S. (2014). The strategy and technology selection for non-co2 greenhouse gas emission control. *Advances in Climate Change Research*, *5*(1), 28–33. https://doi.org/10.3724/SP.J.1248.2014.028

Zucco, C. A., Oliveira-Santos, L. G. R., & Fernandez, F. A. S. (2011). Protect Brazil's land to avert disasters. *Nature*, *470*(7334), 335. https://doi.org/10.1038/470335a

ANEXOS

Anexo I. Acceso a sistemas de registro

Usuario y Contraseña

David Eduarte Vargas <deduartv@mopt.go.cr>
Mar 15/5/2018, 09:34
Para:lpalomo31@hotmail.com <lpalomo31@hotmail.com>;

Buenos días, adjunto le envío el usuario y contraseña para el acceso al Sistema de Administración de Equipo y Maquinaria (SAEM), al Sistema Control Interno de Tarjetas Electrónicas de Combustible (CITEC) como consulta, y al Sistema Integrado de Adquisiciones y Ejecución Presupuestaria (SINAEP), conforme a lo solicitado por el Biólogo Fabián Andrés Sánchez Dorado, mediante el oficio **PI-2018-187**.

Sin más por el momento, se despide,

Lic. David Eduarte Vargas
Departamento de Ingeniería de Sistemas
Dirección de Informática
San José, Costa Rica
Tel.: (506)2523-2652 / 2523-2649

Anexo II. Catálogo organizacional del MOPT para las oficinas contempladas dentro del área de estudio y definición de los límites financiero y operacionales para cada sección.

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
10	1	00	000	001	MINISTRO	100%	Si	Si
10	5	76	000	757	PROCESO ASESOR AL CAS	100%	Si	Si
10	9	00	000	633	CONSEJO DE PERSONAL	100%	Si	Si
10	9	00	000	714	PROGRAMA EJECUTOR 326	100%	Si	Si
10	5	01	000	014	OFICIALIA MAYOR	100%	Si	Si
10	5	03	000	017	DIRECCION DE RELACIONES PUBLICAS	100%	Si	Si
10	5	04	000	018	DIRECCION CONTRALORIA INSTITUCIONAL DE SERVICIOS	100%	Si	Si
10	5	06	000	020	DIRECCION DE AUDITORIA GENERAL	100%	Si	Si
10	7	06	002	022	DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ESPECIALES	100%	Si	Si
10	7	06	003	023	DEPARTAMENTO DE AUDITORIA OPERATIVA Y FISCALIZACION	100%	Si	Si
10	5	07	000	025	SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL	100%	Si	Si
10	7	07	192	733	PROCESO ASESORÍA AL MINISTRO(A) RECTOR(A)	100%	Si	Si
10	7	07	193	734	PROCESO ELABORACIÓN DE LINEAMIENTOS Y POLÍTICAS SECTORIALES	100%	Si	Si
10	7	07	194	735	PROCESO PRIORIZACIÓN Y SELECCIÓN DE PROYECTOS DEL SECTOR TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	100%	Si	Si
10	7	07	195	736	PROCESO GESTIÓN DEL FINANCIAMIENTO PARA LOS PROYECTOS DEL SECTOR TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	100%	Si	Si
10	7	07	196	737	PROCESO PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA MULTIMODAL DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS DE TRANSPORTES	100%	Si	Si
10	7	07	197	738	PROCESO ELABORACIÓN DE PLANES, PROGRAMAS Y PROYECTOS SECTORIALES	100%	Si	Si

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
10	7	07	198	739	PROCESO EVALUACIÓN DE PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y POLÍTICAS SECTORIALES	100%	Si	Si
10	7	07	199	740	PROCESO GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL PARA LOS PROYECTOS DEL SECTOR TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	100%	Si	Si
10	7	07	000	741	PROCESO GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO DEL SECTOR TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	100%	Si	Si
10	7	07	209	754	PROCESO COORDINACIÓN CON EL SECTOR TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA Y ENTES NACIONALES, INTERNACIONES Y GRUPOS DE INTERÉS	100%	Si	Si
10	9	07	000	742	SUBPROCESO ADMINISTRATIVO	100%	Si	Si
10	5	08	000	032	DIRECCION DE ASESORIA JURIDICA	100%	Si	Si
10	7	08	009	034	SECCIÓN DE ASUNTOS INTERNOS	100%	Si	Si
10	7	08	117	237	DEPARTAMENTO DE ADQUISICION DE BIENES INMUEBLES	100%	Si	Si
10	7	08	175	041	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO (ASUNT.JURID.)	100%	Si	Si
10	5	09	000	037	DIRECCION DE INFORMATICA	100%	Si	Si
10	7	09	012	038	DEPARTAMENTO PRODUCCION, IMAGENES Y DISENOS	100%	Si	Si
10	7	09	013	039	DEPARTAMENTO DE SOPORTE TECNICO	100%	Si	Si
10	7	09	014	040	DEPARTAMENTO INGENIERIA DE SISTEMAS	100%	Si	Si
10	5	75	000	731	UNIDAD DE PLANIFICACIÓN INSTITUCIONAL (UPI)	100%	Si	Si
10	7	75	200	743	PROCESO ASESORÍA AL MINISTRO O MINISTRA	100%	Si	Si

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
10	7	75	201	744	PROCESO ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL Y GESTIÓN DE POLÍTICAS PARA PROYECTOS INSTITUCIONALES	100%	Si	Si
10	7	75	202	745	PROCESO COORDINACÓN CON LAS DEPENDENCIAS INSTITUCIONALES Y SPS	100%	Si	Si
10	7	75	203	746	PROCESO GESTIÓN DE LA CALIDAD Y MEJORA CONTINUA DE PROCESOS	100%	Si	Si
10	7	75	204	747	PROCESO ELABORACIÓN Y SEGUIMIENTO DE INDICADORES DE GESTIÓN INSTITUCIONAL DE PROCESOS	100%	Si	Si
10	7	75	205	748	PROCESO GESTIÓN DE CONTROL INTERNO	100%	Si	Si
10	7	75	206	749	PROCESO GESTIÓN PARA LA IGUALDAD DE GÉNERO	100%	Si	Si
10	7	75	207	750	PROCESO GESTIÓN DE LA ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL	100%	Si	Si
10	7	75	208	751	PROCESO EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE PLANES, PROGRAMAS Y PROYECTOS INSTITUCIONALES	100%	Si	Si
10	9	75	000	752	PROCESO GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y ESTADÍSTICA	100%	Si	Si
10	9	75	000	755	SUBPROCESO ADMINISTRATIVO PRESUPUESTARIO	100%	Si	Si
12	2	00	000	732	VICEMINISTERIO DE REFORMAS Y PROYECTOS	100%	Si	Si
15	2	00	000	002	VICEMINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA Y CONCESIONES	100%	Si	Si
15	9	00	000	713	UNIDAD EJECUTORA BAJOS DE CHILAMATE-VUELTA KOOPER	100%	Si	Si
20	2	00	000	003	VICEMINISTERIO DE TRANSPORTES Y SEGURIDAD VIAL	100%	Si	Si
70	4	00	000	134	DIVISION OBRAS PUBLICAS	100%	Si	Si
70	5	30	000	172	DIRECCION PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION	100%	Si	Si

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
70	7	30	057	173	DEPARTAMENTO DE PROGRAMACION Y EVALUACION	100%	Si	Si
70	7	30	058	174	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO	100%	Si	Si
70	5	31	000	175	PROYECTO M.O.P.T./ G.T.Z.	100%	Si	Si
70	5	32	000	176	DIRECCION ATENCION DE EMERGENCIA Y DESASTRES	100%	Si	Si
70	5	34	000	178	DIRECCION DE INGENIERIA DE OBRAS PUBLICAS	100%	Si	Si
70	6	34	000	180	SUBDIRECCION CONTRATACION VIAL	100%	Si	Si
70	6	34	000	185	SUBDIRECCION DE DISENO VIAL	100%	Si	Si
70	6	34	000	189	SUBDIRECCION GEOTECNIA Y MATERIALES	100%	Si	Si
70	7	34	059	179	DEPTO DE INSPECCION Y DEMOLICIONES (SUBDIREC.DISENO VIAL)	100%	Si	Si
70	7	34	060	181	DEPARTAMENTO NORMAS Y PROCEDIMIENTOS (SUBDIRECCION CONTRATACION VIAL)	100%	Si	Si
70	7	34	061	182	DEPARTAMENTO LICITACIONES (SUBDIRECCION CONTRATACION VIAL)	100%	Si	Si
70	7	34	064	186	DEPARTAMENTO DISEÑO GEOMETRICO (SUBDIRECCION DISEÑO VIAL)	100%	Si	Si
70	7	34	066	188	DEPARTAMENTO PREVISION VIAL (SUBDIRECCION DISEÑO VIAL)	100%	Si	Si
70	7	34	067	190	DEPARTAMENTO DE PAVIMENTOS (SUBDIRECCION GEOCTENIA Y MATERIALES)	100%	Si	Si
70	7	34	068	191	DEPARTAMENTO LABORATORIO DE MATERIALES (SUBDIRECCION GEOTECN	100%	Si	Si
70	7	34	069	192	DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA (SUBDIRECCION GEOTECNIA Y MATERIALES)	100%	Si	Si
70	5	35	000	194	DIRECCION DE CONTROL DE MAQUINARIA Y EQUIPO	100%	Si	Si

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
70	8	35	000	668	SECCION ADMINISTRATIVA (CTROL MAQ. Y EQUIP)	100%	Si	Si
70	7	35	074	200	DEPARTAMENTO CONTROL DE EQUIPO PESADO	100%	Si	Si
70	5	49	000	319	DIRECCION DE EDIFICACIONES NACIONALES	100%	Si	Si
70	7	49	108	323	DEPARTAMENTO PLANEAMIENTO Y CONTROL DE EJECUCION DE OBRAS	100%	Si	Si
70	7	49	109	324	DEPARTAMENTO PROYECTOS Y DISE?OS	100%	Si	Si
70	7	49	110	325	DEPARTAMENTO OBRAS POR CONTRATO, SEDE CENTRAL	100%	Si	Si
70	7	49	111	326	DEPARTAMENTO OBRAS POR ADMINISTRACION, SEDE CENTRAL	100%	Si	Si
70	9	49	118	650	OBRAS ASIG.FAMILIARES (SEDE 2-1) CARTAGO	100%	Si	Si
70	9	49	118	661	OBRAS ASIG.FAMILIARES (SEDE 10-1) SAN ISIDRO	100%	Si	Si
70	7	49	186	474	DEPARTAMENTO DE AYUDA COMUNAL	100%	Si	Si
70	5	50	000	337	DIRECCION DE OBRAS FLUVIALES	100%	Si	Si
70	7	50	178	672	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO(OBRAS FLUVIALES)	100%	Si	Si
70	5	73	000	260	DIRECCION DE PUENTES	100%	Si	Si
70	7	73	189	688	DEPARTAMENTO DISEÑO DE PUENTES	100%	Si	Si
70	7	73	190	689	DEPARTAMENTO ADMINISTRACION DE PUENTES	100%	Si	Si
70	7	73	191	690	DEPARTAMENTO CONSTRUCCION DE PUENTES	100%	Si	Si
75	4	00	000	338	DIVISION MARITIMO PORTUARIA	100%	Si	Si
75	5	52	000	344	DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA	100%	Si	Si
75	5	53	000	345	DIRECCION DE NAVEGACION Y SEGURIDAD	100%	Si	Si
80	4	00	000	354	DIVISION DE TRANSPORTES	100%	Si	Si

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
80	5	54	000	357	DIRECCION DE PLANEAMIENTO DE TRANSPORTES	100%	Si	Si
80	7	54	159	356	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO	100%	Si	Si
80	7	55	124	363	DEPARTAMENTO REGIONAL EDUCACION VIAL PEREZ ZELEDON	100%	Si	Si
80	9	55	000	722	SEDE REGIONAL DE EDUCACIÓN VIAL CARTAGO	100%	Si	Si
80	7	56	132	381	DEPARTAMENTO SEMAFOROS	100%	Si	Si
80	8	56	182	378	OFICINA REGIONAL PEREZ ZELEDON	100%	Si	Si
80	9	57	000	387	UNIDAD DE PLANIFICACION (DGPT)	100%	Si	Si
80	9	57	134	779	Unidad Depósito Cartago	100%	Si	Si
80	7	57	138	388	DEPARTAMENTO OPERACIONES POLICIALES DE TRANSITO	100%	Si	Si
80	9	57	138	406	UNIDAD DELEGACIÓN PÉREZ ZELEDÓN (REGIÓN BRUNCA)	100%	Si	Si
80	9	57	138	708	UNIDAD SUPERVISIÓN NACIONAL (DEPTO. OPERACIONES POLICIALES)	100%	Si	Si
80	9	57	138	709	UNIDAD CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES (DEPTO. OPERACIONES	100%	Si	Si
80	9	57	138	710	UNIDAD CENTRAL DE COMUNICACIONES (DEPTO. OPERACIONES POLICIA	100%	Si	Si
80	7	57	139	414	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO	100%	Si	Si
80	9	57	139	415	TALLER MECANICO NO.58 POLICIA DE TRANSITO	100%	Si	Si
80	9	57	139	416	BODEGA NO 99-POLICIA DE TRANSITO	100%	Si	Si
80	9	57	139	711	UNIDAD DE TRÁMITES ADMINISTRATIVOS (DEPTO. ADMINISTRATIVO)	100%	Si	Si
80	9	57	139	712	UNIDAD DE ARMERÍA (DEPTO. ADMINISTRATIVO)	100%	Si	Si
85	4	00	000	432	DIVISION ADMINISTRATIVA	100%	Si	Si
85	5	60	000	436	DIRECCION GESTION INST.DE RECURSOS HUMANOS	100%	Si	Si

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
85	8	60	000	437	UNIDAD DE INFORMATICA (D.G.I.R.H.)	100%	Si	Si
85	7	60	151	439	DEPTO. GESTION DE LA ORGANIZACION DEL TRABAJO	100%	Si	Si
85	7	60	152	440	DEPTO. GESTION DE EMPLEO	100%	Si	Si
85	7	60	153	441	DEPTO. GESTION DE SERVICIO DEL PERSONAL	100%	Si	Si
85	7	60	154	442	DEPARTAMENTO RELACIONES LABORALES	100%	Si	Si
85	7	60	155	443	DEPARTAMENTO SALUD OCUPACIONAL	100%	Si	Si
85	5	61	000	444	DIRECCION DE CAPACITACION Y DESARROLLO	100%	Si	Si
85	7	61	157	446	DEPARTAMENTO BECAS Y LICENCIAS	100%	Si	Si
85	7	61	158	447	DEPARTAMENTO INVESTIGACION Y PROGRMACION	100%	Si	Si
85	7	61	160	449	DEPARTAMENTO DE COORDINACION E INSTRUCTORES	100%	Si	Si
85	5	62	000	450	DIRECCION FINANCIERA	100%	Si	Si
85	8	62	000	451	SECCION DE INFORMATICA (D.F.)	100%	Si	Si
85	7	62	161	452	DEPARTAMENTO FORMULACION Y EVALUACION PRESUPUESTARIA	100%	Si	Si
85	7	62	162	453	DEPARTAMENTO EJECUCION PRESUPUESTARIA	100%	Si	Si
85	7	62	163	454	DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD	100%	Si	Si
85	7	62	164	455	DEPARTAMENTO DE TESORERIA	100%	Si	Si
85	5	64	000	499	DIRECCION DE SERVICIOS GENERALES Y TRANSPORTES	100%	Si	Si
85	9	64	0	756	CENTRO DE INFORMACIÓN Y TRÁMITE	100%	Si	Si
85	7	64	168	498	DEPARTAMENTO REGISTRO Y CONTROL PATRIMONIAL	100%	Si	Si
85	7	64	169	500	DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES	100%	Si	Si

DIV	IND	DIR	DPTO	SECC	DESCRIPCIÓN	Participación accionaria	Control financiero	Control operacional
85	7	64	170	501	DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y VIGILANCIA	100%	Si	Si
85	7	64	171	502	DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES	100%	Si	Si
85	7	64	172	503	DEPARTAMENTO CONTROL DE TRANSPORTES	100%	Si	Si
85	7	64	177	671	DEPARTAMENTO DE GARAJE CENTRAL	100%	Si	Si
85	7	64	183	048	DEPARTAMENTO CONTROL DE COMBUSTIBLES	100%	Si	Si
85	5	70	000	438	PROVEEDURIA INSTITUCIONAL	100%	Si	Si
85	7	70	150	318	DEPARTAMENTO DE CONTRATACIONES	100%	Si	Si
85	7	70	166	458	DEPARTAMENTO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION	100%	Si	Si
85	9	70	166	491	BODEGA NO.1 SAN JOSE	100%	Si	Si
85	7	70	185	209	DEPARTAMENTO DE PROGRAMACION Y CONTROL	100%	Si	Si
90	9	00	000	463	DIRECCION GENERAL DEL SERVICIO CIVIL	100%	Si	Si
90	0	00	000	511	ASOCIACION INGENIEROS CIVILES	100%	Si	Si
90	0	00	000	514	UNATROPYT	100%	Si	Si
90	0	00	000	523	CAPILLA MOPT	100%	Si	Si
90	0	00	000	524	SODA MOPT	100%	Si	Si
90	0	00	000	542	APROMOPT	100%	Si	Si
90	0	00	000	543	ASOCIACION NACIONAL DE JUBILADOS DE OBRAS PUBLICA Y TRANSPORTES (NAJOPT)	100%	Si	Si

Anexo III. Datos de actividad y cálculo de emisiones

Combustibles

Combustible	Fuente	Consumo anual (L/año)	Emisiones por dióxido de carbono (kg CO_2)	Emisiones por Metano (kg CH4)	Emisiones por Óxido nitroso (kg N2O)	Kilogramos de Dióxido de Carbono equivalente (kg CO_2 e)	Toneladas de Dióxido de carbono equivalente (ton CO_2 e)
Diesel	ESTACIONARIO	554,8	1.449,6	1,7	26,5	1.477,8	1,5
	LIVIANO	106.192,0	277.479,6	332,3	5.069,6	282.881,4	282,9
	PESADO	40.300,4	105.305,0	126,1	1.923,9	107.355,0	107,4
Gasolina	LIVIANO	24.166,7	53.916,0	460,3	2.120,1	56.496,5	56,5

Refrigerantes

Gas	Carga inicial total (g/año)	Carga inicial total (kg/año)	Emisiones fugitivas en vida útil (kg)	PCG	kg CO_2 e	Ton de CO_2 e
R22	51.154,7	51,2	5,1	1.810,0	9.259,0	9,3
R290	1.660,0	1,7	0,2	3,0	0,5	0,000
R410a	126.023,0	126,0	12,6	1.725,0	21.739,0	21,7
R134a	73.175,0	73,2	7,3	1.300,0	9.512,8	9,51

Lubricantes

Tipo de fuente	Cantidad consumida Litro lubricante/año	Ton de CO_2 e
Liviano	0,1780548	0,090825753

Pesado	1009,262377	514,8247386
Estacionario	26,7523718	13,64638486

Extintores

No. Patrimonio	Dependencia	Capacidad (Libras)	Capacidad (kg)	kg CO_2 e
396949	EMERGENCIAS Y DESASTRES	10	4,5	4,536
0209-016020	EMERGENCIAS Y DESASTRES	15	6,8	6,804
0209-016717	EMERGENCIAS Y DESASTRES	15	6,8	6,804
0209-016718	EMERGENCIAS Y DESASTRES	15	6,8	6,804
0209-016719	EMERGENCIAS Y DESASTRES	10	4,5	4,536
0209-016720	EMERGENCIAS Y DESASTRES	10	4,5	4,536
0209-016722	EMERGENCIAS Y DESASTRES	10	4,5	4,536
2567646	Laboratorio Materiales	10	4,5	4,536
2567630	Laboratorio Materiales	10	4,5	4,536
S / Patrimonio	Laboratorio Materiales	10	4,5	4,536
2567631	Laboratorio Materiales	10	4,5	4,536
0209-016760	Laboratorio Materiales	10	4,5	4,536
2567633	DISEÑO GEOMÉTRICO	10	4,5	4,536
396953	Planeamiento y Programación	10	4,5	4,536
396954	Planeamiento y Programación	10	4,5	4,536
0209-009406	Demoliciones(PARQUEO)	10	4,5	4,536
0209-009407	Demoliciones(PARQUEO)	10	4,5	4,536
2567632	Garaje 327	10	4,5	4,536
2567642	Garaje 327	10	4,5	4,536
2567637	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536
2537640	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536
2567636	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536

2567638	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536
2567645	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536
373610	Equipo y Maquinaria	20	9,1	9,072
2567641	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536
2567642	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536
2567644	Equipo y Maquinaria	10	4,5	4,536
209011197	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
2567586	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011187	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011185	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011202	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011192	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011209	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011213	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011219	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
209011225	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
16708	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
11229	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
S/P	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
11230	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
11232	OFICINAS CENTRALES	10	4,5	4,536
191405	OFICINAS CENTRALES	15	6,8	6,804
391408	OFICINAS CENTRALES	15	6,8	6,804
2567587	Entrada RRH4	10	4,5	4,536
2567590	Relaciones Laborales	10	4,5	4,536
373657	Informática de RRH4	10	4,5	4,536
2567588	Informática de RRH4	10	4,5	4,536
396948	Informática RRHH	10	4,5	4,536
396939	Gestion de Reorganización trabajo	10	4,5	4,536
396947	Captación de Personal	10	4,5	4,536

2596055	Consultorio Medico	10	4,5	4,536
2567589	Consultorio Medico	10	4,5	4,536
2567585	Salud Ocupacional	10	4,5	4,536
2596056	Salud Ocupacional	10	4,5	4,536
2596057	Salud Ocupacional	10	4,5	4,536
0209-007509	Consultorio	10	4,5	4,536
0209-007510	Bodega Salud Ocupacional	10	4,5	4,536
2596065	Bodega Salud Ocupacional	10	4,5	4,536
0209-007505	Bodega Salud Ocupacional	10	4,5	4,536
0209-007511	Bodega Salud Ocupacional	10	4,5	4,536
0209-007512	Inspección Policial	10	4,5	4,536
0209-007513	Dirección Jurídica	10	4,5	4,536
2596059	DABI	10	4,5	4,536
2596064	DABI	10	4,5	4,536
396937	Oficialía Mayor	10	4,5	4,536
396935	Viceministro Reforma Proyectos	10	4,5	4,536
2596060	Viceministerio Reforma Proyectos	10	4,5	4,536
393936	Viceministerio Transportes	10	4,5	4,536
396932	Despacho Ministro	10	4,5	4,536
396942	Despacho Ministro	10	4,5	4,536
2596052	Viceministerio Infraestructura	10	4,5	4,536
2596053	Relaciones Publicas	10	4,5	4,536
2590061	Unidad Ejecutora 326	10	4,5	4,536
381355	Informática	15	6,8	6,804
375137	Informática	20	9,1	9,072
S/Patrimonio	Informática	15	6,8	6,804
377535	Soporte técnico	5	2,3	2,268
396940	Soporte técnico	10	4,5	4,536
393995	Dirección Informática	15	6,8	6,804
396946	Dirección Informática	10	4,5	4,536

396941	Soporte Técnico G. Bienes	10	4,5	4,536
379466	Soporte Técnico G. Bienes	10	4,5	4,536
396955	Combustible	10	4,5	4,536
396590	Combustible	10	4,5	4,536
396952	Dirección S.G	10	4,5	4,536
373611	Comunicaciones Taller	15	6,8	6,804
0209-007026	Comunicaciones 2 Piso	20	9,1	9,072
307060	Garaje 326	15	6,8	6,804
375145	Cuarto de Comunicaciones	10	4,5	4,536
2596054	Centro de Información	10	4,5	4,536
396943	Capacitación	10	4,5	4,536
396944	Capacitación	10	4,5	4,536
396951	Planificación Sectorial	10	4,5	4,536
0209-024803	Planificación Sectorial	10	4,5	4,536
0209-024804	Planificación Sectorial	10	4,5	4,536
0209-024801	Planificación Sectorial	10	4,5	4,536
396934	Auditoria	10	4,5	4,536
393840	Contabilidad	10	4,5	4,536
396950	Tesorería	10	4,5	4,536
393839	Informática Financiera	10	4,5	4,536
393841	Ejecución Presupuestaria	10	4,5	4,536
209007506	Dirección Financiera	10	4,5	4,536
396938	Proveeduría	10	4,5	4,536
0209-007517	Recepción Proveeduría	10	4,5	4,536
0209-007515	Gradas Amarillas	10	4,5	4,536
0209-007516	Sala Proveeduría	10	4,5	4,536
396933	Contrataciones	10	4,5	4,536
375139	Almacén 1	20	9,1	9,072
0209-007518	Almacén 1	10	4,5	4,536
2596066	Soda	10	4,5	4,536

396945	Davison Administrativa	10	4,5	4,536
2594808	Soda	10	4,5	4,536
2596058	Igualdad de Genero	10	4,5	4,536
2596063	Planificación Institucional	10	4,5	4,536

Electricidad

Suma kWh	kg CO_2 e	ton CO_2 e
1264127	46140,64	46,1

Planilla MOPT 2019

Cantidad de empleados (N° empleados)
1179
1179
1179
1179
1179
1179
1168
1168
1168
1168
1168
1168

Anexo IV. Error máximo permitido en medidores de masa según OIML R76

3.5.1 Values of maximum permissible errors on initial verification

The maximum permissible errors for increasing or decreasing loads are given in Table 6.

Table 6

Maximum permissible errors on initial verification	For loads, *m*, expressed in verification scale intervals, *e*			
	Class I	**Class II**	**Class III**	**Class IIII**
± 0.5 *e*	$0 \le m \le 50\,000$	$0 \le m \le 5\,000$	$0 \le m \le 500$	$0 \le m \le 50$
± 1.0 *e*	$50\,000 < m \le 200\,000$	$5\,000 < m \le 20\,000$	$500 < m \le 2\,000$	$50 < m \le 200$
± 1.5 *e*	$200\,000 < m$	$20\,000 < m \le 100\,000$	$2\,000 < m \le 10\,000$	$200 < m \le 1\,000$

Note: The absolute value of the maximum permissible error is 0.5 *e*, 1.0 *e* or 1.5 *e*, i.e. it is the value of the maximum permissible error without the positive or negative sign.

Note: For multi-interval instruments, refer to 3.3 (including the example).

3.5.2 Values of maximum permissible errors in service

The maximum permissible errors in service shall be twice the maximum permissible errors on initial verification (see 8.4.2).

Anexo V. Tolerancias de llenado de extintores UNE 23120-2011

Tabla I.1 – Tolerancias de llenado

Carga	Polvo	Dióxido de carbono	Agua, agua con aditivos y espuma
1 kg	± 5%	–	–
2 kg 2 l	± 3% –	+0%, -5% –	– +0%, -5%
≥ 3 kg ≥ 3 l	± 2% –	+0%, -5% –	– +0%, -5%

Anexo VI. Tablas para la clasificación de organizaciones según su complejidad

Tabla1. Clasificación de organizaciones por cantidad de emisiones de GEI

Cantidad de emisiones (tCO2e)	Calificación por asignar	Peso del factor
0-100	1	20%
101-5000	2	
5001-10000	3	
Más de 10001	4	

Tabla 2. Clasificación de organizaciones por cantidad de instalaciones

Cantidad de instalaciones	Calificación por asignar	Peso del criterio
1	1	10%
2 a 5	2	
Más de 5	3	

Tabla 3. Clasificación de organizaciones por cantidad de datos

Cantidad de datos	Calificación por asignar	Peso del criterio
menos de 500	1	40%
de 501 a 1500	2	
de 1501 a 5000	3	
más de 5000	4	

Tabla 4. Clasificaciones por complejidad de las fuentes de GEI

Complejidad de las fuentes de GEI	Calificación por asignar	Peso del criterio
Baja	1	30%
Media	3	
Alta	5	

Tabla 5. Clasificación de organizaciones ponderadas

Clasificación de las organizaciones según su peso ponderado total	
A	de 20 % a 25 %
B	de 25,1 % a 50 %
C	de 50,1 % a 70 %
D	de 70,1 % a 100 %

Anexo VII. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para aspectos ambientales del MOPT

FODA combustibles

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
Fuente de la información	• El MOPT cuenta con tres oficinas que gestionan combustibles, Dpto. de Control de Combustible (livianos) y Dpto. de Control de Transportes y Depto. Control de Equipo Pesado. • Se cuenta con sistemas informáticos (CITEC, SAEM) donde se registra información detallada sobre el consumo de combustible en el MOPT. • Los sistemas informáticos permiten saber a qué dependencia están asignados los equipos que usan combustible. • Se cuenta con funcionarios que día a día ingresan los datos de consumo (facturas) a los sistemas informáticos. • Se lleva un control mensual del equipo que está detenido por algún problema para sacarlo de la póliza y así no presupuestar uso de combustible.	• La herramienta informática es flexible. Por tal razón se podría ajustar para agregar descriptores que permita diferenciar aún más los bienes. Por ejemplo, vehículos híbridos o eléctricos.	• En el MOPT no se cuenta con reglamentación para equipo pesado en cuanto al uso y manejo de combustible. • No se cuenta con el número de funcionarios adecuado que permita verificar los consumos de combustible en campo.	• Se están pensionando funcionarios de estas dependencias, los cuales no pueden ser reemplazados. Esta situación debilita el control que se requiere para un adecuado control del uso de combustibles.
Protocolo utilizado para el registro de la información.	• Los sistemas de control y sistemas informáticos como CITEC y SAEM permiten llevar registros detallados sobre el consumo de combustible en el MOPT. • La interface de CITEC y SAEM se consideran amigables para el usuario, lo cual facilita su uso dentro de la institución.	• Cada seis meses la institución debería de actualizar los parámetros de rendimiento asociados al consumo de combustibles.	• No hay un plan de mantenimiento continuo de parte de TI para actualizar o atender las mejoras que los sistemas informáticos requieren. • Existe la posibilidad de que se ingrese algunos	• Las fluctuaciones de los precios del combustible pueden afectar el presupuesto anual destinado a este rubro.

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
	• El CITEC y el SAEM son herramientas de uso abierto para los funcionarios del MOPT. Esto permite que cada dependencia que tiene vehículos asignados, si tiene le interés, puede conocer mensualmente el rendimiento de su gestión.		datos errados al sistema, al ser una actividad que se hace manualmente.	
Evaluación recurrente del aspecto ambiental.	• Los sistemas pueden identificar valores por fuera de limite, los cuales indican un comportamiento inadecuado en cuanto al uso de combustibles. Cuando esto sucede se hace la respectiva investigación. • Se hacen análisis y proyecciones para que cada dependencia o Programa conozca el estado del consumo.	• Capacitar a conductores para que hagan un consumo eficiente de combustibles. • Se cuenta con un reglamento de 1999 que debe ser actualizado para favorecer la gestión del combustible en el MOPT. • Fortalecer el programa de capacitación y formación, asociado a un marchamo institucional. Esto con el fin de promover la conducción eficiente dentro del ministerio.	• Se desconocen las emisiones de GEI que generan los equipos que utilizan combustible en los edificios que hacen parte del ÁREA DE ESTUDIO. • La instancia responsable (Dirección de Equipo y Maquinaria) de proveer los parámetros técnicos que definen el consumo eficiente de combustible no brinda el acompañamiento adecuado para mantener esta información actualizada. Como resultado, las oficinas administrativas terminan haciendo este trabajo.	• Errores en el cobro de las compras de combustible que generan atrasos al momento de ingresar la información a los sistemas informáticos.
Medidas ambientales propuestas en el PGAI.	• El MOPT, a través de la gestión del aspecto ambiental consumo de combustible, cuenta con el capital humano y técnico necesario para hacer	• Se podrían desarrollar proyectos piloto con proveedores de servicio de GPS para demostrar los	• Hay resistencia a instalar sistemas de GPS para hacer un mejor monitoreo del	• El monitoreo del consumo de combustible en vehículos pesados

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
	una contribución significativa a la meta de carbono neutralidad.	beneficios de los sistemas para ahorro de combustible. • Desarrollar un sistema de distribución de correspondencia que permita hacer un consumo más eficiente de combustible. • Diseñar acciones específicas para disminuir el consumo de combustible en las dependencias que presenten los mayores registros de consumo. • Crear un reconocimiento institucional para el "conductor amigo del ambiente". • Mantener información visible dentro de la cabina de los vehículos institucionales, que recuerde a sus ocupantes el significado de una "conducción inteligente y amigable con el ambiente".	consumo de combustible en los vehículos del MOPT. • Aún se mantienen prácticas inadecuadas entre conductores y funcionarios durante giras, como la espera dentro del vehículo con el motor y el aire acondicionado encendido. • No existen medidas directas que permitan hacer un mejor control del uso de combustible en vehículos pesados.	basado en el uso del "horómetro" (Rendimiento = acumulado de litros de combustible / acumulado de horas trabajadas) no da las garantías necesarias para implementar medidas de conducción eficiente. • Por lo anterior, al haber una mayor concentración de vehículos pesados en sedes regionales, la incorporación de estas al PGAI implica un reto para el alcance de metas institucionales.

FODA electricidad

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
Fuente de la información.	• EL MOPT cuenta con el Sistema Integrado de Adquisición y Ejecución Presupuestaria (SINAEP) donde se registra mensualmente el consumo eléctrico y el costo (facturas). • Los registros de consumo eléctrico se ingresan de forma continua al SINAEP. • Se cuenta con funcionarios responsables de introducir los registros al SINAEP. • El SINAEP es un sistema abierto para consultas por parte de funcionarios del MOPT.	• Diagnosticar el consumo eléctrico que se da en los edificios del PGAI-MOPT para una definición adecuada de objetivos y metas de sostenibilidad en cuanto al uso de este recurso. • El CNFL puede ser un aliado estratégico para hacer una gestión más eficiente del consumo de electricidad en los edificios del MOPT.	• No existe nomenclatura alguna asociada a los edificios que hacen parte del PGAI-MOPT, por lo que resulta complejo dar trazabilidad a los datos de los medidores. • El registro de la factura eléctrica se monitorea principalmente para los medidores que presentan los mayores consumos. • No se cuenta con una ubicación exacta (en planos) de los medidores que hay en el Ministerio. • Se desconoce las áreas de cobertura de los medidores de consumo eléctrico en los edificios.	• El proveedor (CNFL) podría hacer un registro tardío del consumo mensual, con lo cual se afecta el monitoreo de consumos desde el SINAEP. • No hay un acompañamiento del proveedor (CNFL) para hacer una gestión eficiente del consumo eléctrico. • La factura digital es compleja de entender, lo cual dificulta el ingreso de datos en el SINAEP. Los registros se hacen mejor a partir de la factura física.
Protocolo utilizado para el registro de la información.	• Se cuenta con el módulo gestión de servicios públicos en el SINAEP donde se ingresan los datos de consumo y costo de electricidad. • Existe un protocolo para introducir la información al SINAEP. • El SINAEP emite alertas ante incrementos en el consumo, con lo cual se activa un proceso interno para encontrar la causa.	• Generar, de manera sistemática (mensualmente), reportes sobre los consumos de energía eléctrica a la COGAI. • El MOPT cuenta con funcionarios (Ingenieros Eléctricos) que podrían apoyar técnicamente al MOPT en desarrollar una matriz de consumo	• No existe un mecanismo de control externo para verificar los fundamentos expuestos ante los casos de incremento del consumo eléctrico.	• No se cuenta con el personal técnico necesario (gestor ambiental) para dar seguimiento al comportamiento del consumo eléctrico dentro de la institución.

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
	• El SINAEP evita el posible pago por cobros duplicados que por error pueda hacer el proveedor.	eléctrico más eficiente.		
Evaluación recurrente del aspecto ambiental.	• El SINAEP alerta cuando hay incrementos en el consumo eléctrico mensual.	• Gestionar apoyo ante universidades, colegios técnicos e institutos para involucrar estudiantes de práctica profesional que ayuden a monitorear el consumo eléctrico.	• Los medidores actuales no permiten hacer un monitoreo del consumo eléctrico diferenciado por oficinas / dependencias. • No se da un seguimiento mensual del aspecto ambiental. Esto no permite concluir sobre el comportamiento de los registros y por ende establecer conclusiones sobre cumplimiento de metas de consumo o incorporar acciones correctivas.	• No se cuenta con el personal técnico necesario (gestor ambiental) para dar seguimiento al comportamiento del consumo eléctrico dentro de la institución.
Medidas ambientales propuestas en el PGAI.	• La mayor parte de las medidas ambientales propuestas en el PGAI se han implementado y se mantienen. • No se ha realizado ninguna evaluación sobre el impacto de las medidas ambientales del PGAI implementadas en el MOPT.	• Las medidas ambientales deberían incorporar aspectos más técnicos, propios del consumo eléctrico. • Promover el acompañamiento de la CNFL en el diseño de una matriz de consumo eléctrico en el MOPT.	• No todos los aspectos técnicos del consumo eléctrico se han contemplado. • No se cuenta con el recurso humano necesario (gestor ambiental) para promover y monitorear una matriz institucional responsable de consumo eléctrico. • La antigüedad de la infraestructura limita hacer una gestión eficiente del consumo eléctrico. • Se desconoce el volumen de equipos (computadores,	• Dentro del PGAI no existen responsables directos para la implementación de las medidas ambientales relacionadas con el uso de la electricidad. Esto dificulta dar seguimiento a la gestión del aspecto ambiental.

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
		• Adquisición de equipos (computadores, impresoras, línea blanca, etc.) certificados por un adecuado consumo eléctrico. • Desarrollar una campaña de educación ambiental intensiva, dirigida a los funcionarios del MOPT sobre el uso responsable de la electricidad dentro de la institución.	impresoras, línea blanca, etc.) dentro de la institución y su desempeño en cuanto consumo eléctrico. • La responsabilidad ambiental que debe tener todo funcionario es un tema ausente en las jornadas de orientación que se dan a funcionarios de nuevo ingreso.	

FODA residuos sólidos

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
Fuente de la información	• Se cuenta con una tasa de generación y composición determinada a partir del diagnóstico técnico elaborado por la UNA. • El 87% de las dependencias en los edificios del PGAI reciclan papel.	• Servicios generales cuenta con funcionarios que pueden contribuir a hacer una gestión eficiente de los residuos. • El 59% de las dependencias en los edificios del PGAI cuentan con contenedores de separación de residuos.	• El registro de la información sobre residuos ordinarios que se reporta a DIGECA no representa el volumen de residuos generados por los funcionarios de los edificios que hacen parte del PGAI.	• El dato que proviene del TEC puede contener datos de residuos de edificios que están por fuera del alcance del PGAI, los cuales en su mayoría corresponden a residuos especiales. • Se están reportando valores que no reflejan

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
			• Un 13% de las dependencias en los edificios del PGAI no reciclan papel. • La soda del MOPT no tiene una guía para el adecuado manejo de residuos orgánicos.	la generación real de residuos por funcionario según el alcance del área de estudio.
Protocolo utilizado para el registro de la información	• Se cuenta con el apoyo de al menos dos estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UNA que han trabajado y trabajan este tema en el MOPT. • Si bien no se cuenta con un gestor ambiental, la COGAI cuenta con apoyo técnico provisto desde la Unidad de Planificación Institucional. • A partir de los resultados de la práctica profesional de estudiantes de la UNA se podrá desarrollar un procedimiento institucional para la gestión de residuos ordinarios.	• Por medio del apoyo recibido de los estudiantes de la UNA, se puede desarrollar un protocolo de registro de información que se ajuste a los requerimientos del Ministerio. • A partir de las fortalezas de la Dirección de Servicios Generales se puede elaborar una matriz eficiente de gestión de residuos, la cual puede ser fortalecida con aliados estratégicos (por ejemplo, Gestores de residuos de la empresa privada).	• Los misceláneos de servicios generales no están capacitados para hacer un manejo adecuado de residuos como fluorescentes, toners, vidrio, peligrosos, etc. • La tarea de registro de información está centralizada (oficina de servicios generales).	• Al no hacer un manejo adecuado de fluorescentes se están emitiendo partículas de mercurio, PM10, PM2.5, vidrio y otros contaminantes al ambiente. • El gestor actual de residuos del MOPT no provee información detallada del volumen y la forma en que trata los residuos. • Tampoco provee un acompañamiento técnico para que el mismo se optimice dentro del MOPT.
Evaluación recurrente del aspecto ambiental.	• Existen funcionarios comprometidos con la gestión eficiente de este tipo de residuos dentro del Ministerio.	• Se debería de construir una herramienta informática que permita llevar un control más continuo de la generación de residuos dentro del MOPT.	• No se da un seguimiento continuo durante el semestre sobre el volumen de residuos ordinarios que están generando los funcionaros.	• Pese a existir una COGAI y un PGAI, aún están pendientes diversas acciones dentro del MOPT para cumplir con el marco regulatorio

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
				relacionado con residuos sólidos.
Medidas ambientales propuestas en el PGAI.	• Se cuenta con una frecuencia adecuada de recolección de residuos en las dependencias por parte de los misceláneos y funcionarios de Servicios Generales. • Desde el MOPT se han hecho gestiones para captar apoyo de instituciones educativas que pueden fortalecer la gestión ambiental ante la ausencia de un gestor.	• Se debe indicar que toda dependencia debe presupuestar un misceláneo para contar con el servicio de limpieza. • En el mercado se cuenta con diversos gestores autorizados que pueden tratar los residuos, según los requerimientos del MOPT. • Buscar hacer alianzas estratégicas con gestores autorizados, según el tipo de residuos generados por el MOPT. • La actualización del PGAI del MOPT puede ser un buen momento para hacer una evaluación del convenio que el MOPT tiene con el TEC para el manejo de residuos. • Se requiere de un procedimiento institucional que oriente el manejo de los residuos que genera el MOPT. Este podría ser un valioso aporte de las evaluaciones	• Al no contar con procedimientos institucionales sobre manejo de residuos ordinarios, los misceláneos carecen de indicaciones directas sobre cómo hacer una gestión eficiente de los residuos que se reciclan en cada oficina. • No todas las dependencias en los edificios del área de estudio tienen misceláneo asignado. • Los centros de recolección en cada edifico y el del parqueo no cumplen con las especificaciones existentes según el Reglamento 35906 sobre centros de acopio de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	• No hay certeza de como el gestor actual que usa el MOPT maneja residuos como plástico, aluminio y vidrio. • El gestor actual no ha estandarizado la frecuencia con la que recoge los residuos generados en el MOPT.

VARIABLE	FORTALEZA	OPORTUNIDAD	DEBILIDAD	AMENAZA
		que desarrollaran los estudiantes de la UNA.		

APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculo de incertidumbre combinada para fuentes de emisión de GEI del subsector combustibles fósiles.

Combustible	Gas	Tipo	Límite inferior	Límite superior	In σg	Incertidumbre tipo B	Corrección por asimetría (fc)	u'	Incertidumbre combinada estándar	Emisiones kg CO_2 e	Incertidumbre estándar combinada	incertidumbre expandida
Diesel												
	CO_2		3,12	3,19	0,02	1,61	-----	-----	1,64	384.234,1		
	CH_4	Transporte terrestre/diésel/ sin catalizador	62	126	0,45	47,94	1,09	52,24	52,24*	460,1		
	N_2O		70	175	0,57	61,35	0,99	60,89	61,35	7.020,0		
Gasolina											2	4
	CO_2		4,59	5,89	0,03	2,66	-----	-----	2,67	53.916,0		
	CH_4	Transporte terrestre/gasolina/con catalizador	74	204	0,63	69,44	0,95	65,70	69,44	460,3		
	N_2O		71	173	0,57	62,21	0,99	61,41	62,21	2.120,1		

*: Se toma el valor de u' para cálculo de incertidumbre combinada estándar, único factor de corrección mayor a 1.

Apéndice 2. Resultados de emisiones de gases de efecto invernadero

Sector	Subsector	Alcance	Fuente de emisión	kg CO_2/año	kg CH_4/año	kg N_2O/año	t CO_2 e/año	%
Energía	Combustibles fósiles	Alcance 1	Combustión móvil	436.700,6	918,7	9.113,7	446,7	71,4757%
Energía	Combustibles fósiles	Alcance 1	Combustión estacionaria	1.449,6	1,7	26,5	1,5	0,2364%
Energía	Electricidad	Alcance 2	Electricidad	46.140,6			46,1	7,3823%
IPPU	Uso de productos	Alcance 1	Refrigeración y aire acondicionado	50.024,0			50,0	8,0037%
IPPU	Uso de productos	Alcance 1	Extintores	564,7			0,6	0,0904%
IPPU	Uso de productos	Alcance 1	Lubricantes fuente móvil	528,5			0,5	0,0846%
IPPU	Uso de productos	Alcance 1	Lubricantes fuente estacionaria	0,1			0,0001	0,00001%

Residuos	Residuos sólidos	Alcance 3	Residuos sólidos		74.421,2		74,4	11,9071%
Residuos	Aguas residuales	Alcance 3	Aguas residuales domésticas		5.123,7		5,1	0,8198%

Apéndice 3. Cálculos para la propuesta de proyecto climático de paneles solares.

	Consumo de energía (kWh)	Irradiación global horizontal (kWh/m2 *día)	Días al mes	Energía [kW]	Factor de energía	Declinación solar	Inclinación optima	Radiación global diaria sobre la superficie inclinada	Factor de irradiación	Hora solar pico	Energía necesaria [W]	Potencia Pico	N° Paneles	Energía generada
Enero	36.680,00	5,35	31	1183,2258	0,00452154	-21,2694739	31,2060	6,1480	0,9645	6	1.232.526,88	207859,62	385	54.181,50
Febrero	43.980,00	5,62	28	1570,71429	0,00357799	-13,6197664	23,5563	6,0858	0,9890	6	1.636.160,71	271827,76	503	51.407,91
Marzo	25.040,00	5,66	31	807,741935	0,00700719	-2,81887865	12,7554	5,8054	0,9998	6	841.397,85	144959,93	268	57.320,99
Abril	43.520,00	5,95	30	1450,66667	0,00410156	9,44893347	0,4876	5,9515	0,9781	6	1.511.111,11	259593,62	481	58.314,13
Mayo	42.760,00	5,37	31	1379,35484	0,00389312	19,0305909	-9,0941	5,4012	0,9360	5	1.436.827,96	284207,07	526	54.384,05
Junio	46.400,00	4,89	30	1546,66667	0,00316164	23,3144099	-13,3779	4,9661	0,9101	5	1.611.111,11	356483,85	660	47.925,39
Julio	44.080,00	4,99	31	1421,93548	0,0035093	21,517336	-11,5808	5,0445	0,9215	5	1.481.182,80	318648,01	590	50.535,65

Agosto	42.600,00	4,86	31	1374,19355	0,00353662	13,7835642	-3,8471	4,8602	0,9618	5	1.431.451,61	306228,71	567	49.219,09
Septiembre	43.580,00	4,86	30	1452,66667	0,00334557	2,21688678	7,7196	4,9117	0,9953	5	1.513.194,44	309542,03	573	47.631,37
Octubre	44.860,00	4,71	31	1447,09677	0,00325479	-9,59939723	19,5359	4,9795	0,9963	5	1.507.392,47	303834,57	563	47.699,98
Noviembre	44.200,00	4,51	30	1473,33333	0,00306109	-19,1478173	29,0843	5,0882	0,9727	5	1.534.722,22	310091,36	574	44.201,13
Diciembre	43.480,00	4,91	31	1402,58065	0,00350069	-23,3352196	33,2717	5,7533	0,9554	5	1.461.021,51	265791,84	492	49.725,45
Potencia del sitio (kW)				**Inclinación de techos %**		**Rendimiento de instalación**		**Potencia del panel**	**N° Paneles**	**kWp total**	**Costo de inversión**			
				14		**0,96**		600,0	544	326,6898	₡ 149.732.825,45			

Apéndice 4. Cálculos del Análisis Costo Beneficio de proyecto ambientales.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo datos de actividad											
*Facturación combustibles	-$ 126.761,36										
*Facturación electricidad	-$ 253.033,75										
*Facturación mantenimiento de aires acondicionados	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76	-$ 10.155,76
*Facturación cambio de aceites	-$ 16.428,20	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56	-$ 13.142,56
Costo inversión acciones climáticas											
*VE		-$ 1.167.000,00									
*LED		-$ 5.335,03									
*Paneles solares		-$ 245.463,65									
*AA R290		-$ 161.155,00									
Costos financieros											
*Intereses		-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10	-$ 52.913,10
Ingresos por tasa de uso y buenas prácticas											
Conducción eficiente		$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27	$ 25.352,27
ECO 95		$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78	$ 8,78
VE		$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26	$ 4.702,26
Menos uso diésel		$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49	$ 13.188,49
LED		$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81	$ 88.561,81
Teletrabajo		$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75	$ 50.606,75
Paneles solares		$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78	$ 188.387,78
R290		$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37	$ 25.303,37
Externalidades A: estimaciones del valor de los beneficios ambientales											
UCC_Conducción eficiente		$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07	$ 509,07
UCC_ECO 95		$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65	$ 184,65
UCC_ VE		$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93	$ 105,93
UCC_Menos uso diésel		$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03	$ 297,03
UCC_LED		$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94	$ 224,94
UCC_Teletrabajo		$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21	$ 69,21
UCC_Paneles solares		$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97	$ 137,97
UCC_R290		$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80	$ 300,80
UCC_Residuos		$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02	$ 480,02
Impuestos gasolina aportes al MINAE		$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24	$ 2.829,24
UCC_electricidad menor porcentaje de renovable		$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18	$ 435,18
Envío de residuos a un relleno		$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92	$ 1.189,92
CSC (CEPALI)		$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28	$ 15.911,28
Impacto en agricultura (CEPAL)		$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00	$ 711.200,00
Externalidades B: estimación de los daños ambientales.											
UCC que se pagan		-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40	-$ 2.310,40