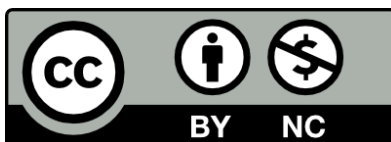


ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO PARA LOS ALCANCES 1 Y 2 DEL  
GREENHOUSE GAS PROTOCOL (GHG) EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y  
ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO (EAAV)



MARIA JOSE MARTINEZ MARIN



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
VILLAVICENCIO-META

2019

ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO PARA LOS ALCANCES 1 Y 2 DEL  
GREENHOUSE GAS PROTOCOL (GHG) EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y  
ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO (EAAV)

MARIA JOSE MARTINEZ MARIN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniera Ambiental en la  
modalidad de pasantía

Asesor

ANGÉLICA MARÍA BUSTAMANTE ZAPATA  
Ingeniera Ambiental cMSc

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
VILLAVICECENCIO-META  
2019

**Autoridades Académicas**

**P. JUAN UBALDO LOPEZ SALAMACA, O.P**

Rector General

**P. MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO, O.P**

Vicerrector Académico General

**P. JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO, O.P**

Rector Sede Villavicencio

**P.FERNANDO CAJICÁ GAMBOA, O.P**

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

**JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN**

Secretaria de División Sede Villavicencio

**YESICA NATALIA MOSQUEREA BELTRÁN**

Decana Facultad de ingeniería Ambiental

## Tabla de contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	10
Introducción .....	12
1. Planteamiento del problema.....	14
1.1 Formulación en torno al problema.....	15
2. Objetivos .....	16
2.1 Objetivo general .....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. Justificación.....	17
4. Alcance del proyecto.....	18
5. Fundamentación teórica .....	21
5.1 Antecedentes.....	21
5.2 Marco de Referencia.....	24
5.2.1 Marco teórico. ....	24
5.2.2 Marco conceptual. ....	26
5.2.3 Marco legal.....	28
6. Procesamiento metodológico .....	31
6.1 Fase 1. Diagnóstico de la situación actual.....	31
6.1.1 Recolección de la información primaria y secundaria. ....	31
6.1.2 Inventario de Fuentes de emisión.....	31
6.2 Fase 2. Cálculo y análisis de la huella de carbono. ....	32
6.3 Fase 3. Estrategias de mitigación y/o compensación. ....	34
7. Resultados .....	35
7.1 Diagnóstico de la situación actual. ....	35
7.1.1 Recolección de la información primaria y secundaria. ....	36
7.2 Inventario de emisiones.....	42
7.2.1 Cálculo y análisis de la huella de carbono. ....	44
7.2.2 Emisiones directas.....	47

7.2.3	Emisiones indirectas.....	52
7.2.4	Análisis de las emisiones.....	55
7.3	Estrategias de mitigación y/o compensación.....	56
8.	Conclusiones .....	64
9.	Recomendaciones.....	65
10.	Bibliografía.....	66
11.	Anexos.....	73

## Listado de figuras

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Ubicación de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado -Sede Paraíso. ....	18
<i>Figura 2.</i> Infraestructura empresa EAAV. ....	36
<i>Figura 3.</i> Ventilación empleados EAAV. ....	37
<i>Figura 4.</i> Uso del aire acondicionado empleados EAAV.....	37
<i>Figura 5.</i> Uso del computador empleados EAAV.....	41
<i>Figura 6.</i> Prácticas de uso y tiempo de cambio de AEE en las oficinas de la EAAV. ....	41
<i>Figura 7.</i> Medio de transporte utilizado y conocimiento de la HdC en la EAAV.. ....	42
<i>Figura 8.</i> Gases de efecto invernadero (GEI) generados en porcentajes, relacionados a su fuente generadora en la EAAV-Sede Paraíso. ....	45
<i>Figura 9.</i> Huella de carbono generada por fuentes directas. ....	48
<i>Figura 10.</i> Porcentaje de HdC generada por fuentes directas (2016-2018). ....	49
<i>Figura 11.</i> Emisiones directas totales (2016-2018).....	50
<i>Figura 12.</i> Relaciones variables meteorológicas vs. Emisiones directas. ....	51
<i>Figura 13.</i> Total de emisiones indirectas mensuales en ton CO2 (2016-2018.).....	53
<i>Figura 14.</i> Relación precipitación vs. Emisiones indirectas.....	54
<i>Figura 15.</i> Relación temperatura vs. Emisiones indirectas. . ....	55
<i>Figura 16.</i> Porcentajes de HdC por tipo de emisión. Martínez, .....	56

**Listado de tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> <i>Alcances de Greenhouse Gas Protocol</i> .....	19
<b>Tabla 2.</b> <i>Marco Normativo Nacional</i> .....	28
<b>Tabla 3.</b> <i>Marco Normativo Internacional</i> .....	30
<b>Tabla 4.</b> <i>Propiedades de combustibles fósiles</i> .....	32
<b>Tabla 5.</b> <i>Factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono.</i> .....	33
<b>Tabla 6.</b> <i>Valores estándar de PCG por contaminante.</i> .....	33
<b>Tabla 7.</b> <i>Alcances GHG Protocol-EAAV</i> .....	43
<b>Tabla 8.</b> <i>Detalle de consumo de emisiones directas EAAV.</i> .....	43
<b>Tabla 9.</b> <i>Detalle de consumo emisiones indirectas EAAV.</i> .....	43
<b>Tabla 10.</b> <i>Cálculo de la Huella de carbono.</i> .....	46
<b>Tabla 11.</b> <i>Promedio de Emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq (emisiones directas 2016-2018).</i> .....	49
<b>Tabla 12.</b> <i>Coefficiente de correlación de Pearson-Emisiones directas.</i> .....	52
<b>Tabla 13.</b> <i>Coefficiente de correlación de Pearson.</i> .....	54
<b>Tabla 14.</b> <i>Cuencas y microcuencas a restaurar como sumideros de CO<sub>2</sub>.</i> .....	62
<b>Tabla 15.</b> <i>Cantidad de carbono fijado por cantidad de árboles.</i> .....	62

**Listado de Ecuaciones**

	<b>Pág.</b>
Ecuación 1. Cálculo Huella de carbono. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2006.	32
Ecuación 2. Cálculo Potencial del calentamiento global. Adaptado de IPCC, 2006. ....	33
Ecuación 3. Cantidad de árboles a reforestar. Díaz & Velásquez, 2015. ....	34

**Listado de Anexos**

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Entrevista funcionarios EAAV. Identificación de patrones de consumo.....	73
Anexo 2. Plano EAAV sede Paraíso .....	75
Anexo 3. Inventario Flota vehicular.....	79
Anexo 4 Inventario AEE .....	80
Anexo 5. Valores de la HdC para el periodo 2016-2018 .....	84
Anexo 6.emergencias presentadas en la EAAV (2016-2018).....	85

## Resumen

El presente estudio fue desarrollado en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio-Meta (EAAV); allí se llevó a cabo el cálculo de la huella de carbono (HdC) mediante la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG), aplicando los alcances 1 y 2 de esta, y cuatro GEI como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), hidrofluorocarbonados (HFC) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los cuales permitieron establecer los valores de las emisiones directas relacionadas al uso de combustibles fósiles e indirectas generadas respectivamente por el uso de energía eléctrica, cuantificando las emisiones desde el primer mes del año 2016 hasta los cinco primeros meses del año 2018.

Inicialmente, se realizó el inventario de emisiones generadas por el funcionamiento de la empresa referente a los alcances anteriormente mencionados, posteriormente se calculó la huella de carbono, encontrando que las mayores emisiones se producen de manera indirecta con 205,657 ton de CO<sub>2</sub>eq para el periodo estudiado, seguido del uso de refrigerante con emisiones de 3,886 ton de CO<sub>2</sub>eq y por último el ACPM y gasolina con emisiones de 1,813 y 0,128 ton de CO<sub>2</sub> respectivamente. A partir del análisis mediante el coeficiente de correlación de Pearson, se concluyó que no existe una relación directa de la HdC generada en la entidad con las variables climáticas (temperatura-precipitación) y que se deben a factores externos como las emergencias cubiertas por la entidad y sus labores diarias como prestadora de servicio público.

Finalmente, se formularon estrategias de mitigación y/o compensación de la HdC generada, enfocadas a prácticas de consumo sostenible y reforestación en las cuencas a cargo de la entidad con especies endémicas de estos lugares, proponiendo sembrar alrededor de 1083 especies como el Guayacán yopo (*Piptadenia alpacifolia*), el Cedro macho (*Cedrela odorata*), y la Acacia (*Acacia spp*), especies vegetales más comunes en estas cuencas y microcuencas; en este sentido, se desarrollaron tres fases para la ejecución del presente proyecto.

**Palabras claves:** Huella de carbono, GHG, Emisiones directas, Emisiones indirectas, Gases de efecto invernadero.

### Abstract

The research was developed in the Empresa de Acueducto y Alcantarillado of Villavicencio-Meta (EAAV by its Spanish initials). The carbon footprint was measured with the Green House Gases (GHG) Protocol, using the scopes 1 and 2, and four greenhouse gases such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and hydrofluorocarbons (HCFC's). The result allowed to set up the direct emission values from the use of fossil fuel and the indirect emission from the electric energy's use. These emissions were quantified from January 1<sup>st</sup> 2016 to May 31<sup>st</sup> of 2018.

Initially, the research begun with the inventory of the emissions generated by the company in accordance with these scopes. Afterwards, the foot print was calculated for the period of this research, finding the highest emissions were produced indirectly with 205.657 tons of CO<sub>2</sub>eq followed by the use of cooling with emissions of 3.886 ton de CO<sub>2</sub>eq. The ACPM and fuel were the factors with less emissions during this period with 1.813 y 0.128 ton de CO<sub>2</sub>, respectively. Thereafter, Pearson Correlation Coefficient concluded that is not direct relation of the HdC generated by the company with climate variables (temperature-precipitation). Also, the Pearson Correlation Coefficient showed the HdC were due to an externals factors such as emergencies attended by the company and their daily functions as public company.

Finally, mitigation/compensation strategies were established for the HdC generated, focused on the sustainable consumption and reforestation of the basins in charge with endemic species; sowing around 1083 species of Guayacán Yopo (*Piptadenia alpacifolia*), Cedro Macho (*Cedrela Odorata*) and La Acacia (*Acacia spp*) which are the most common vegetables in the basin and micro-basin. In accordance, three phases were developed for the achievement of the present project.

**Key Words:** Carbon footprint, GHG, direct emissions, indirect emissions, greenhouse gases.

## Introducción

El aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas de las actividades humanas, se acumulan en la atmósfera del planeta causando diferentes impactos negativos en el ambiente como sequías, olas de calor, inundaciones, tormentas, extinción de animales y especies vegetales; además de efectos relacionados a la salud humana como el aumento de la morbilidad por enfermedades como la malaria y dengue, deshidratación, salmonelosis, infecciones intestinales, entre otros (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, 2016; Benavides & León, 2007).

Bajo este contexto, el cálculo de la Huella de Carbono (HdC) se establece como una herramienta útil para cuantificar los GEI emitidos a diario directa o indirectamente por el consumo o producción de un individuo, organización o producto; expresados en unidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente de los otros GEI generados (Espíndola & Valderrama, 2012a; Secretaria Distrital de Ambiente, 2015).

Entre las diversas metodologías para el cálculo de la HdC, se encuentra la establecida por el GreenHouse Gas Protocol (GHG) y la ISO 14064-1, enfocadas principalmente a la HdC corporativa y los seis gases establecidos por el protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonados (HFC), los Perfluorocarbonados (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), agrupando las emisiones en tres alcances, los cuales son: emisiones directas, indirectas y otras emisiones indirectas, para poder realizar la cuantificación, según las necesidades que presente la organización. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2010).

Es importante resaltar que la aplicación de ésta metodología crea beneficios corporativos que permiten identificar las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> y así desarrollar políticas de desarrollo y gestión sostenible, medidas de mitigación y/o compensación, optimizando la toma de decisiones, que permitan generar un informe para su posterior reporte como fue acordado durante la Cumbre de la Tierra (COP) 21 o Acuerdo de París; no obstante, en Colombia el reporte de estas emisiones aún es voluntario (Jurado & Lizcano, 2015; Garcia, Vallejo, Higgins, & Escobar, 2016).

En este sentido, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV), como prestadora de servicios en la capital del Meta, produce emisiones en el desarrollo de sus actividades administrativas para el abastecimiento de agua potable, servicio de carro tanques, mantenimiento de las redes de acueducto, alcantarillado, tuberías, entre otros, generando impactos nocivos al ambiente.

La realización de esta pasantía, tuvo como objeto calcular y analizar la HdC generada por el funcionamiento de la EAAV sede Paraíso, desde el año 2016-2018, estableciendo la relación existente con las variables temperatura y precipitación mediante la aplicación del Coeficiente de Correlación de Pearson.

De otro modo, es de resaltar que la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y las fuentes alternas a ésta, no se tuvieron en cuenta, consecuencia de la poca o nula información de metodologías para calcular las emisiones generadas en una PTAP; en cuanto a las emisiones indirectas, no se logró acceder a la información del consumo generado durante el periodo analizado. Finalmente, se generaron estrategias de mitigación necesarias para reducir emisiones, mejorando las prácticas de consumo y la toma de decisiones referentes a los procesos que generan la HdC en la entidad.

## 1. Planteamiento del problema

El uso de la energía como fuente principal para el desarrollo de un país, industria, empresa o como individuos, ha causado impactos ambientales a nivel global, no solo en su utilización diaria, sino también para su obtención (Universidad Nacional de Educación a Distancia [UNED], 2011).

Algunos de los impactos negativos que se desprenden de la generación y uso de energía producida por hidroeléctricas y termoeléctricas en Colombia, se relacionan a la disminución, migración o hasta desaparición de la fauna silvestre y acuática; la modificación de la estructura y hábitat natural de especies endémicas, provocadas por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Tchkhaidze & Ortiz, 1995); de otro modo, los procesos industriales como la producción metalúrgica, de cemento, cal, vidrio y bebidas, entre otras; además de la agricultura, el cambio de uso de suelo, el proceso de descomposición de los residuos sólidos orgánicos y las aguas residuales, generan impactos asociados a la emisión de GEI; siendo el consumo energético el mayor aportador de dichas emisiones (Coordinación de sistemas de manejo ambiental de la Secretaría de desarrollo sustentable de la UANL, 2016).

Uno de los mayores problemas de la obtención y uso de energía eléctrica, se acentúa en el uso de combustibles fósiles utilizados para la generación de este recurso y productos del diario vivir como la gasolina, ACPM o Diésel, útil para los diferentes medios de transporte, emitiendo al ambiente GEI; motivo por el cual se han desarrollado diferentes herramientas para cuantificar este tipo de emisiones (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992).

En este sentido, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV), ubicada en el departamento del Meta, en la prestación de sus servicios de captación y distribución de agua y el desarrollo de sus actividades ligadas al mantenimiento-cuidado de las redes de acueducto y alcantarillado de la ciudad; provoca emisiones directas e indirectas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e hidrofluorocarbonados (HFC), generando huella de carbono; las primeras ligadas a combustibles fósiles como gasolina, refrigerantes, Diésel o ACPM; las segundas, al uso de Aparatos, Eléctricos y Electrónicos (AEE) como computadoras, impresoras, teléfonos, servidores, aire acondicionado, actividades eléctricas-administrativas y al uso de una planta de energía.

Por otro lado, como consecuencia de la captación de agua para la prestación del servicio, la remoción de masas boscosas en rondas de fuentes hídricas superficiales abastecedoras del acueducto, ha generado pérdida y fragmentación del hábitat de especies endémicas de las zonas intervenidas, capaces de asimilar

sustancias tóxicas en el ambiente, producidas por la misma entidad (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV], 2016).

Es así como el GreenHouse Gas Protocol (GHG) se resalta como una herramienta útil en el presente contexto, para calcular el efecto de la huella de carbono de la EAAV durante la prestación de sus servicios, a lo largo de su vida útil, respecto a su consumo (NTC-ISO 14044, 2006), asumiendo un papel importante como indicador que busca cuantificar la cantidad de emisiones de GEI, directa e indirectamente (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, S.f).

A partir de lo acordado en el protocolo de Kioto, la Ley 629 del año 2000 y la Cumbre de París COP 21, se quiere buscar la manera de contribuir y controlar positivamente las emisiones que produce la EAAV, además de dar cumplimiento a la normatividad mencionada, la cual establece reducir las emisiones de GEI en un 20% para el 2030 (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], 2015). Así, se busca dar cumplimiento a lo acordado en el CONPES 3943 de 2018 para el mejoramiento de la calidad del aire e identificar el consumo existente en la empresa de energías tradicionales y encontrar la manera de proponer un mecanismo de desarrollo limpio para compensar las emisiones generadas por la empresa a largo plazo.

### **1.1 Formulación en torno al problema**

El calcular y determinar las causas de la HdC, da a conocer las emisiones generadas por los procesos y actividades desarrollados en la entidad de tipo administrativo; siendo ésta una herramienta útil para el planteamiento de estrategias de mitigación y/o compensación que permitan reducir las emisiones de GEI y mejorar la gestión ambiental en el entidad, se quiere dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las causas de la huella de carbono generada por el funcionamiento de la EAAV desde el año base hasta los cinco primeros meses del año 2018, para formular estrategias de mitigación y/o compensación?

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar la huella de carbono de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio (EAAV) sede Paraíso conforme la metodología establecida por el Greenhouse Gas Protocol (GHG) en sus Alcances 1 y 2 para cuantificar las emisiones generadas por el funcionamiento de la empresa.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Realizar un inventario de emisión de gases de efecto invernadero de acuerdo al Alcance 1 y 2 del GHG Protocol para conocer los datos de las actividades desarrolladas en la EAAV sede Paraíso y proceder a calcular la huella de carbono.
  
- ✓ Calcular la huella de carbono generada por el funcionamiento de la entidad, desde el año base hasta los cinco primeros meses del 2018, mediante los factores de emisión y potencial del calentamiento global del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).
  
- ✓ Formular estrategias de mitigación y/o compensación de la huella de carbono generada por la EAAV sede Paraíso.

### 3. Justificación

En Colombia, el sector terciario público y de servicios, como la EAAV, presenta una de las mayores demandas energéticas haciendo referencia a los principales usos de la electricidad: iluminación (31%), aire acondicionado (22,8%) y refrigeración (13,9%); además del uso de combustibles fósiles como gasolina (40%), ACPM o diésel (37%) según lo establecido por el Ministerio de Minas y Energía [MME] (2016) en la prestación de sus servicios administrativos, mantenimiento de alcantarillado, distribución y transporte de agua; generando emisiones de GEI como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y HFC, por el uso de los recursos anteriormente mencionados (Andrade, Arteaga, & Segura, 2017). De este modo, se hace evidente proponer medidas de eficiencia energética en el sector terciario y de compensación por emisiones de GEI a la atmósfera.

Asimismo, se hace imprescindible cuantificar las emisiones generadas en la EAAV- sede Paraíso, durante la prestación de sus servicios, para poder evaluar y proponer las estrategias de reducción y/o compensación de la HdC generada y así poder lograr una mejora en la toma de decisiones y optimización de los recursos utilizados allí; asimismo, se busca incrementar la calidad de los servicios prestados de una manera sustentable.

Las acciones propuestas en este documento, implican un progreso en la eficiencia energética, uso de combustibles fósiles y refrigerantes en la sede paraíso a través del cálculo de la huella de carbono con el GHG protocol, ofreciendo una excelente oportunidad de mitigación de GEI al 2030, dando cumplimiento a lo establecido en el Protocolo de Kioto y la Cumbre de París (COP 21), respectivamente; a través políticas sólidas que logren garantizar una economía sostenible, reduciendo las emisiones en un 20%.

De esta manera, fomentar el uso racional de la energía y combustibles fósiles, promoviendo el trabajo en sinergia con otras entidades públicas, a través de mecanismos de desarrollo limpio; posicionándose como una empresa comprometida con el ambiente en sus labores diarias, abasteciendo de agua potable a Villavicencio; dando cumplimiento a la política ambiental de la empresa que establece en uno de sus lineamientos, “*desarrollar acciones encaminadas a la prevención de la contaminación y hacer uso eficiente de los recursos que utiliza para la prestación de sus servicios*” (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV], 2016), obteniendo también una mejora continua en los procesos de gestión ambiental de la empresa.

#### 4. Alcance del proyecto.

Villavicencio es un municipio colombiano, “capital del departamento del Meta, situado en el piedemonte de la Cordillera Oriental, al noroccidente del departamento, en la margen izquierda del río Guatiquía” (Concejo Municipal de Villavicencio, 2015). Ver *Figura 1*.



*Figura 1.* Ubicación de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado -Sede Paraíso. Martínez, 2018.

Como capital departamental, alberga las sedes de la EAAV, ubicando a la principal en la Calle 39 Carrera. 20 barrio Paraíso; allí se localizan las áreas administrativas de la empresa, por ende hay un consumo de energía eléctrica y de combustible fósil que generan emisiones, debido a la cantidad de equipos, vehículos y personas que a diario transitan, haciendo uso de transporte y energía eléctrica en sus labores, a diferencia de las demás sedes del acueducto que cuentan con dos operarios, cada uno con turnos de 12 horas para el manejo de la planta y fuentes alternas, además del ingeniero a cargo de la potabilización del agua que solo se encuentra en la sede La Esmeralda; cabe resaltar que las labores en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) son manuales y el agua es captada por gravedad, como se evidenció en una visita de reconocimiento y el Plan Institucional de Gestión Ambiental (PIGA) de la entidad (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV], 2015).

En este sentido, las emisiones generadas por la PTAP y fuentes alternas, no se tuvieron en cuenta dada la poca o nula información acerca de metodologías para la cuantificación de emisiones generadas por el tratamiento de agua potable; por otro lado, no fue posible acceder a la información de los consumos de energía eléctrica durante el periodo contemplado.

Por último, las emisiones producidas por los residuos sólidos peligrosos que contienen los químicos para el tratamiento del agua, hacen parte del alcance 3 del GHG Protocol, el cual no fue aplicado en el presente proyecto, ya que no se cuenta con los registros consecutivos de papel, residuos sólidos y viajes realizados por los funcionarios en vehículos que no son propiedad de la empresa.

En la sede Paraíso se encuentra la flota de vehículos del acueducto y toda la maquinaria empleada para reparaciones, mantenimiento del alcantarillado, carro tanques, retroexcavadoras, volquetas, mini cargador, camionetas tipo furgón y toda lo necesario para realizar obras de reparación.

Como herramienta para la cuantificación de emisiones en la EAAV, se tomó como indicador ambiental el cálculo de la huella de carbono mediante el Greenhouse Gas Protocol (GHG), debido a que este último está enfocado al *“cálculo de la huella de carbono corporativa, teniendo en cuenta las emisiones directas e indirectas, incluyendo los GEI establecidos en el protocolo de Kioto”* (CEPAL, 2010), de los cuales en el presente proyecto solo se tuvieron en cuenta los siguientes gases de efecto invernadero: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, la Tabla 1 evidencia los alcances propuestos por GHG.

**Tabla 1.** Alcances de Greenhouse Gas Protocol

<b>Alcance</b>	<b>Descripción</b>
<b>Alcance 1- Emisiones Directas</b>	Las emisiones directas de GEI ocurren de fuentes que son propiedad o están bajo el control de la compañía, como las emisiones de la combustión de calderas, hornos, vehículos, emisiones de productos químicos, producción en equipo de proceso controlado o propiedad y emisiones fugitivas liberadas por el uso de aires acondicionados o equipos de refrigeración.
<b>Alcance 2- Emisiones Indirectas</b>	El alcance 2 representa las emisiones de GEI de la generación de electricidad comprada o consumida por la empresa.

**Tabla 2.** Continuación

<b>Alcance</b>	<b>Descripción</b>
<b>Alcance 3- Otras Emisiones Indirectas</b>	Es una categoría de informe opcional que permite el tratamiento de todas las otras emisiones indirectas. Son una consecuencia de las actividades de la compañía, pero que se producen a partir de fuentes que no son propiedad o controladas por la empresa como trayectos y recorridos realizados en avión o carro propio de los funcionarios, además del uso de papel, agua y manejo de residuos solidos

Nota: Alcances del GreenHouse Gas Protocol. Adaptado de GreenHouse Gas Protocol (GHG), 2001.

Con base en las actividades desarrolladas por la empresa y lo mencionado anteriormente, se tendrá en cuenta los lineamientos establecidos en el Alcance 1 y 2 del GHG para el cálculo y análisis de la huella de carbono en la EAAV; dicho procedimiento, desde el año base (2016) hasta los cinco primeros meses del 2018, tomando como variables directas e indirectas la gasolina, ACPM o Diésel, refrigerantes y consumo energético.

La realización del presente proyecto, fue efectuada solamente en la EAAV-sede Paraíso, teniendo en cuenta que allí es donde se encuentra la parte administrativa-operativa y de parqueaderos de la flota vehicular, siendo la única sede que se divide por departamentos.

## 5. Fundamentación teórica

### 5.1 Antecedentes

Para el 2010, la Cumbre del Clima realizada en Cancún-México por la Conferencia de las Naciones Unidas (ONU) sobre Cambio Climático acordó que:

*“Los diferentes países industrializados crearán planes y estrategias de desarrollo bajo en carbono y evaluarán la mejor forma de hacerlo, reportando sus inventarios de emisiones cada año y se estableció un registro con el fin de relacionar y registrar las acciones de mitigación de los países en desarrollo con el financiamiento y soporte tecnológico brindado por los países industrializados” (ONU, 2010).*

Estos acuerdos son la prolongación de diferentes debates y reuniones que se han llevado con éxito en diferentes países que hacen parte de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Después de esta cumbre el 8 de noviembre del 2010, Chile implementó la primera flota de servicio de taxis ecológicos en Latinoamérica, dado que el uso de transporte en este país es la segunda fuente de contaminación en la ciudad, así lo reveló un estudio del Instituto de Salud en la población de la universidad de Chile, por lo que se creó una empresa llamada TaxiGo que calcula la huella de carbono vinculada al uso de este transporte y propone estrategias personalizadas para disminuirla, dependiendo del trayecto que recorre el pasajero, con esto no solo está promoviendo el cuidado al ambiente, sino que también promueve la compensación por el uso de estos servicios, además la empresa cuenta con carros híbridos y se certifican bajo la norma GHG Protocol, por calcular y disminuir la huella de carbono generada por el funcionamiento de la empresa (Vergara, 2010).

Siendo esta una iniciativa y un modelo de servicio que puede ser acogida a nivel mundial, ya que en todos los países existen medios de transporte que emiten de manera significativa gases de efecto invernadero (GEI) y hace que el cálculo de la huella de carbono no sea solo asunto de las compañías, pues también vincula a los consumidores de manera tal que tengan el conocimiento de la huella que están dejando al hacer uso de los transportes que consumen combustible fósil.

Colombia no se ha quedado atrás en la cuantificación de emisiones y ha sido uno de los países que a través del tiempo ha trabajado para reducir las emisiones de GEI, participando en las cumbres realizadas por la CMNUCC, acogiendo diferentes convenios y protocolos a lo largo del tiempo,

estableciendo con base en estos, políticas nacionales que ayuden a reducir las emisiones de GEI (Empresa de Servicios Públicos de Medellín [EPM], 2014).

En este sentido, la Empresa de Servicios Públicos de Medellín (EPM) quien ha sido reconocida por varios países por su compromiso con el medio ambiente; en el 2011 y en alianza con la consultora MGM Innova, hizo el inventario de las emisiones de GEI generadas por sus actividades en los años 2008 y 2009, con la metodología del GHG Protocol (EPM, 2014), siendo esta una de las más conocidas a nivel mundial como herramienta para la contabilización, manejo y reporte de GEI aceptados internacionalmente, logrando posicionar a las empresas en un contexto mundial en cuanto al informe de emisiones y apoyo para la implementación y replicación de las medidas de mitigación climáticas sustentables propuestas por las entidades que acojan la metodología (World Resources Institute, 2014).

EPM, siguiendo lo establecido por el GHG Protocol, calculó y compensó la HdC, implementado como medida de mitigación la construcción del parque eólico Jepírachi, ubicado en el municipio de Uribia, departamento de la Guajira, el cual compensa la emisión de 20 mil toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Empresa de Servicios Públicos de Medellín [EPM], 2013) generadas por el funcionamiento de la empresa y constantemente realiza seguimiento a las emisiones que se generan por su funcionamiento.

A estas iniciativas se le sumó la Federación de Cafeteros de Colombia quienes en marzo del 2013, dieron prioridad al cálculo de la HdC que dejan sus procesos de producción para ser certificados por el ICONTEC, *“la Federación avanza con paso firme hacia la gestión y reducción verificable de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), esto permitirá a la caficultura colombiana ofrecer productos de carbono neutro o libres de emisiones de GEI”* (Federación Nacional de Cafeteros, 2013), una exigencia cada vez más extendida entre consumidores y clientes para aliviar el calentamiento global y mejorar su imagen como empresa a nivel mundial.

Cada vez es más común que las empresas empiecen a posicionarse en el mercado o a competir con otros productos por los procesos o la imagen que manejen de sus servicios, puesto que el consumidor con el pasar del tiempo se está fijando en otros aspectos de los bienes o servicios que está adquiriendo, como lo es la calidad, el tiempo de vida útil y los elementos de los que están compuestos, tener en cuenta el cálculo de la HdC es un elemento que no solo ayuda a mitigar los impactos negativos ambientales, también ayuda a las empresas a ser reconocidas y a seguir mejorando sus procesos, siendo este indicador algo indispensable a todos los sectores que estén certificados bajo la ISO 14001, puesto que bajo este

indicador ambiental se puede seguir con la mejora continua en los procesos y formular las estrategias necesarias para mitigar los daños generados.

Es así como el 26 de agosto del 2016 la universidad ICESI elaboro un artículo que tuvo como propósito, explorar el uso de la HdC como construcción de marca para las empresas en Colombia, siendo el cálculo de la HdC una solución para conocer resultados de emisiones de GEI que las empresas generan (Chacón, Pinzón, Ortegón, & Rojas, 2016), disminuyendo costos energéticos e imponiendo una imagen diferente de las marcas en un contexto con consumidores conscientes de temas medioambientales.

Por lo tanto, la tendencia del consumo responsable y el uso de indicadores ambientales como marketing para mejorar la imagen y posicionamiento de empresas cada día cobra más relevancia, puesto que los impactos negativos ambientales que se han generado a lo largo del tiempo están afectando cada día más a la población, generando conciencia e incluyendo criterios de consumo o de producción a la hora de comprar o producir algún bien o servicio.

Para este mismo año la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAB-ESP), es certificada por ICONTEC como carbono neutro, al realizar la estimación de la huella de carbono organizacional, mediante la metodología del GHG Protocol y “formuló e inició la implementación de un Plan de Manejo de Huella de Carbono 2015-2018”, compensando las emisiones generadas con la implementación de la Hidroeléctrica Santa Ana, ubicada en la localidad de Suba en Bogotá- Cundinamarca, aprovechando la fuerza del agua que captan en este lugar para generar energía y ayudar a reducir las emisiones de 3.240 toneladas de CO<sub>2</sub>. (EAB-ESP, 2016).

Con lo mencionado anteriormente se abre paso a la gestión ambiental que genera un amplio panorama para las empresas o productos a tener un desarrollo sostenible que ayude al ambiente y poder obtener las certificaciones que acrediten sus labores para mejorar los aspectos y procesos de la empresa que generan algún impacto negativo a la naturaleza, logrando una mejora continua, buscando lograr que las empresas acojan de manera positiva la implementación de mecanismos de producción más limpia y la generación de su inventario de emisiones para así mismo acoger estrategias que ayuden a disminuir el uso de recursos naturales e innovar con el uso de energías alternativas.

En el año 2015 en el mes de junio la empresa Aceite del llano S.A, ubicada en el departamento del Meta, ganó el primer puesto en la categoría de mipymes del Premio Nacional de Ecología Planeta Azul por “la adquisición de equipos de última tecnología, que logra disminuir la temperatura de los gases de las calderas reduciendo los gases efecto invernadero (GEI)” (Aceite Vegetal Puro del LLano, 2015) y

por ende la huella de carbono, monitoreándola permanentemente para emprender acciones encaminadas a ser más eficiente en el uso de los recursos generadores de GEI.

En último lugar, cabe resaltar el esfuerzo de las empresas y los gobiernos por llevar a cabo un buen desempeño ambiental, enfocado en la eco-eficiencia y producción más limpia, donde en algunos países el uso de energías alternativas cubre casi el 100 % de los servicios energéticos, desplazando a un segundo lugar el uso de energía eléctrica y combustibles fósiles tradicionales, estas medidas no solo deben tener un gran apoyo económico, también de adaptación y aceptación de la sociedad, ya que desde que no se cambie la perspectiva y el pensamiento del ser humano acerca de las emisiones que a diario expulsamos con nuestras actividades a la atmósfera, no se va ver un cambio radical.

## **5.2 Marco de Referencia.**

### **5.2.1 Marco teórico.**

Según el Protocolo de Kioto y la Cumbre de París COP 21, con el pasar del tiempo se ha hecho necesario evitar el aumento de la temperatura media del planeta Tierra por encima de los 2 °C, generada por los GEI; así, a través de ambos se ha hecho imperativo desarrollar estrategias necesarias en cada país miembro, para contribuir a la disminución de estos (MINAMBIENTE, 2015) y la mitigación de los impactos directos e indirectos que de ellos se desprenden, teniendo en cuenta que todo GEI emitido permanece actuando en la atmósfera hasta cien años (Posada, 2007).

En este contexto, el sector energético y de prestación de servicios públicos, desempeña un papel muy importante durante el uso de distintas tecnologías en sus procesos productivos, pues estos requieren de combustibles fósiles, los cuales tienen un peso específico importante en las emisiones de GEI (Del Águila, 2013).

Es así que, en diferentes cumbres y protocolos como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se ha acordado llevar inventarios de los gases emitidos para un mayor control de estos; por ello, un indicador muy utilizado en el sector corporativo público y privado de los países industrializados y en vías de desarrollo, es el cálculo de la huella de carbono a través de distintas metodologías; éstas tienen en cuenta las emisiones e impactos ambientales generados durante el normal funcionamiento y/o consumo de las empresas (Valderrama, Espíndola, & Quezada, 2011), destacándose por hacer parte de la planificación estratégica de las mismas, logrando el posicionamiento

de sus marcas, productos o servicios en el mercado. Puesto que el cálculo y análisis de la huella de carbono, permiten enfocar la prestación de sus servicios hacia un desarrollo sostenible, disminuir sus emisiones e incentivar a la ejecución de mecanismos de desarrollo limpio (Espíndola & Valderrama, 2012b).

Existen diversas metodologías para calcular la huella de carbono ya que no existe un marco metodológico común para la cuantificación de los GEI, entre las más reconocidas está:

La metodología de la ISO 14064-1 enfocada a proyectos diseñados para la compensación de las emisiones generadas por productos y empresas, proporcionando las bases para que los proyectos de GEI sean validados y verificados; Bilan carbone quien fue desarrollada por un organismo público francés y aplicada en este mismo país bajo los estándares del Greenhaouse Gas Protocol (GHG) a diferencia que maneja un software con guías que son vendidas para poder obtener su certificación; PAS 2050 y 2060 fue creada por el gobierno inglés y utilizada en su mayoría en Inglaterra, basada en el GHG protocol, al igual que las anteriormente mencionadas, resaltando que la metodología de la PAS 2050 aplica solo para la HdC generada por productos; todas estas metodologías presentan diferencias en sus enfoques y los gases de efecto invernadero a estudiar, puesto que Bilan carbone,PAS 2050 y 2060 incluyen todos los GEI existentes y el GHG Protocol y la ISO 1464-1, solo incluyen los seis GEI establecidos en el protocolo de Kioto. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2010).

De las metodologías enunciadas la más conocida a nivel mundial es el GreenHouse Gas Protocol, enfocado a sitios, ciudades y productos para medir la huella de carbono, la cual mediante principios, conceptos y métodos específicos es útil para cuantificar y reportar la disminución de las emisiones de GEI durante un periodo de cuatro años (GHG Protocol Initiative Team, 2003), a diferencia de las otras metodologías el GHG ha desarrollado un conjunto de herramientas y lineamientos para facilitar el cálculo de la huella de carbono a cualquier persona, inicialmente a las empresas, logrando ser reconocida a nivel mundial y ser la más utilizada, por lo que la ISO 14061-1 utilizo las líneas de recomendación del GHG para la creación de la ISO enfocada al cálculo de la HdC (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2010).

Finalmente, se resalta la inducción de cambios de patrones competitivos en las empresas que implementan dichas metodologías durante el desarrollo normal de sus actividades; en este sentido, organizaciones internacionales, ONG, gobiernos y consumidores en general, han adoptado estrategias ligadas a la reducción de emisiones en base al Protocolo de Kioto, mitigando sus obligaciones climáticas y apuntando al desarrollo sostenible con un concepto económico más amigable con el medio ambiente

e implementación de mecanismos de desarrollo limpio para mitigar y compensar la huella de carbono generada en sus actividades diaria (Espíndola & Valderrama, Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas, 2012a).

### **Coefficiente de Pearson**

El coeficiente de correlación de Pearson ( $\rho$ ) tiene como objetivo medir la asociación o relación entre dos variables cuantitativas, para establecer si dichas variables son dependientes una de la otra o son totalmente independientes; Cuando el nivel de significancia arroja que  $\rho \leq 0,05$  son variables dependientes, es decir que existe relación directa entre ellas y cuando  $\rho \geq 0,05$  son variables independientes y una variable no influye sobre la otra, mientras que los valores de correlación se interpretan de la siguiente manera: cuando  $\rho$  es positiva la relación entre las variables es directa, si  $\rho$  es negativa y la relación es inversa y si  $\rho$  es igual a 0 son variables totalmente independientes (Restrepo & Gonzáles, 2007).

De esta manera se determina si las variables climáticas como la precipitación y la temperatura del municipio de Villavicencio, tiene alguna relación con la huella de carbono generada por el funcionamiento de la entidad.

#### **5.2.2 Marco conceptual.**

*“Los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra”* (Benavides & León, 2007).

**Emissiones Directas:** Son gases emitidos a la atmósfera y que su emisión puede ser controlada evitando el uso de recursos que liberen este tipo de emisiones. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso (Ministerio de Energía de Chile, S.f); a su vez, se describen como emisiones provenientes de fuentes controladas por la empresa o que son propiedad de ésta, como la combustión de vehículos, consumo de gas y refrigerantes (Jurado & Lizcano, 2015).

**Emissiones Indirectas:** Son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del aire (Benavides & León, 2007), el uso de energía eléctrica adquirida y consumida por la empresa, es una de las causantes de las emisiones indirectas (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015).

Las emisiones mencionadas con anterioridad, son tenidas en cuenta para el cálculo de la huella de carbono mediante el GreenHouse Gas Protocol, algunas de ellas, están en la naturaleza y otras son producidas por el hombre generando impactos nocivos en el ambiente, definiendo “impacto” como *la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales* (Gutierrez & Sánchez, 2009); los gases de efecto invernadero (GEI), en este sentido, atribuyen a lo largo del tiempo al calentamiento global, esta permanencia de los gases en la atmosfera se conoce como Potencial de Calentamiento Global (PCG). (Buitrago, y otros, 2007).

Con base a lo anterior, se creó el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), que por varias décadas ha investigado los fenómenos relacionados sobre los cambios científicos, técnicos, socioeconómicos, etc, de la variación climática, sus causas, repercusiones y estrategias para ser posteriormente analizados y evaluados de forma sistemática durante el inventario de GEI (González & Carlsson, 2007); determinando que las principales causas del aumento en la temperatura media global y las precipitaciones, se deben a la producción de emisiones de GEI por acción antrópica a diario, afectando en este modo, el clima, la salud humana y la seguridad alimentaria del planeta tierra (Ochoa, Catellanos, Zuzel, & Oliveros, 2015).

Como estrategias para poder cuantificar estas emisiones se crearon los indicadores ambientales como la huella de carbono ya que este nos “proporciona una información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo que permite, conocer, evaluar el estado y variación de la calidad ambiental” (Therburg, D’Inca, & López, 2005), de igual modo poder tener más certeza y conciencia de los gases que estamos emitiendo, proporcionando las medidas de mitigación más acertadas para compensar o anular estas emisiones, llevando a cabo procesos y servicios de manera sostenible, logrando ese “equilibrio que se genera a través de la relación armónica entre la sociedad y la naturaleza que lo rodea, esto implica lograr resultados de desarrollo sin amenazar las fuentes de nuestros recursos naturales, sin comprometer los de las futuras generaciones” (Gómez, 2013).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, no solo los indicadores han sido las estrategias creadas por los humanos en diferentes acuerdos, protocolos y cumbres acerca del futuro del planeta, la gestión ambiental ha sido una de las que más ha tenido acogida a nivel mundial dado que la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha certificado bajo el contexto de la ISO 14001 a empresas que tengan en cuenta esta parte en sus procesos y trae consigo una serie de beneficios ambientales, económicos y de reconocimiento en el mercado (Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14001, 2014).

Es así como se ha hecho imperativo para las organización contar con este tipo de indicadores, puesto que también la ley en algunos países exige la certificación de gestión ambiental, al ser un conjunto de acciones encaminadas a maximizar la racionalidad de una entidad durante su proceso de decisiones enfocadas a la conservación, defensa, protección y mejora del ambiente, a partir de una base sólida conformada por la participación ciudadana y la coordinación multidisciplinar (Chaple & Hernández, 2005), dado que los sistemas de gestión ambiental también apuntan a una mejora continua en los procesos y al tener conocimiento de las emisiones generadas por la actividad de la empresa , se pueden tomar decisiones que me ayuden a mejorar cada procesos y por ende ayudar al progreso de la entidad.

### 5.2.3 Marco legal.

A continuación, la Tabla 2 y Tabla 3 referencian a la normatividad legal vigente aplicada nacional e internacionalmente, respecto a la emisión de GEI y sus acciones de control- mitigación, mediante leyes, decretos, resoluciones, protocolos y acuerdos; a su vez, el presente documento fue desarrollado en el marco de lo establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988 cuando crearon el IPCC, el cual contiene información de los factores de emisión para el cálculo de la huella de carbono y el potencial del calentamiento global (PCG) de los GEI emitidos por el funcionamiento de una organización (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], S.f).

**Tabla 3.** *Marco Normativo Nacional*

Norma	Lineamiento
<b>Ley 629 del 2000</b> <b>Congreso de la</b> <b>Republica de</b> <b>Colombia</b>	“Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Kioto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecho en Kioto el 11 de diciembre de 1997” (Ley 629, 2000). Se tendrán en cuenta cuatro gases de los seis nombrados en el protocolo de Kioto, para el cálculo de la huella de carbono en la EAAV, los cuales son: Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ), Metano (CH <sub>4</sub> ), Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O), Clorofluorocarbonos (CFC).

Tabla 2. Continuación

Norma	Lineamientos
<b>Ley 697 del 2001</b> <b>Congreso de la Republica de Colombia</b>	<p>“Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, promoviendo energías alternativas y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el ambiente y los recursos naturales” (Ley 697, 2001). A través de esta ley poder fomentar y proponer en la empresa el uso eficiente de la energía y poder disminuir la huella de carbono por el uso de energía eléctrica, trayendo consigo beneficios ambientales y económicos para la empresa en un futuro y que sepan aprovechar la infraestructura existente.</p>
<b>Decreto 298 del 2016- Política Nacional de Cambio Climático</b>	<p>“Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), es el encargado de coordinar, articular, formular, hacer seguimiento y evaluar las políticas, normas, estrategias, planes, programas, proyectos, acciones y medidas en materia de adaptación al cambio climático y de mitigación gases efecto invernadero” (Decreto 298, 2016). Se tienen en cuenta los proyectos ya desarrollados por SISCLIMA, para la formulación de estrategias para reducción de la huella de carbono.</p>
<b>Resolución 549 del 2015</b> <b>Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia</b>	<p>“Por la cual se reglamenta parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro del agua y energía en edificaciones” (Resolución 549, 2015). Mediante esta resolución y la caracterización de la infraestructura de la empresa poder proponer mejoras para tener un mayor ahorro de energía eléctrica, ayudando a reducir el gasto de luz y emisiones indirectas de GEI.</p>
<b>Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)</b>	<p>Programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo liderada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) apoyados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y los sectores de Industria, Energía, Minería, Transporte, Vivienda, Residuos y Agricultura, el cual busca identificar acciones que detengan el crecimiento acelerado de las emisiones de GEI a medida que los sectores mencionados anteriormente, crezcan, desarrollando estrategias de mitigación y promoviendo herramientas que permitan su ejecución, monitoreo y reporte (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).</p>

Nota: Normatividad nacional vigente, tomada en cuenta para el análisis de la huella de carbono en la EAAV. Organización jerárquica pirámide de Kensel. Adaptado de la Normatividad legal vigente. Martínez, 2018.

**Tabla 4.***Marco Normativo Internacional*

<b>Norma</b>	<b>Lineamientos</b>
<b>Protocolo de Kioto</b>	“Este protocolo compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], S.f).Mediante este protocolo que se describen los GEI que requieren mayor atención, entre ellos los cuatro gases evaluados en este trabajo
<b>GH Protocol</b>	“Es el protocolo internacional más utilizada para el cálculo del Inventario de emisiones en base a esta surgió la ISO 14064” (GHG Protocol Initiative Team, 2003) Mediante este protocolo se realizará el cálculo de la huella de carbono a la EAAV, según los alcances 1 y 2.

Nota: Normatividad Internacional legal vigente, tomada en cuenta para el análisis de la huella de carbono en la EAAV.

Organización jerárquica pirámide de Kensel. Adaptado de la Normatividad internacional legal vigente. Martínez, 2018.

## **6. Procesamiento metodológico**

### **6.1 Fase 1. Diagnóstico de la situación actual.**

Mediante observación directa, visitas técnicas y registros fotográficos, se llevó a cabo la caracterización del estado actual de la infraestructura de la EAAV sede Paraíso, en comparación con la resolución 0549 del 2015 donde se dictan los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y adopta la guía para el ahorro del agua y la energía en edificaciones.

#### **6.1.1 Recolección de la información primaria y secundaria.**

El proceso de recolección de información primaria constó de una entrevista semi-estructurada (Ver Anexo 1), con preguntas cerradas, formuladas a partir de visitas técnicas de reconocimiento, las cuales permitieron identificar el manejo y tiempo de uso relacionado a los equipos de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) e identificar los diferentes medios de transporte utilizados por los empleados para llegar a su lugar de trabajo; tomando como muestra 65 de 130 funcionarios a término fijo en la empresa con un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 9% (Adimen Investigación, S.f).

Es importante mencionar que no se tuvieron presente los contratistas que prestan sus servicios en la empresa, dado que la entidad no tiene control ni registro de los consumos realizados por estos, a su vez ellos son los encargados de manejar su propia flota vehicular y suministrar el combustible fósil, de igual manera no cuentan con aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) de propiedad de la entidad, resaltando que el presente trabajo sólo adoptó los alcances 1 y 2 del GHG Protocol.

#### **6.1.2 Inventario de Fuentes de emisión.**

Para iniciar el inventario de fuentes de emisión, se tuvo en cuenta los lineamientos del GHG Protocol y los alcances 1 y 2 de este mismo, el cual indica que se debe tener un año base para iniciar la cuantificación de las emisiones, el cual debe tener los registros de los recursos consumidos y los límites organizacionales; es por ello que se tuvo en cuenta el año de certificación de la ISO 9001 en la EAAV, identificando emisiones directas e indirectas en la sede Paraíso (Ver Tabla 1); así, se hizo la elección del 2016 como año base; pues, a partir de este año la entidad cuenta con un registro de los consumos generados por vehículos (uso de combustible fósil en litros), AEE (Kw/h) y refrigerantes (Kg). El

comportamiento de dichos consumos fue evaluado hasta los cinco primeros meses del año 2018, sin embargo, no fue posible identificar los consumos por área, ya que la empresa no cuenta con un registro individual de éstas.

## 6.2 Fase 2. Cálculo y análisis de la huella de carbono.

Desde el año base, hasta los cinco primeros meses del 2018, se siguieron los lineamientos por el GHG Protocol; en este sentido, el cálculo de la huella de carbono se efectuó, aplicando la Ecuación 1, con base a los valores de las propiedades físicas y de combustión reflejadas en la

Tabla 5 y su respectivo factor de emisión (FE), ver Tabla 6.

Es pertinente mencionar que la ejecución del presente proyecto inició a mediados del 2018, sin embargo, para poder evaluar la evolución de las emisiones año tras año, se extrapolaron los valores de HdC desde junio hasta diciembre del 2018, asumiendo que el comportamiento del resto del año fue igual.

$$Hc = \sum T da * FE$$

Ecuación 1. Cálculo Huella de carbono. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2006.

Donde:

**HdC:** cantidad de huella de carbono (Kg GEI eq).

**T da:** cantidad total de combustible fósil, refrigerante y energía eléctrica utilizada mensual (Kg).

**FE:** Factor de emisión. Cantidades de GEI emitido por cada unidad del parámetro Tda ( $\frac{KgGEI}{TJ}$ ).

**Tabla 5.** *Propiedades de combustibles fósiles*

	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Poder Calorífico (MJ/Kg)
ACPM o Diésel	869,94	42.37
Gasolina	833,99	42.73

Nota: Propiedades de los combustibles fósiles: Diésel y gasolina. Adaptado de Corporación Ambiental Empresarial y Cámara de Comercio de Bogotá [CAEM], 2015.

El FE utilizado, dependió del tipo de combustible (ACPM o Diésel), refrigerante y la procedencia de la energía eléctrica. Los valores empleados, hicieron referencia a los establecidos por el IPCC, a diferencia del usado para energía eléctrica, del cual se tomaron los valores sugeridos por la Unidad de

Planeación Minero Energética (UPME), puesto que cada país maneja un factor de emisión diferente relacionado con la energía.

**Tabla 6.** Factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono.

	Factor de Emisión				
	Kg CO <sub>2</sub> eq/	Kg CH <sub>4</sub> eq/	Kg N <sub>2</sub> O eq/	Kg CO <sub>2</sub> eq/ Kg	Kg CO <sub>2</sub> eq/
	TJ	TJ	TJ	gas	Kw/h
<b>ACPM o Diésel</b>	74,100	0,280	0,159		
<b>Gasolina</b>	69,300	0,280	0,159		
<b>Refrigerante</b>				1,810	
<b>Energía Eléctrica</b>					0,199

Nota: Factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono. Adaptado de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006 y Unidad de Planeación Minero Energético (UPME), 2016.

Por otro lado, para el CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y HFC se utilizaron los valores del (PCG), los cuales convirtieron los datos de emisión de cada gas a CO<sub>2</sub> eq, como se aprecia en la Ecuación 2 (Santillán, 2014), puesto que los valores del PCG para cada gas mencionado, son equivalentes a las emisiones que genera el CO<sub>2</sub>, dejando todos los gases estudiados en las mismas unidades. (Red Ambiental de Asturias, S.f).

$$\text{Huella de carbono} * \text{PCG} = \text{Kg de CO}_2 \text{ eq}$$

Ecuación 2. Cálculo Potencial del calentamiento global. Adaptado de IPCC, 2006.

La Tabla 7 muestra los valores de PCG para cada contaminante:

**Tabla 7.** Valores estándar de PCG por contaminante.

Nombre del gas	PCG
Metano (CH <sub>4</sub> )	21
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	310
Hidrofluorocarbonado (HFC)	144

Nota: Potencial del calentamiento global para el cálculo de la huella de carbono. Adaptado de Global Warming Potentials, 1995.

Los resultados de la HdC obtenidos fueron analizados mediante gráficos que permitieron determinar el comportamiento de los valores de la HdC total con base en el tipo y fuente de emisión mensual y anual; finalmente, se hicieron comparaciones con el comportamiento de temperatura (°C) y precipitación mensual (mm) según la información brindada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), durante el periodo establecido con anterioridad; permitiendo

identificar si existía relación entre las variables climáticas y el comportamiento de la huella de carbono, aplicando el coeficiente de correlación de Pearson; el cual asumió dependencia entre las variables si los niveles de significancia bilateral  $<0,05$  y no dependencia cuando equivalían a  $> 0,05$  (Restrepo & Gonzáles, 2007; Ortiz, Escobar, & Sepulveda, 2018).

A su vez, se indagó acerca de las emergencias presentadas en la EAAV durante la prestación de sus servicios, estableciendo si estas inciden sobre las emisiones que generan la huella de carbono.

### 6.3 Fase 3. Estrategias de mitigación y/o compensación.

Con el fin de proponer estrategias de mitigación y/o compensación de la huella de carbono generada por el funcionamiento de la empresa y un estudio realizado previamente por la entidad, se identificó las especies endémicas de cada lugar de captación; encontrando que el Guayacán yopo (*Piptadenia alpacifolia*), el Cedro macho (*Cedrela odorata*), y la Acacia (*Acacia spp*) son las especies vegetales más comunes en estas cuencas y microcuencas y que son de mayor captación de  $CO_2$  en la región.

Con base a esto, se formularon estrategias ligadas a la reforestación con especies forestales anteriormente mencionadas y al ahorro de energía, como medida de reparación o compensación por las emisiones generadas.

En este sentido, fue posible establecer un promedio de árboles a sembrar aplicando la Ecuación 3, como propuesta de mitigación del daño ambiental ocasionado; finalmente, se realizaron fichas técnicas encaminadas a las buenas prácticas de consumo que ayuden a concientizar y reducir el consumo de energía eléctrica, refrigerantes y combustibles fósiles, aprovechando los beneficios de la edificación para mayor eficiencia energética.

$$\# \text{ Árboles} = \frac{\text{HdC}}{R} \cong \text{árboles}$$

Ecuación 3. Cantidad de árboles a reforestar. Díaz & Velásquez, 2015.

**HdC:** Cantidad de huella de carbono a compensar (ton  $CO_2$ ).

**R:** Capacidad de remoción de  $CO_2$  (ton).

## 7. Resultados

### 7.1 Diagnóstico de la situación actual.

Mediante las visitas técnicas realizadas, observaciones y los registros fotográficos realizados (ver *Figura 2*), fue posible caracterizar el estado actual de la infraestructura de la EAAV sede Paraíso, identificando dos bloques: A y B; el primero con dos plantas, ubicando en la primera Servicio al Cliente, Petición, Quejas, Reclamos, Cartera y Centro de Pagos; en la segunda: Gerencia, Secretaria General, Gerencia Financiera. El segundo bloque de una sola planta, se encuentra Gerencia Técnica, Planeación, Control de Pérdidas, Gerencia Administrativa y el Parqueadero.

Por otro lado, fue posible establecer que ambos bloques cuentan con películas adhesivas polarizadas en todas las ventanas, inhibiendo la entrada de luz solar y transmitiendo calor hacia el interior de la estructura; caracterizándose por ser sitios con poca luminosidad y ventilación, haciendo imperativo el uso continuo de energía eléctrica y aire acondicionado durante toda la jornada laboral (9 horas); no obstante, se reconoció que la entidad hace uso de lámparas LED, bombillas de tubo fluorescentes e incandescentes, éstas últimas, incrementando el consumo energético.

Ambos bloques cuentan con 25 lavamanos y 26 sanitarios, que tienen un mecanismo doble descarga y grifería temporizada lo que ayuda al ahorro de agua por parte de la entidad; por otro lado, la segunda planta del bloque A cuenta con aleros en la parte superior de las ventanas para evitar los rayos solares en horas de la tarde, catalogados como una medida de sombreado horizontal. Todo lo anterior dando cumplimiento a la resolución 549 de 2015 de medidas de eficiencia energética pasivas.

A su vez se logró identificar que el parqueadero presenta un alto flujo vehicular en horas de la mañana, además de contar con una amplia zona careciente de vegetación que ayude a reducir la incidencia directa de la radiación solar en las oficinas dando sombra a estos lugares.



Figura 2. Infraestructura empresa EAAV. Primera fila de izquierda a derecha: Bloque A y Bloque B. Segunda fila parqueadero. Martínez, 2018.

### 7.1.1 Recolección de la información primaria y secundaria.

A partir de los resultados obtenidos durante la aplicación de la entrevista a los empleados de la EAAV, se logró identificar con una predominancia del 55,38% que los funcionarios no hacen uso de las ventanas de la edificación para su ventilación y en un 67%, hace uso de la luz eléctrica durante el día (ver *Figura 3*); en consecuencia se identificó que 41,54% de las personas hacen uso del aire acondicionado desde las 9:00 am para mejorar sus condiciones laborales y que 49,23% de ellas no lo apaga en horas de almuerzo; en este sentido, las personas entrevistadas consideraron que hacen uso de este aparato dependiendo del clima de la ciudad (ver *Figura 4*).



Figura 3. Ventilación empleados EAAV. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada. Martínez, 2018.

No obstante, con base en las visitas de observación realizadas, fue posible establecer que en muchas ocasiones los funcionarios hacen uso constante del aire acondicionado sin importar las condiciones climáticas de la ciudad; además, abren ventanas o puertas haciendo que la intensidad del sistema operativo del aire pierda potencia y se dañe, consumiendo energía eléctrica y refrigerante innecesariamente.

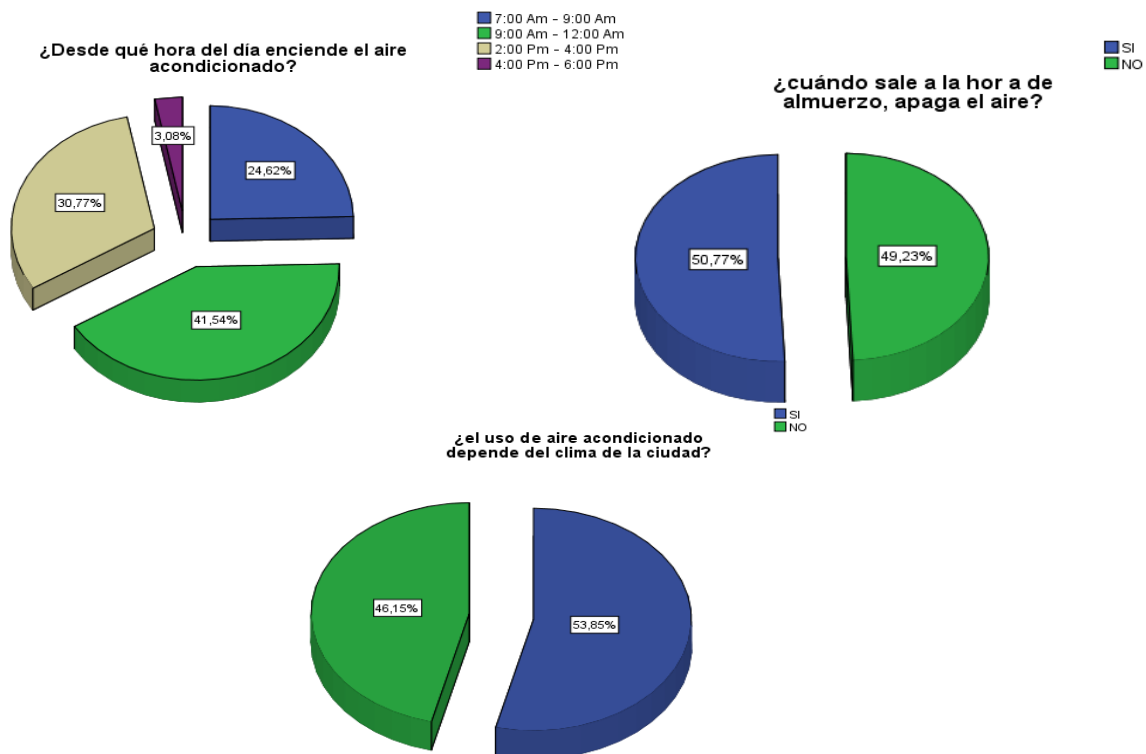
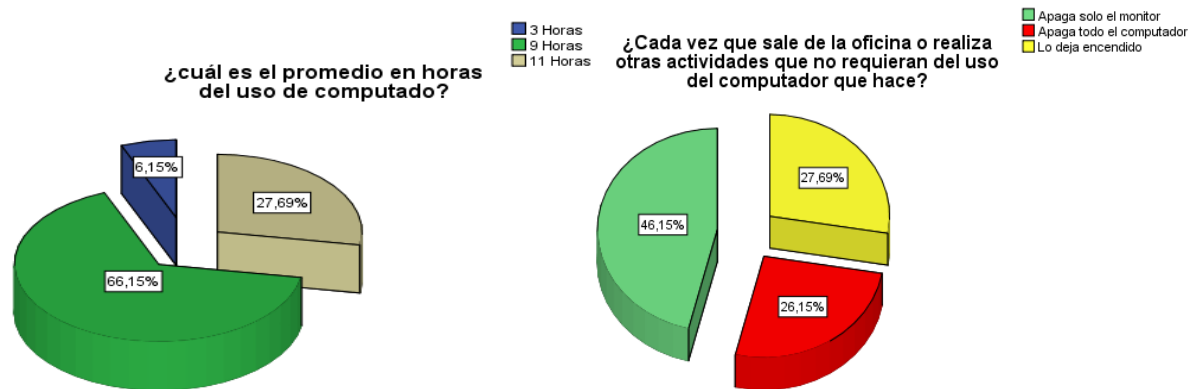


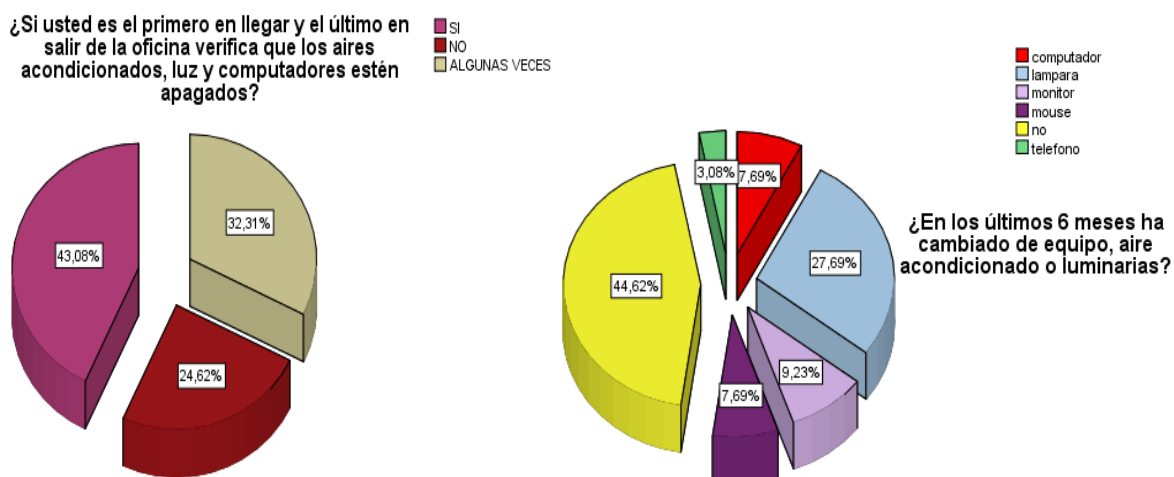
Figura 4. Uso del aire acondicionado empleados EAAV. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada. Martínez, 2018.

Respecto a las prácticas asociadas al uso de los computadores, la *Figura 5* mostró que el uso más frecuente es de 9 horas y que un 46,15% de los empleados apaga solo el monitor, al momento de desarrollar otro tipo de actividad que no requiere de su uso.



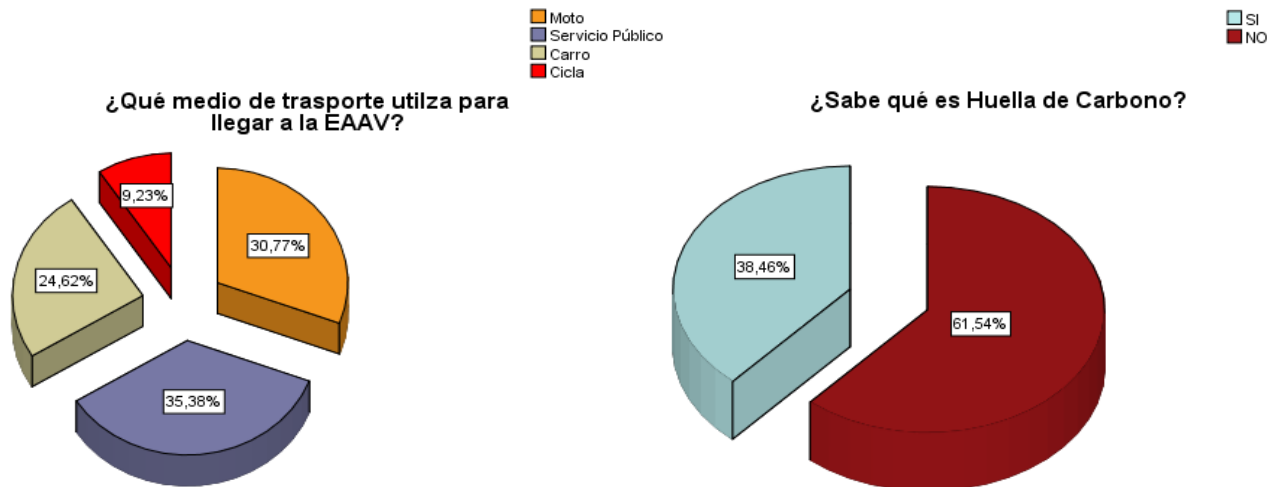
*Figura 5.* Uso del computador empleados EAAV. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada. Martínez, 2018.

A su vez, los resultados obtenidos manifestaron que las prácticas de responsabilidad empresarial son bajas pues sólo el 42,06% verifica que los computadores, unidades de poder (UPS), luces, aires acondicionados y demás AEE (teléfonos, impresoras, scanner, dispensadores de agua, grecas para el café y biométricos) estén apagados al terminar su jornada laboral; el 57,94% restantes, lo hace esporádicamente o evade la situación; evidenciando poca conciencia o desconocimiento frente al ahorro de energía en el uso de los diferentes tipos de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), haciendo necesario el cambio constante de luminarias (27,69%), monitores (9,23%) y otros (18,48%), superado el 50% (ver *Figura 6*).



*Figura 6.* Prácticas de uso y tiempo de cambio de AEE en las oficinas de la EAAV. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada. Martínez, 2018.

Por otro lado, se identificó que el medio de transporte más utilizado por los empleados, es el servicio público y la moto, seguidos del carro con un uso de 24,62%. Finalmente, los encuestados respondieron que no tienen conocimiento sobre la huella de carbono con un porcentaje del 51,54 (ver *Figura 7*).



*Figura 7.* Medio de transporte utilizado y conocimiento de la HdC en la EAAV. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada. Martínez, 2018.

A modo de conclusión, fue posible establecer que existen falencias respecto al manejo de AEE y desconocimiento por parte de los funcionarios de los impactos generados por estas malas prácticas de uso y consumo, como son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y la generación de residuos de AEE (RAEE); estos últimos emitiendo otro tipo de descargas contaminantes al ambiente, afectaciones a la salud y costos socio- económicos, en caso de no darles el respectivo manejo y disposición que estos requieren.

## 7.2 Inventario de emisiones.

Durante el inventario de las fuentes de emisión, se vincularon los límites organizacionales (Ver Anexo 2) identificando 8 áreas de trabajo alusivas a Gerencia General, Técnica, de Planeación, Administrativa, Financiera, Comercial, Control de Pérdidas y una planta generadora de luz; allí se encontraron 23 vehículos de transporte y maquinaria pesada generadores de emisiones directas( ver Anexo 3), los cuales hacen uso de gasolina, ACPM o Diésel para su funcionamiento; por otro lado, se reconoció el uso de refrigerante R-22 para los aires acondicionados, el cual ha sido prohibido en varios países dado su influencia negativa pero silenciosa en el ambiente (Plazas, 2012). Teniendo en cuenta las actividades de la empresa, la Tabla 8 relaciona las principales fuentes y tipo de emisiones generadas en la EAAV.

**Tabla 8.** Alcances GHG Protocol-EAAV.

Alcance GHG Protocol	Fuente de emisión	Descripción	Tipo de emisión
<b>1</b>	Vehículos	ACPM y gasolina	Emisión directa
	Maquinaria pesada	ACPM o Diésel	
	Planta eléctrica	Gasolina	
	Consumo gas Refrigerante	R-22 (aire acondicionado)	
<b>2</b>	Consumo eléctrico	AEE	Emisión indirecta

Nota: Alcances del GHG Protocol vinculado a las fuentes de emisión encontradas en la EAAV, el uso de combustibles fósiles y consumo energético. Martínez, 2018.

Por otro lado, las compras y contrataciones realizadas de equipos de AEE y flota vehicular durante el periodo 2016-2018 (cinco primeros meses), permitieron estimar el consumo detallado de cada fuente generadora (Ver Tabla 8 y Tabla 9).

**Tabla 9.** Detalle de consumo de emisiones directas EAAV.

Mes	2016			2017			2018		
	ACPM (L)	Gasolina (L)	R22 (Kg)	ACPM (L)	Gasolina (L)	R22 (Kg)	ACPM (L)	Gasolina (L)	R22 (Kg)
Enero	9985	790	0	10289	830	0	10295	904	0
Febrero	10017	867	2	10347	847	0	10108	892	1
Marzo	10108	845	0	10401	843	1,5	10238	914	0
Abril	10139	827	1	10523	839	0	10424	927	0
Mayo	10210	803	0	13048	1174	0	13975	1121	1,1
Junio	10109	893	0	11439	924	0			
Julio	10194	885	0,5	11360	919	1			
Agosto	11064	1023	0	11368	916	0			
Septiembre	10387	963	0	10928	913	0			
Octubre	10194	939	1	10742	892	0			
Noviembre	10136	926	0	10618	905	0			
Diciembre	10264	913	1,3	10306	890	2			
<b>TOTAL</b>	<b>122807</b>	<b>10674</b>	<b>5,8</b>	<b>131369</b>	<b>10892</b>	<b>4,5</b>	<b>55040</b>	<b>4758</b>	<b>2,1</b>

Nota: Detalle del consumo mensual y anual de combustibles fósiles en la EAAV. Emisiones directas de la huella de carbono. Martínez, 2018.

**Tabla 10.** Detalle de consumo emisiones indirectas EAAV.

Mes	2016	2017	2018
	Consumo (Kwh)	Consumo (Kwh)	Consumo (Kwh)
<b>Enero</b>	24960	26280	31200
<b>Febrero</b>	24600	24840	30000
<b>Marzo</b>	25920	27240	33840
<b>Abril</b>	39120	33840	30960

**Tabla 9.** Continuación

Mes	2016 Consumo (Kwh)	2017 Consumo (Kwh)	2018 Consumo (Kwh)
<b>Mayo</b>	27600	29400	31080
<b>Junio</b>	25200	27360	
<b>Julio</b>	27960	24360	
<b>Agosto</b>	18240	24840	
<b>Septiembre</b>	27360	27840	
<b>Octubre</b>	26880	30240	
<b>Noviembre</b>	27840	29760	
<b>Diciembre</b>	30000	30600	
<b>TOTAL</b>	<b>325680</b>	<b>336600</b>	<b>157080</b>

Nota: Detalle del consumo mensual y anual de combustibles fósiles en la EAAV. Martínez 2018.

Respecto a las emisiones indirectas se identificó el uso de energía eléctrica proveniente de la hidroeléctrica Chivor, además de 129 AEE: monitores, aires acondicionados, CPU, servidores, fotocopiadoras, scanner y teléfonos; principales fuentes de generación de dichas emisiones. En cuanto a compras, se encontró que para el 2016 se compraron 32 equipos de cómputo; en el año 2017 se realizaron compras por 30 unidades más y en el primer trimestre del 2018, se registraron 13 adquisiciones de AEE, el inventario detallado se puede observar en el Anexo 4.

### 7.2.1 Cálculo y análisis de la huella de carbono.

Para el cálculo de la HdC fue necesario convertir los valores de consumo de gasolina, ACPM o Diésel, en unidades de masa (Kg); procedimiento que requirió la conversión de L a m<sup>3</sup>, inicialmente; para ello fue indispensable multiplicar los datos obtenidos en unidades de volumen, por la densidad de cada líquido; obteniendo así los resultados en Kg, como se indica en el paso 1.

$$\text{Paso 1. } 9985\text{L} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{ L}} = 9,985\text{ m}^3 \quad | \quad 9,985\text{ m}^3 * 869,94 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 8547,16\text{ Kg}$$

Una vez convertidos los valores de consumo en unidades de masa (en el caso de ACPM y gasolina), se calculó la HdC, como producto entre las cantidades de consumo y su respectivo factor de emisión, teniendo en cuenta el GEI emitido por cada uno (ver paso 2).

#### Paso 2.

$$\text{H C (Kg GEI equ)} = 8547,16\text{ (Kg)} * 74,100\left(\frac{\text{KgGEI}}{\text{TJ}}\right)$$

$$\text{H C (Kg GEI equ)} = 633344,56\left(\frac{\text{Kg}^2\text{GEI}}{\text{TJ}}\right)$$

Teniendo en cuenta las unidades en las que debe darse HdC, se procedió a multiplicar el valor obtenido en el paso 2 por el poder calorífico de cada combustible, como se evidencia en el paso 3, por último, se realizó la conversión de Kg a toneladas (ton), determinado así la HdC en ton de GEI (Ver Anexo 5).

**Paso 3.**

$$\frac{633344,56 \left(\frac{Kg GEI}{TJ}\right) * 42.37 \left(\frac{MJ}{Kg}\right)}{\left(\frac{1MJ}{1000000TJ}\right)} = 26,83 Kg GEI * \left(\frac{1Kg}{0,001ton}\right) = 0,026 ton de GEI$$

A partir de los resultados obtenidos del Anexo 5, fue posible interpretar y estimar los porcentajes de emisión de cada GEI relacionados a su fuente generadora (Ver Figura 8 ); en este sentido, se identificó que el consumo de energía eléctrica y refrigerante (R-22) emiten en su totalidad 100% CO<sub>2</sub>; mientras que las emisiones de ACPM o Diésel están compuestas de CO<sub>2</sub> en un 57,32%, seguido de la gasolina con una emisión del 55,68%.

En cuanto a la producción de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, se obtuvieron registros 38,13 y 4,55% para ACPM y de 39,60 y 4,72% para gasolina, resaltando que la tasa de emisión del CH<sub>4</sub> es la más baja a comparación de los demás gases dada la combustión incompleta de los hidrocarburos del mismo (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992).

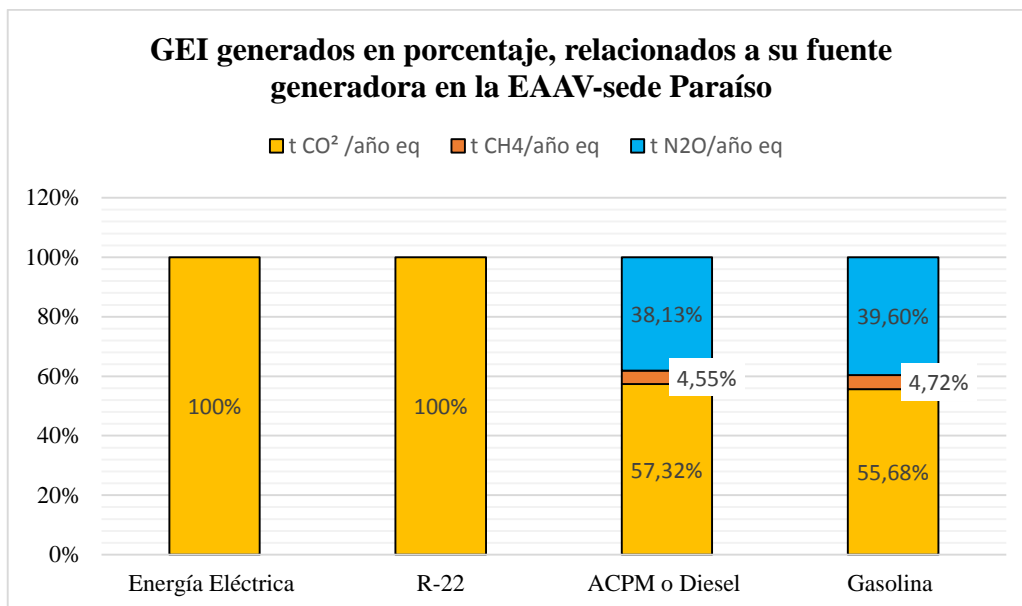


Figura 8. Gases de efecto invernadero (GEI) generados en porcentajes, relacionados a su fuente generadora en la EAAV-Sede Paraíso. Martínez, 2018.

Teniendo en cuenta que los procesos de combustión liberan pequeñas cantidades de carbono en forma de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a la atmósfera, fue necesario multiplicarlos por el PCG correspondiente a cada contaminante, para estimar las ton CO<sub>2</sub> eq, ya que estos gases se oxidan en la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992) (Ver Tabla 11).

**Tabla 11.** Cálculo de la Huella de carbono.

	ACPM o Diésel	Directa		Total	Indirecta Energía eléctrica	Total (ton CO <sub>2</sub> eq)
		Gasolina	Refrigerante			
Huella de carbono en ton CO <sub>2</sub> eq						
<b>2016</b>						
<b>Enero</b>	0,0468	0,0031	0	0,0499	4,9670	
<b>Febrero</b>	0,0470	0,0034	0,5213	0,5717	4,8954	
<b>Marzo</b>	0,0474	0,0033	0	0,0507	5,1581	
<b>Abril</b>	0,0475	0,0033	0,2606	0,3114	7,7849	
<b>Mayo</b>	0,0479	0,0032	0	0,0510	5,4924	
<b>Junio</b>	0,0474	0,0035	0	0,0509	5,0148	
<b>Julio</b>	0,0478	0,0035	0,1303	0,1816	5,5640	
<b>Agosto</b>	0,0519	0,0040	0	0,0559	3,6298	
<b>Septiembre</b>	0,0487	0,0038	0	0,0525	5,4446	
<b>Octubre</b>	0,0478	0,0037	0,2606	0,3121	5,3491	
<b>Noviembre</b>	0,0475	0,0036	0	0,0512	5,5402	
<b>Diciembre</b>	0,0481	0,0036	0,3388	0,3905	5,9700	
<b>Total (ton CO<sub>2</sub> eq)</b>	0,576	0,042	1,512	2,129	64,810	69,069
<b>2017</b>						
<b>Enero</b>	0,0482	0,0033	0	0,0515	5,2297	
<b>Febrero</b>	0,0485	0,0033	0	0,0518	4,9432	
<b>Marzo</b>	0,0488	0,0033	0,39096	0,4430	5,4208	
<b>Abril</b>	0,0493	0,0033	0	0,0526	6,7342	
<b>Mayo</b>	0,0612	0,0046	0	0,0658	5,8506	
<b>Junio</b>	0,0536	0,0036	0	0,0573	5,4446	
<b>Julio</b>	0,0533	0,0036	0,26064	0,3175	4,8476	
<b>Agosto</b>	0,0533	0,0036	0	0,0569	4,9432	
<b>Septiembre</b>	0,0512	0,0036	0	0,0548	5,5402	
<b>Octubre</b>	0,0504	0,0035	0	0,0539	6,0178	
<b>Noviembre</b>	0,0498	0,0036	0	0,0533	5,9222	
<b>Diciembre</b>	0,0483	0,0035	0,52128	0,5731	6,0894	
<b>Total (ton CO<sub>2</sub> eq)</b>	0,616	0,043	1,173	1,8316	66,9834	70,647
<b>2018</b>						
<b>Enero</b>	0,0483	0,0036	0	0,0518	6,2088	
<b>Febrero</b>	0,0474	0,0035	0,26064	0,3115	5,97	
<b>Marzo</b>	0,0480	0,0036	0	0,0516	6,73416	
<b>Abril</b>	0,0489	0,0036	0	0,0525	6,16104	

**Tabla 10.** Continuación

	ACPM o Diésel	Gasolina	Refrigerante	Total	Energía eléctrica	Total (ton CO <sub>2</sub> eq)
Mayo	0,0655	0,0044	0,286704	0,3566	6,18492	
Junio	0,0513	0,0035	0	0,0548	5,18492	
Julio	0,0515	0,0035	0,19172	0,2467	6,04185	
Agosto	0,0517	0,0035	0	0,0552	6,11974	
Septiembre	0,0519	0,0034	0	0,0553	6,19762	
Octubre	0,0521	0,0034	0,22128	0,2768	6,27551	
Noviembre	0,0523	0,0034	0	0,0557	6,35339	
Diciembre	0,0525	0,0034	0,24099	0,2969	6,43128	
<b>Total(ton CO<sub>2</sub> eq)</b>	0,621	0,043	1,201	1,8654	73,8632	77,594
<b>Total emisiones (ton CO<sub>2</sub> eq)</b>	1,813	0,128	3,886	5,826	205,657	211,484

Nota: Resultados mensuales y anuales del cálculo de la huella de carbono en ton de CO<sub>2</sub> eq, por emisiones directas e indirectas. Los valores subrayados en rojo, son los datos que fueron extrapolados para un mejor análisis. Martínez, 2018.

### 7.2.2 Emisiones directas.

Los niveles de emisiones directas se dividen en 3 fuentes generadoras: ACPM o Diésel, gasolina y refrigerante (R-22), este último empleado en los aires acondicionados, además de ser el mayor aportador de dichas emisiones con valores entre 0,13 ton CO<sub>2</sub>eq/año, durante el mes de julio-2016 y de 0,52 ton CO<sub>2</sub> eq/año en febrero-2016 y diciembre-2017 (Ver figura 9). Cabe aclarar que las emisiones estimadas para el R-22 corresponden a los meses donde se realizó recargas del refrigerante, sin embargo la emisión se genera todo el tiempo a medida que es utilizado el aire por ende se genera emisiones paulatinas, por esta razón se consideran fugitivas.

Así mismo, las altas emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el R-22 se debieron a que este refrigerante hace parte de los HFC, lo cual representa un impacto nocivo sobre el ambiente y la salud pública, por lo que en otros países su manufacturación y comercialización ha sido prohibida (Plazas, 2012).

En cuanto a las emisiones por combustibles fósiles, el ACPM tuvo mayor impacto a comparación de la gasolina (Ver Figura 9), con emisiones entre 0,0468 y 0,0655 ton CO<sub>2</sub>eq, superiores a las de gasolina < 0,004 ton CO<sub>2</sub>eq, dado que la mayoría de vehículos y maquinaria pesada pertenecientes a la EAAV utiliza este recurso, ya que es ideal para grandes vehículos que recorren largas distancias, además de generar menor consumo; sin antes mencionar que la literatura establece que es económicamente más rentable, dado su bajo costo de adquisición (Consuegra, 2017), teniendo en cuenta que la gasolina cuesta alrededor de COP \$ 8585 y el ACPM COP \$ 7969. Los precios mencionados son un promedio

ponderado mensual desde enero de 2016 hasta diciembre 2018. (Ministerio de Minas y Energía [MINMINAS], 2018). Lo anterior, es sustentado a partir de que solo 3 de los 23 vehículos que hacen parte de la flota vehicular de la entidad, funcionan a base de gasolina (Ver Anexo 3).

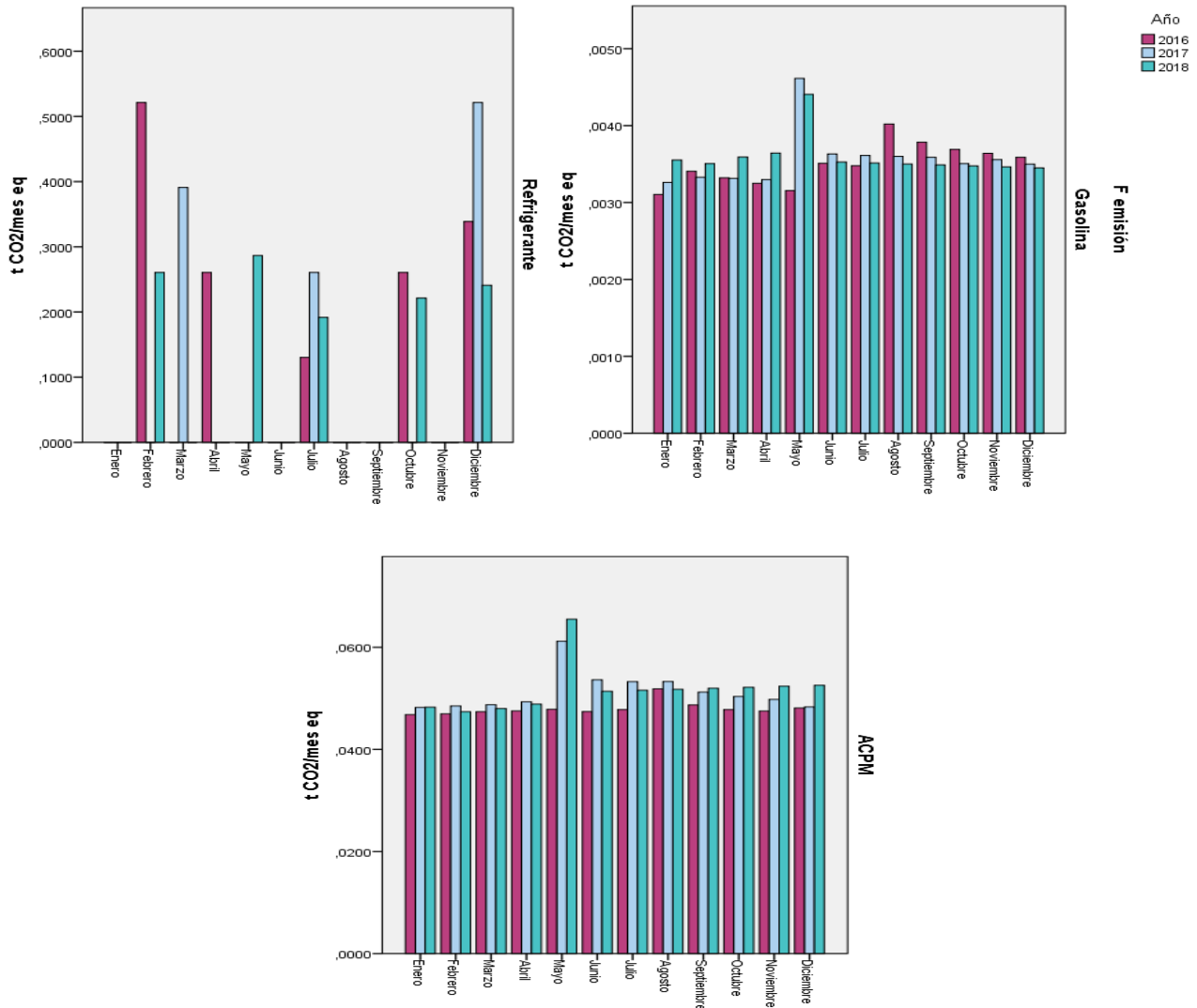


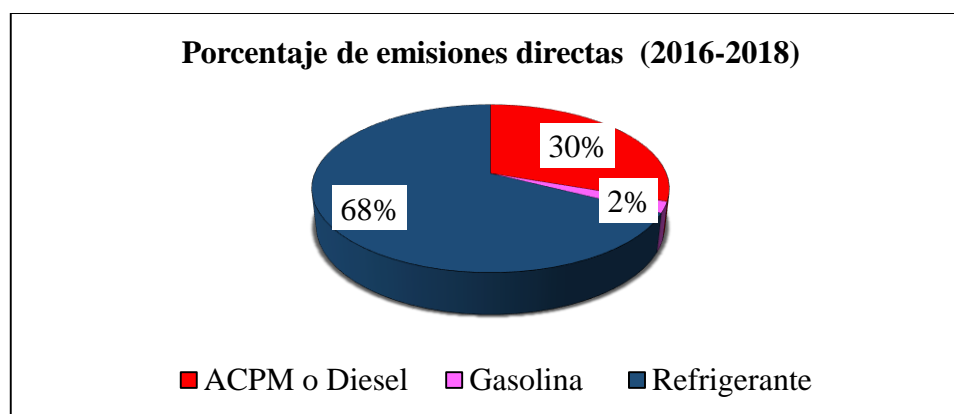
Figura 9. Huella de carbono generada por fuentes directas. Martínez, 2019.

En este contexto, la *Figura 10* y la *Tabla 12* logran establecer que el 68% de las emisiones generadas en el periodo estudiado (2016-2018), son producto del uso de R-22 en los aires con un 1,2953 ton CO<sub>2</sub> eq, seguidas del uso de ACPM con 30% equivalente a 0,6045 ton de CO<sub>2</sub> eq, ligado a que la presencia de flota vehicular que hace uso de ACPM, como se mencionaba anteriormente; finalmente, la gasolina solo representa el 2% del total de las emisiones directas, produciendo 0,0426 ton de CO<sub>2</sub> eq.

**Tabla 12.** Promedio de Emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq (emisiones directas 2016-2018).

Mes	DIRECTA			
	HdC ton CO <sub>2</sub> eq			
	ACPM o Diésel	Gasolina	Refrigerante	TOTAL
<b>Enero</b>	0,0478	0,0033	0	<b>0,0511</b>
<b>Febrero</b>	0,0476	0,0034	0,2606	<b>0,3117</b>
<b>Marzo</b>	0,0481	0,0034	0,1303	0,1818
<b>Abril</b>	0,0486	0,0034	0,0869	0,1389
<b>Mayo</b>	0,0582	0,0041	0,0956	0,1578
<b>Junio</b>	0,0508	0,0035	0	0,0543
<b>Julio</b>	0,0509	0,0035	0,1942	0,2486
<b>Agosto</b>	0,0523	0,0037	0	0,056
<b>Septiembre</b>	0,0503	0,0036	0	0,0539
<b>Octubre</b>	0,0501	0,0035	0,1606	0,2142
<b>Noviembre</b>	0,0499	0,0035	0	<b>0,0534</b>
<b>Diciembre</b>	0,0497	0,0035	0,3670	<b>0,4202</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,6045</b>	<b>0,0426</b>	<b>1,2953</b>	<b>1,9425</b>
<b>Porcentaje emisión</b>	30%	2%	68%	100%

Nota: Promedio de Emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq (emisiones directas 2016-2018). Los resultados plasmados en la tabla 11, son el producto entre el consumo y el PCG de cada gas. Martínez, 2019.



*Figura 10.* Porcentaje de HdC generada por fuentes directas (2016-2018). Martínez, 2019.

El comportamiento de las emisiones directas de la HdC durante el periodo estudiado, se ve reflejado en la *Figura 11* y Tabla 12, allí se evidencia que los meses de diciembre y febrero presentaron una mayor producción promedio total con el 18,95% y el 14,05% de ton de CO<sub>2</sub> eq durante los tres años presentaron picos de 0,202 y 0,3117 ton CO<sub>2</sub>, lo anterior es sustentado, según los Informes de Gestión 2016-2018 de la EAAV-Sede Paraíso, los cuales establecieron que en diciembre y febrero se realizaron

intensivos trabajos de campo e instalaciones de medidores, haciendo imperativo el uso de los vehículos automotores para el transporte de los funcionarios (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV] , 2018); por ende, incrementando el uso de combustibles fósiles los cuales están ligados a la HdC directa. Por otro lado, los meses donde hubo menor producción de GEI a lo largo de los años analizados, fueron enero y junio con los 2,30% y 5,185% correspondientes a 0,051 y 0,0544 ton CO<sub>2</sub>; teniendo en cuenta que el promedio que el consumo de R-22 para estos meses fue nulo, por consiguiente no se generó HdC vinculada a refrigerante, siendo éste el mayor aportador de la huella de carbono directa.

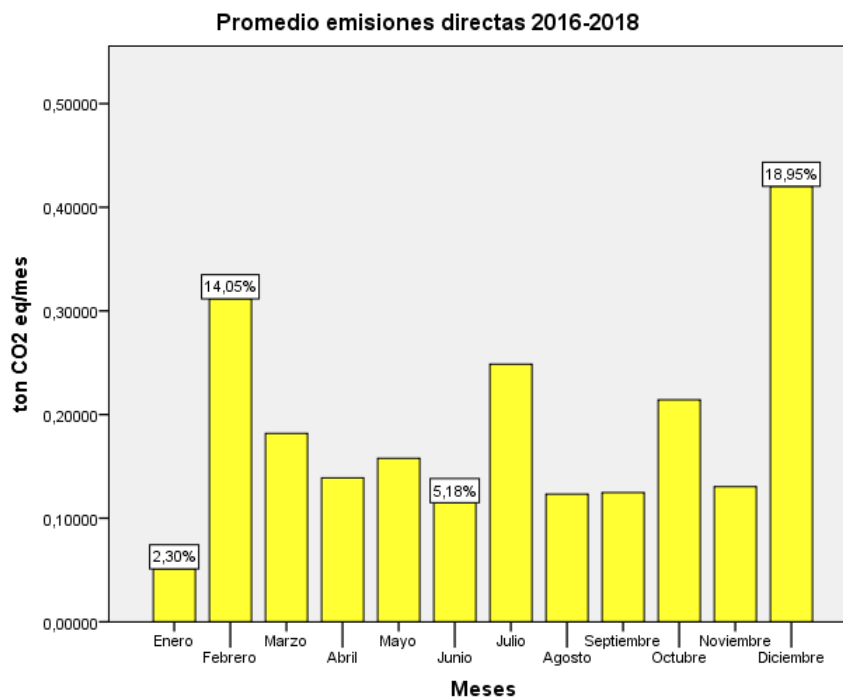


Figura 11. Emisiones directas totales (2016-2018). Martínez, 2019.

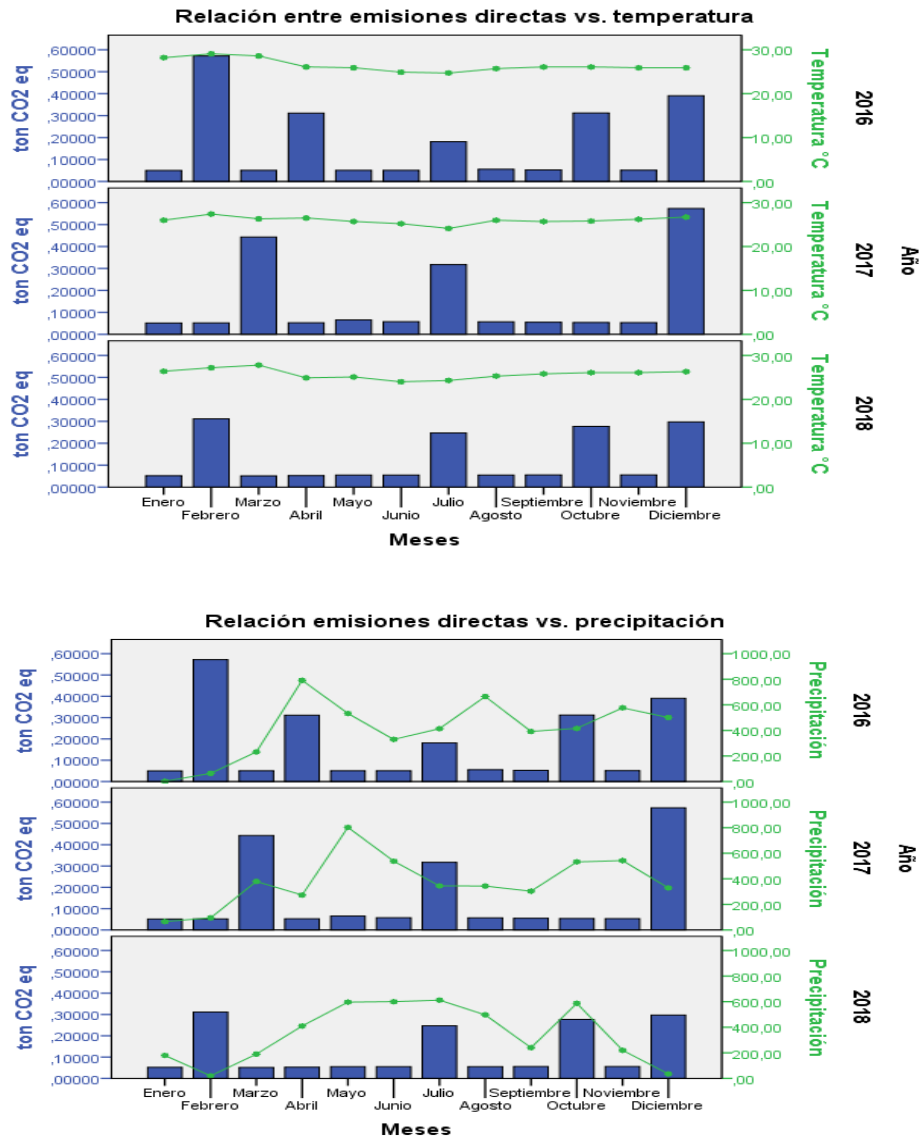


Figura 12. Relaciones variables meteorológicas vs. Emisiones directas. Martínez, 2019.

Al comparar las emisiones totales de HdC con los datos de temperatura y precipitación proporcionados por el IDEAM –año tras año-, se logró observar que en la mayoría de casos el comportamiento de las variables climáticas no incidieron sobre las ton CO<sub>2</sub> eq producidas (ver *Figura 12*); lo anterior es sustentado a partir del coeficiente de correlación de Pearson, el cual para el caso de la temperatura arrojó un nivel de significancia bilateral de 0,708; valor superior a 0,05, lo cual indica que las emisiones directas no son dependientes del comportamiento de esta. Para el caso de la precipitación, se obtuvo un valor de 0,81, reafirmando que las variables climáticas no influyen sobre el comportamiento de la HdC, sin embargo, es pertinente mencionar que durante los meses de abril,

agosto-septiembre del 2016; mayo-junio del 2017 y mayo de 2018 (ver Anexo 6), se presentaron emergencias por las fuertes lluvias que ocasionaron taponamiento en el sifón y ruptura de las tuberías de aducción de la planta abastecedora de agua del municipio, haciendo imperativo el uso de fuentes móviles de CO<sub>2</sub> debido al suministro de agua mediante camiones cisterna en el área urbana y la maquinaria de reparación empleada, siendo evidente el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a los meses anteriores y posteriores a los ya mencionados.

**Tabla 13.** *Coefficiente de correlación de Pearson-Emisiones directas.*

<b>Emisiones directas</b>		
	Temperatura	Precipitación
<b>Correlación de Pearson</b>	*0,065	*-0,42
<b>Sig. (bilateral)</b>	0,708	0,81

Nota: Coeficiente de correlación de Pearson entre emisiones directas y variables climáticas, a partir de información obtenida de IBM-SPSS Statistics. \*Variables independientes, teniendo en cuenta los intervalos de confianza para  $p$  ( $-1 \leq 0 \leq 1$ ) Martínez 2019.

### 7.2.3 Emisiones indirectas

La *Figura 13*, resume los resultados obtenidos de la HdC respecto a las emisiones indirectas generadas por el consumo de energía durante el 2016-2018, logrando evidenciar que el año base generó emisiones entre 3,62 y 7,78 ton de CO<sub>2</sub> eq correspondientes a los meses de agosto y abril, para un promedio total de 5,40 ton CO<sub>2</sub> eq /año; por otro lado, se identificó que el 2017 se produjeron emisiones entre 6,73 ton CO<sub>2</sub> eq para abril y de 4,84 ton CO<sub>2</sub> eq durante julio, demostrando un incremento en las emisiones con respecto al año anterior y un promedio de emisión de 5,58 ton CO<sub>2</sub> eq. Por otro lado, los primeros 5 meses del 2018 reflejaron que las producciones de CO<sub>2</sub> aumentaron 0,12% en comparación a los años anteriores con un promedio de emisión mensual de 6,2 ton CO<sub>2</sub> eq, a excepción de abril-2016 donde las emisiones fueron superiores para los 3 años en estudio. Los valores extrapolados de junio a diciembre, supusieron un incremento en la generación de HdC, con respecto a los meses de los años anteriores; en este sentido, fue posible afirmar que del año base hasta el año estudiado, la HdC ha ido creciendo y el año más crítico, fue el 2018.

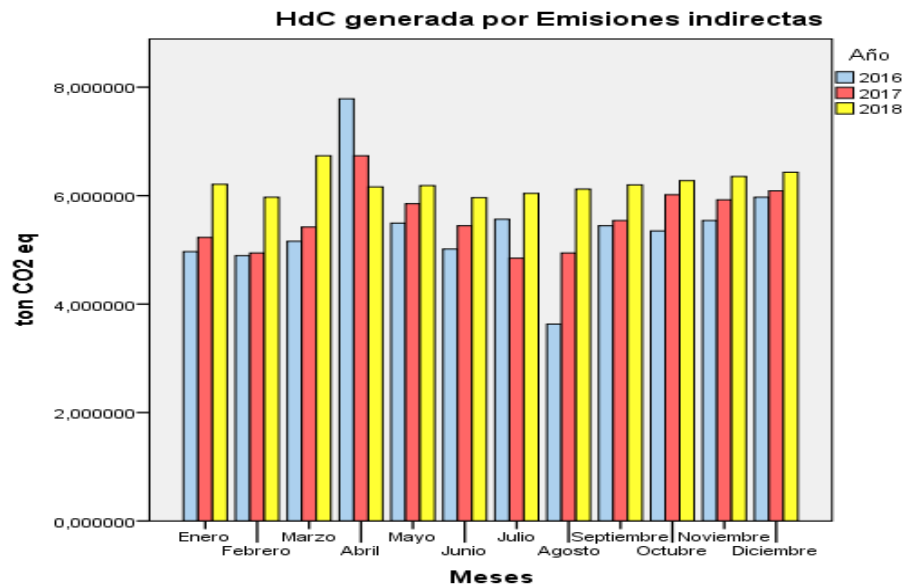


Figura 13. Total de emisiones indirectas mensuales en ton CO<sub>2</sub> (2016-2018.) Martínez, 2019.

La mayor producción de emisiones indirectas se presentó en el mes de abril, durante el periodo evaluado, teniendo en cuenta que para esta época se instalan los nuevos equipos de AEE, adquiridos meses anteriores, incrementando notablemente el consumo eléctrico y por ende, la generación indirecta de CO<sub>2</sub> eq.

Respecto al comportamiento de la precipitación y la temperatura en relación con las emisiones indirectas, se evidenció que, como en las emisiones directas, estas no influyen en la HdC; así, se obtuvo un nivel de significancia bilateral por medio de la correlación de Pearson  $>0,05$  (ver Tabla 14).

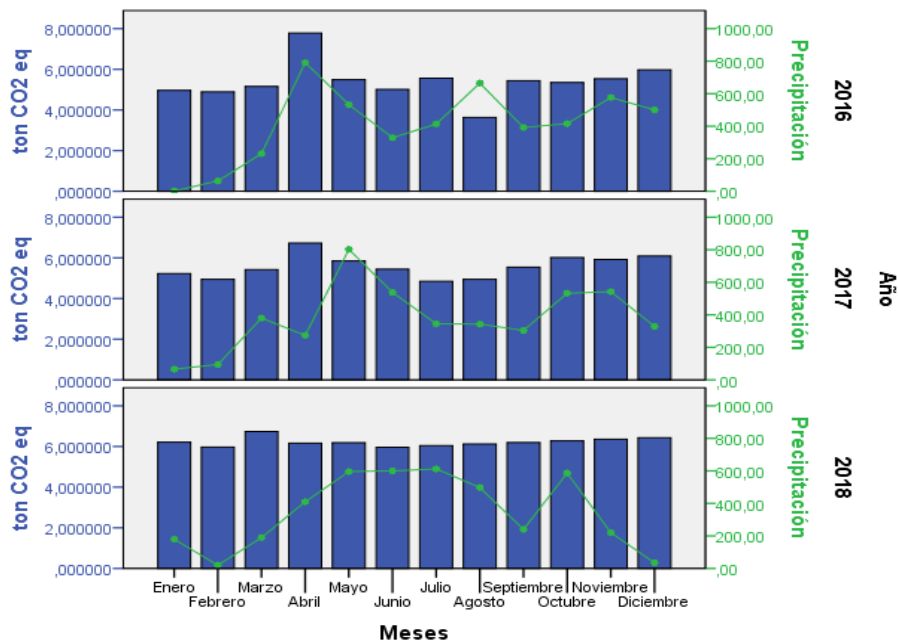
De otro modo, fue posible establecer que, aunque la tasa de liberación de HdC por consumo eléctrico, aumenta o disminuye dependiendo el comportamiento de ambas variables meteorológicas, este caso no es así, pues la relación entre las variables climáticas y la liberación de HdC sólo se ve reflejada a nivel global y no de forma puntual (Espíndola & Valderrama, 2012a), lo cual es apreciable en la *Figura 14 - Figura 15* y se corroboró con Pearson. Sin embargo, el uso del aire acondicionado que como se mencionó con anterioridad incrementa cuando la temperatura en la ciudad aumenta -según la encuesta aplicada a los funcionarios-, la hora del almuerzo es común encontrar este AEE encendido en las oficinas, puesto que permite que cuando lleguen los funcionarios encuentren su sitio de trabajo con un clima agradable y no caliente por la temperatura de la ciudad, influyendo en el consumo de energía eléctrica y por ende en las emisiones indirectas. Lo anterior sustentado a partir del diagnóstico de la

situación actual y la recolección de información primaria, que permitió identificar las prácticas de uso de los trabajadores.

**Tabla 14.** *Coefficiente de correlación de Pearson.*

<b>Emisiones Indirectas</b>		
	Temperatura	Precipitación
<b>Correlación de Pearson</b>	0,074	0,161
<b>Sig. (bilateral)</b>	0,668	0,348

Nota: Coeficiente de correlación de Pearson entre emisiones indirectas y variables climáticas, a partir de información obtenida de IBM-SPSS Statistics. \*Variables independientes, teniendo en cuenta los intervalos de confianza para  $p$  ( $-1 \leq 0 \leq 1$ ) Martínez 2019.



*Figura 14.* Relación precipitación vs. Emisiones indirectas. Martínez, 2019.

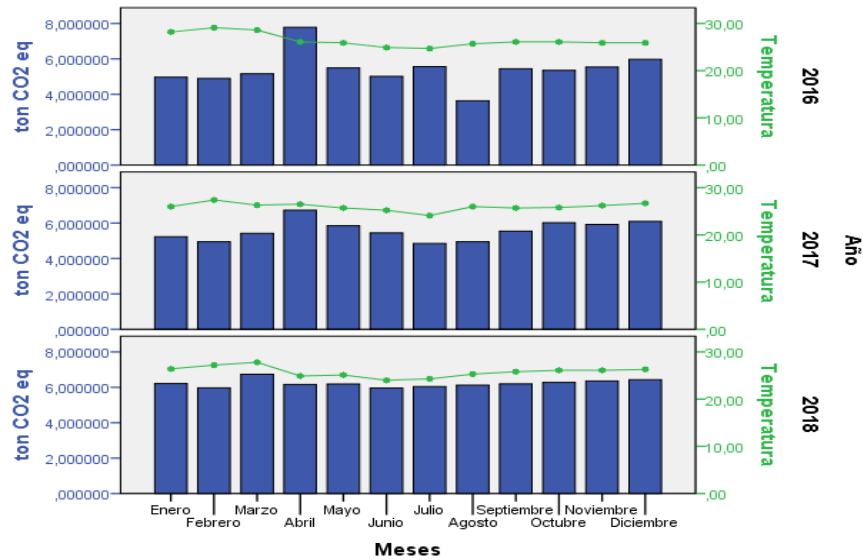


Figura 15. Relación temperatura vs. Emisiones indirectas. Martínez, 2019.

#### 7.2.4 Análisis de las emisiones.

En la *Figura 16* se observa que las emisiones indirectas generan mayores cantidades de HdC en el año, con totales de emisión de 64,8103; 66,9834 y 74,6423 ton CO<sub>2</sub> eq/año, para los años 2016, 2017 y 2018, en comparación a las emisiones directas que presentaron valores de 2,1294; 1,831 y 1,8663 ton CO<sub>2</sub> eq/año, respectivamente. En este sentido, fue posible afirmar que el 97,14% de las emisiones son indirectas dadas el consumo de energía eléctrica en la entidad y que existe una variación porcentual anual del 0,03% entre el 2016 y el 2017.

En cuanto al 2018, se generó una HdC mayor a los otros periodos calculados, dado los cinco primeros meses del año y los valores extrapolados para el resto del año, fueron superiores en comparación con los otros años (ver Tabla 11), estableciendo que la HdC incrementó un 15% para las emisiones indirectas desde el 2016-2018 y un 12% en las emisiones directas.

Estos resultados, fueron contrastados con otros estudios del cálculo de la HdC, donde se halló que el 70% de las emisiones eran indirectas alusivas a la producción de acero y tan solo el 0,0019% al uso de gasolina (Santillán, 2014); otro caso presentó que el 75,71% de HdC correspondían al alcance 2 – consumo energético- y el 5,74% a refrigerantes, 0,65% al consumo de gasóleo, 17,20% a uso de gas y el 0,70% a consumo de otros combustibles, correspondientes al alcance 1, permitiendo afirmar que las emisiones indirectas presentan mayor impacto en la generación De HdC (Toro, y otros, 2014).

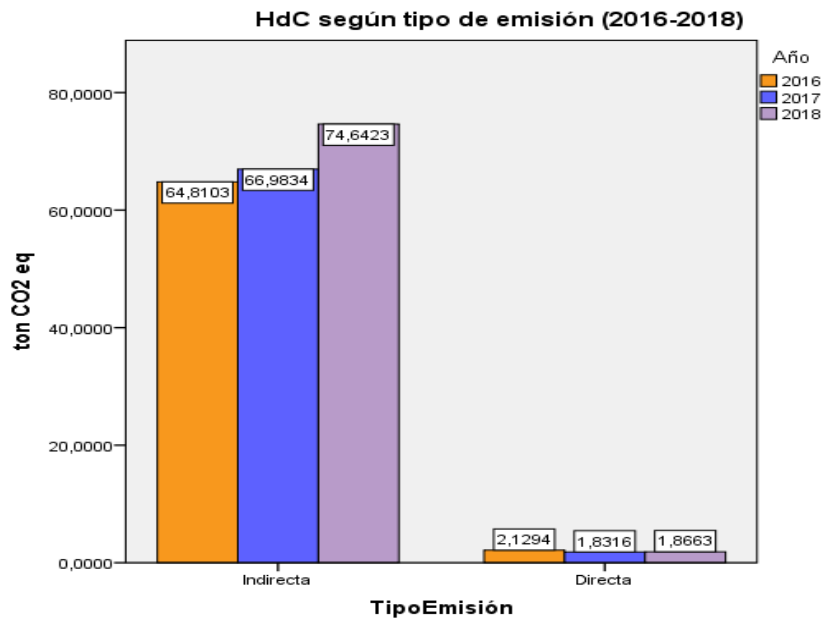


Figura 16. Porcentajes de HdC por tipo de emisión. Martínez, 2019.

De otro modo, fue posible concluir que existe una relación entre las emisiones directas e indirectas dado que el consumo eléctrico es un recurso necesario para el funcionamiento de los aires acondicionados de la entidad, los cuales como se mencionó con anterioridad, requieren del uso de R-22, incrementando los niveles de HdC ton CO<sub>2</sub> eq en ambos tipos de emisión.

### 7.3 Estrategias de mitigación y/o compensación

Con el fin de proponer acciones que compensen o mitiguen los impactos vinculados a la HdC generada por la EAVV durante los últimos 3 años relacionados a sus actividades de servicio, se generaron algunas estrategias de reforestación y buenas prácticas de consumo; esta última, con base en la Ley 687 del 2001 y en general apoyados en el Decreto 298 del 2016; promoviendo la conservación y recuperación de los recursos naturales, enfocados en la sostenibilidad del recurso hídrico a nivel municipal, además de proyectar acciones de responsabilidad socio-ambiental empresarial.

Es importante mencionar que las acciones propuestas a continuación referentes al consumo responsable no hacen referencia a “prohibir su uso”; por otro lado, representan una visión más racional del uso de los recursos en la prestación de sus servicios; con ello, las finalidades de éstas están enfocadas a la reducción del porcentaje de la HdC generada en el periodo 2016-2018, sin tener cuenta emisiones futuras.

Es este sentido, se hace primordial promover programas de educación ambiental enfocados a prácticas de consumo sostenible y amigable con el ambiente. El desarrollo de dichas actividades deberá tener una frecuencia prácticamente constante, para que los empleados tengan un proceso de retroalimentación continuo y logren poner en práctica lo aprendido con sus labores diarias.

Las fichas 1, 2, 3 y 4 identifican las actividades a ejecutar durante jornadas de capacitación al personal de la EAAV, que proveen la información necesaria para su implementación; además, promueven las prácticas corporativas hacia un consumo responsable incentivando y potencializando las compras sostenibles y la reducción de AEE innecesarios. Lo anterior teniendo en cuenta las deficientes respuestas de consumo responsable obtenidas durante el proceso de recopilación primaria, que permitieron identificar que era poco o nulo.

---

**Ficha °1**


---

Programa de educación y sensibilización sobre las prácticas de consumo sostenibles.

---

**Impactos potenciales**

- Acumulación y generación de RAEE
- Contaminación atmosférica.
- Incremento en la HdC generada.

**Actividades generadoras del efecto**

- Consumo innecesario de energía eléctrica
  - Uso y consumo de combustibles fósiles
  - Consumo de refrigerantes
  - Compra de equipos de AEE convencionales.
  - Desinformación sobre consumo sostenible y prácticas amigables con el medio ambiente.
- 

**Propuesta**

Capacitar y sensibilizar el personal administrativo de la EAAV sede Paraíso acerca de prácticas de consumo sostenible que reduzcan las emisiones de gases por el consumo de eléctrico, de combustibles fósiles y de gas; resaltando los impactos potenciales sobre el ambiente si no se llevan a cabo.

---

**Tipo de medida a ejecutar**

Control	Prevención	Mitigación	Compensación
X	X		

---

**Actividades propuestas**

- Presentar los resultados obtenidos durante el presente estudio a la EAAV, con el fin de dar a conocer la HdC generada durante la prestación de sus servicios.
  - Realizar charlas acerca de la concientización del uso adecuado del recurso energético y promover el uso de energías renovables.
  - Explicar los impactos asociados a la huella de carbono y las consecuencias que traería no intervenir a tiempo.
  - Promover la correcta disposición de RAEE en la entidad, ubicando puntos de reciclaje para su posterior proceso de aprovechamiento o re-uso.
- 

**Responsables****Punto de aplicación**

- |                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| - Departamento Ambiental- EAAV | EAVV -Sede paraíso |
|--------------------------------|--------------------|
- 

**Costo aproximado**

Para un periodo de un año se estiman alrededor de 3 capacitaciones cada 4 meses a inicio, mediados y final del año, el personal que realice la capacitación será del departamento ambiental de la EAAV y los costos asociados a estas actividades, no son adicionales ya que serían incluidos dentro de sus funciones.

---

---

**Ficha °2**


---

Incentivar y potencializar las compras sostenibles.

---

<b>Impactos potenciales</b>	<b>Actividades generadoras del efecto</b>
- Altas emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera	- Consumo innecesario de energía eléctrica
- Contaminación atmosférica	- Consumo de combustibles fósiles tradicionales
- Afectaciones a la salud pública	- Consumo de refrigerantes
- Pérdida de la calidad del aire	- Compra de equipos de AEE convencionales.
- Acumulación y generación de RAEE	- Desinformación acerca de compras sostenibles.
- Ciclo de vida de útil menos extenso de AEE e incremento económico.	- Ineficiente gestión de RAEE

---

**Propuesta**

---

Incentivar y potencializar compras sostenibles, desde el combustible fósil hasta los AEE, generando protocolos internos de manejo de AEE y RAEE, comprando a empresas que reciban los AEE una vez se cumpla su vida útil aplicando la responsabilidad extendida al producto, priorizando tecnologías con sello de eficiencia energética.

---

**Tipo de medida a ejecutar**

---

Control	Prevención	Mitigación	Compensación
	X	X	

---

**Actividades propuestas**

---

- Selección y priorización de los bienes a adquirir: Sustituir el uso de ACPM y gasolina por un biocombustible como bioetanol o biodiésel a partir de materias primas orgánicas como el maíz, trigo, desechos sólidos, la palma o soja, ya que generan menor emisión de GEI, ofertan una mejora en el rendimiento de la flota vehicular y no son tóxicos en el ambiente.
  - Elegir productos que su funcionamiento y mantenimiento requiera el mínimo consumo de agua, energía y genere bajos niveles de residuos y emisiones.
  - Utilizar equipos de AEE de segunda mano, es decir, repararlos, realizar intercambios entre departamentos de la EAAV, reutilizar partes de equipos que hayan sido dado de baja en equipos funcionales que lo requieran.
  - Promocionar e incentivar a los empleados que utilicen bicicleta, carro compartido y transporte público para ir a trabajar como bonos o descuentos en el recibo del agua.
  - Evitar al máximo el uso de sustancias peligrosas como baterías de litio, el uso de pinturas o barnices a base de plomo y sus derivados y el uso de bombillas incandescentes.
  - Crear convenios con empresas proveedoras de servicios o productos que se encuentren debidamente acreditados por su sostenibilidad social y ambiental bajo la ISO 14020.
- 

<b>Responsables</b>	<b>Punto de aplicación</b>
EAAV	EAAV -Sede paraíso

---

**Costo aproximado**

---

No implicaría un costo adicional, por lo menos lo de compra sostenibles, pues son funciones que todos los trabajadores existentes deben incorporar en su gestión, a no ser que implique una persona adicional, en este sentido sería el valor de un salario al mes.

---

---

**Ficha °3**


---

Reducción del uso innecesario de artículos o equipos eléctricos

---

**Impactos potenciales**

- Contaminación atmosférica
- Afectaciones a la salud pública
- Pérdida de la calidad del aire
- Acumulación y generación de RAEE
- Ciclo de vida de útil menos extenso de AEE e incremento económico.

**Actividades generadoras del efecto**

- Consumo innecesario de energía eléctrica
  - Uso y consumo de combustibles fósiles
  - Consumo de refrigerantes
  - Compra de equipos de AEE a base de carbón.
  - Desinformación acerca de compras sostenibles.
- 

**Propuesta**

Reducir las emisiones de gases por el consumo de electricidad disminuyendo el uso innecesario de AEE en la empresa, reincorporando las partes útiles de los equipos obsoletos a otros en la prestación de sus servicios

---

**Tipo de medida a ejecutar**

Control	Prevención	Mitigación	Compensación
X		X	

---

**Actividades propuestas**

- Aprovechamiento de la luz natural y de la infraestructura de la empresa, sustituyendo el adhesivo polarizado de color negro por adhesivo de color blanco o abriendo en el techo claraboyas e instalar adhesivo blanco para que no penetre la luz directamente y cause molestias o calentamiento.
  - Instalación de sensores de movimiento en el alumbrado exterior e interior; permite el apagado de la iluminación exterior con luz diurna.
  - Cambiar el uso de lámparas de sodio de baja presión en la iluminación exterior.
  - Mantenimiento constante de iluminación para prevenir el cambio repetitivo de lámparas y luminarias.
  - Sustitución progresiva de bombillas tradicionales por unas que consuman menos Kw/h como los tubos fluorescentes.
  - Evitar mantener encendido los monitores durante periodos de ausencia extensos, configurando las pantallas para que estén encendidas sólo durante su uso.
- 

**Responsables**

- EAAV

**Punto de aplicación**

EAVV -Sede paraíso

---

**Costo aproximado**

Adhesivo polarizado color blanco 30 m x 1,5 cm = COP \$400000  
 Poste Solar Sensor LED 70Cm x unidad= COP\$129000

---

<b>Ficha °4</b>			
Programa de climatización			
<b>Impactos potenciales</b>		<b>Actividades generadoras del efecto</b>	
- Aumento significativo de las emisiones de huella de carbono.	- Incremento en el consumo energético.	- Afectación a la calidad del aire.	- Consumo exagerado de energía eléctrica
			- Consumo de refrigerantes altamente nocivos para el medio ambiente y la salud pública.
			- Desinformación acerca de compras sostenibles.
<b>Propuesta</b>			
Construir un programa de climatización que reduzca las emisiones de huella de carbono generada por el uso de aires acondicionados y refrigerantes en la entidad, apostándole al consumo de refrigerantes ecológicos y el aprovechamiento de la infraestructura.			
<b>Tipo de medida a ejecutar</b>			
Control	Prevención	Mitigación	Compensación
X		X	
<b>Actividades propuestas</b>			
- Proponer un horario para encender los aires acondicionados teniendo en cuenta las variables climáticas de Villavicencio.			
- Instalar un termostato que mida la temperatura del área específica ya que reducen el consumo eléctrico, evitando sobrepasar los 20 °C.			
- Hacer cambio del uso de R-22 por un refrigerante ecológico.			
<b>Responsables</b>		<b>Punto de aplicación</b>	
- EAAV		EAVV -Sede paraíso	

En cuando a medidas compensatorias de emisiones, inicialmente se propone llevar a cabo actividades de reforestación con especies vegetales nativas en las principales cuencas y microcuencas abastecedoras del recurso hídrico en la entidad (Ver Tabla 14), para que actúen como sumideros de CO<sub>2</sub>, teniendo en cuenta que son capaces de fijar y almacenar carbono para el crecimiento de los árboles, además de promover la recuperación de ecosistemas intervenidos (Santillán, 2014); sin antes mencionar que 1 Km<sup>2</sup> de bosque genera alrededor de 1000 ton de oxígeno, liberado mediante el proceso de fotosíntesis (Ecoescuela CPR ADERAN I, 2009), además la reforestación contribuiría a la disminución del riesgo de remoción en masa y taponamiento de las redes instaladas en la parte alta de las cuencas. Por lo que el servicio de suministro de agua sería permanente y disminuiría la probabilidad de tener que distribuir agua en camiones cisterna por daños ocasionados a la red.

**Tabla 15.** Cuencas y microcuencas a restaurar como sumideros de CO<sub>2</sub>.

<b>Cuencas y microcuencas</b>
Caño Maizaro
Quebrada La Linda
Rio Guatiquía – sector Bavaria
Caño Buque
Caño Blanco

Nota: Cuencas y microcuencas a restaurar como sumideros de CO<sub>2</sub>. Adaptado de EAAV, 2016.

Posteriormente con base a la capacidad de remoción de CO<sub>2</sub> por cada especie y aplicando la ecuación 3, se logró establecer que para compensar las 211,484ton de CO<sub>2</sub> eq provocadas por las emisiones directas e indirectas generadas desde el año base (2016) hasta los 2018, se deben sembrar alrededor de 1083 árboles (Ver Tabla 16).

**Tabla 16.** Cantidad de carbono fijado por cantidad de árboles.

	<b>Nombre científico</b>	<b>R ton CO<sub>2</sub></b>	<b>HdC ton CO<sub>2</sub></b>	<b># Árboles</b>
<b>Refrigerante</b>	<i>Cedrela odorata</i>	0,11	3,886	35
<b>ACPM - Gasolina</b>	<i>Acacia spp.</i>	0,1	1,941	19
<b>Energía Eléctrica</b>	<i>Piptadenia alpacifolia</i>	0,2	205,657	1028
<b>Total</b>				1083

**Nota:** Cantidad de carbono fijado por cantidad de árboles. No se tuvo en cuenta la RCO<sub>2</sub>/ha ya que primero se deben obtener los permisos necesarios para un proceso de reforestación por parte de las autoridades competentes. Adaptado de Díaz & Velásquez, 2015.

La ficha 5, engloba las actividades a ejecutar durante el proceso de reforestación por parte de la entidad, asimismo relaciona los responsables, punto de aplicación y los costos asociados referentes a su implementación.

<b>Ficha °5</b>			
Programa de reforestación			
<b>Impactos potenciales</b>		<b>Actividades generadoras del efecto</b>	
- Contaminación atmosférica.		- Consumo innecesario de energía eléctrica.	
- Afectación a la salud pública.		- Consumo de refrigerantes.	
- Perdida de la calidad del aire.		- Uso y consumo de combustibles fósiles.	
<b>Propuesta</b>			
Realiza actividades de reforestación activa con especies nativas como medida compensatoria y de mitigación que permita reducir la tasa de emisión de huella de carbono (ton CO <sub>2</sub> eq) por consumo eléctrico, combustibles fósiles y de gas por el funcionamiento la EAAV.			
<b>Tipo de medida a ejecutar</b>			
Control	Prevención	Mitigación	Compensación
		X	X
<b>Actividades propuestas</b>			
- Reconocimiento, socialización de áreas a reforestar	selección y	- Resiembra	
- Aislamiento de áreas a reforestar		- Material vegetal	
- Establecimiento		- Mantenimiento	
- Preparación del terreno		- Seguimiento y control	
- Trazado		- Asistencia técnica	
- Plateo y Ahoyado		- Presentación de informes de avance	
- Aplicación de fertilizantes			
- Siembra			
<b>Responsables</b>		<b>Punto de aplicación</b>	
- Los responsables de la actividad propuesta sería una empresa contratista dado que la entidad no cuenta con el personal capacitado para esto y la maquinaria necesaria para llevar a cabo la reforestación		Cuencas y microcuencas de la EAAV	
<b>Costo aproximado</b>			
El costo aproximado de las plántulas es de 1209 x Unidad = COP\$1'309.347 árboles entre 20 y 40 cm de alto.			
El transporte de las plántulas oscila en un valor de COP \$83000 por viaje, dado la ubicación y el difícil acceso a los predios. La cantidad de recorridos para llevar los arboles dependerá del tamaño que sean adquiridos.			
El costo de la jornada de siembra se determinó contemplando el precio que normalmente cobra un jornal por su trabajo en el campo, siendo de COP \$ 45000 por día trabajado, la cantidad de jornales depende del área (ha) a sembrar.			

## 8. Conclusiones

El inventario de emisiones de gases de efecto invernadero a partir de los alcances 1 y 2 del GHG Protocol, permitió concluir que el consumo de refrigerantes, combustibles fósiles como gasolina, ACPM o Diésel y la energía eléctrica producen CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, generados principalmente por las ineficientes prácticas de consumo en la entidad, teniendo en cuenta que tan sólo el 44,64% de funcionarios hace uso de la infraestructura para ventilación, el 32,31% aprovecha la luz solar y sólo el 42,02% verifica que los AEE estén apagados terminada su jornada laboral. De otro modo, se identificó el 38,46% de los empleados conoce acerca de la Huella de Carbono como cuantificador de emisiones, concluyendo, que la mayoría de ellos desconoce que el desarrollo de sus actividades genera emisiones nocivas al ambiente.

A partir de los valores obtenidos del cálculo de la HdC se logró afirmar que la mayor fuente de generación de emisiones proviene del consumo de energía eléctrica y el uso de refrigerante (R-22) con 205,657 y 3,886 ton de CO<sub>2</sub> eq para el periodo 2016-2018; resaltando que de 211,484ton de CO<sub>2</sub> totales, el 97,61% está ligado a emisiones indirectas y el 2,75% a emisiones directas, siendo el 2018 el año de mayor producción con 77,594ton de CO<sub>2</sub> eq; de igual manera el periodo estudiado presentó una tasa de variación del 15% para emisiones indirectas y el 12% para directas; cabe resaltar que según la correlación de Pearson y los análisis realizados a partir de gráfico y la HdC calculada, las variables climáticas no tienen ningún efecto sobre la HdC generada en la EAAV, permitiendo concluir que las emisiones aumentan o disminuyen por factores externos al clima.

Con base en los resultados obtenidos de la huella de carbono y la identificación de las prácticas de consumo en la empresa, se logró establecer la importancia de implementar estrategias ligadas a la prevención, mitigación y/o compensación de estas emisiones, promoviendo la conservación y cuidado del ambiente, a través de programas de educación y sensibilización del consumo responsable, potencializando e incentivando compras sostenibles, la reducción del uso innecesario de AEE y la compensación de emisiones mediante actividades de reforestación con especies nativas que actúen como sumideros de CO<sub>2</sub> en las cuencas abastecedoras de agua potable de la entidad; esta última además, útil para prevenir posibles emergencias a futuro ocasionadas por fenómenos de remoción en masa y taponamiento de las redes instaladas.

## 9. Recomendaciones

- Se sugiere a la EAAV, establecer un mejor control de los datos de actividad por año, puesto que no se tiene claro el consumo de ACPM y gasolina por km recorrido, el consumo de energía eléctrica y el consumo de refrigerante por cada área, teniendo en cuenta que son datos necesarios durante el cálculo de la huella de carbono, de igual manera tener en cuenta los consumos de energía de la PTAP y fuentes alternas, lo cual contribuiría a identificar las áreas y sedes de mayor consumo en la entidad, mejorar el proceso de toma de decisiones, optimizar el consumo de estos recursos, permitiendo un mayor control para el seguimiento y evaluación de la huella de carbono.
- Se le aconseja a la empresa realizar un estudio de viabilidad para la implementación de paneles solares aprovechando la luz solar y la infraestructura de la entidad, con el fin de poder reducir los consumos de energía eléctrica proveniente de fuentes convencionales, el cual es el mayor generador de la huella de carbono en la entidad.
- Al área de sistemas de la EAAV, se le recomienda desarrollar una aplicación que permita seguir con los cálculos de la huella de carbono generada por la entidad, para tener un mayor seguimiento y control de las emisiones, mejorando los procesos de gestión ambiental en la EAAV con las estrategias de prevención, mitigación y/o compensación propuestas en el presente trabajo.
- En cuanto a los procesos de reforestación propuestos para la entidad se recomienda tener en cuenta para acciones futuras el conocimiento del área (ha) a reforestar en las cuencas y micro-cuencas para llevar a cabo la compensación de las emisiones generadas, no obstante es necesario adquirir previamente el permiso de la autoridad ambiental competente para llevar a cabo esta actividad.
- Para futuros trabajos relacionados con el cálculo de la huella de carbono, se les sugiere tener en cuenta el alcance 3 del GHG Protocol, puesto que puede ser de gran relevancia en los análisis de los cálculos y la optimización de diferentes recursos como el agua y papel que consuman las entidades en su labor diaria.

## 10. Bibliografía

- Aceite Vegetal Puro del LLano. (2015). *Gestión ambiental*. Obtenido de Página Oficial de Aceite Vegetal Puro del LLano: <http://www.delllano.com/responsabilidad-social>
- Adimen Investigación. (S.f de S.f de S.f). *Adimen Investigación*. Obtenido de <http://www.adimen.es/55/panoramica.aspx?slide=0>
- Andrade, H., Arteaga, C., & Segura, M. (2017). *Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima*. Ibagué: Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria (18)1:103-112.
- Benavides, H., & León, G. (2007). *Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. Nota Técnica 008-2007.
- Buitrago, D., Cabrera, M., Cardona, M., Castillo, S., Duarte, M., Gutiérrez, M., . . . Rodríguez, J. (2007). *Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*. Colombia: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Chacón, I., Pinzón, A., Ortegón, L., & Rojas, S. (2016). Alcance y gestión de la huella de carbono como elemento dinamizador del branding por parte de empresas que implementan estas practicas ambientales en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 278-289.
- Chaple, M., & Hernández, J. (2005). *Ciencias geográficas y gestion ambiental: Un proceso interactivo para el desarrollo sostenible* . La Habana, Cuba: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente .
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2010). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para America Latina*. Francia: División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos.
- Concejo Municipal de Villavicencio. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Villavicencio. Componente general*. Villavicencio, Meta. Obtenido de [http://villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/POT\\_2015\\_Componente%20General%20POT.pdf](http://villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/POT_2015_Componente%20General%20POT.pdf)

- Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (2016). *Las lluvias escasas aumenta la liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en ecosistemas semi-áridos*. España: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.
- Consuegra, S. (2017). *Guía de estudio y asignatura motores Diesel*. Soledad: Instituto tecnológico de Soledad-Atlántico-ITSA.
- Coordinación de sistemas de manejo ambiental de la Secretaría de desarrollo sustentable de la UANL. (2016). *Categorías de fuentes emisoras y gases de efecto invernadero (GEI)*. Nuevo León, Mexico: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Corporación Ambiental Empresarial y Cámara de Comercio de Bogotá [CAEM]. (2015). *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa versión 4*. Bogotá.
- Decreto 298. (24 de 02 de 2016). *Alcaldía de Bogotá D.C.* Obtenido de Página de Alcaldía de Bogotá: <http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=68173>
- Del Águila, D. (2013). *Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la industria cerámica*. Ladrillo, España: Universidad Carlos III de Madrid. Trabajo de pregrado.
- Díaz, B., & Velásquez, L. (2015). Análisis de captura de carbono en seis especies forestales nativas (3 esciofitas-3 heliofitas) plantadas con fines de restauración en el Parque Ecológico La Poma (PEP). *MUTIS*, 5(7), 46-54.
- Ecoescuela CPR ADERAN I. (2009). *Los bosques: sumidores de CO<sub>2</sub>*. Andalucía, España.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV]. (2018). *Informe de Gestión 2016-2018*. Villavicencio, Meta: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV].
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAB-ESP]. (2016). *Plan de manejo de huella de carbono*. Obtenido de Página Oficial: [https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2016ag/huella2016/Plan\\_Manejo\\_Huella\\_CarbonoEAB\\_2015\\_2018.pdf](https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2016ag/huella2016/Plan_Manejo_Huella_CarbonoEAB_2015_2018.pdf)
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV]. (2015). *Plan Institucional de Gestión Ambiental PIGA*. Villavicencio-Meta: Departamento de Ambiental EAAV.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV]. (2016). *Estudio técnico de compensación por concesiones y permisos ambientales otorgados a la EAAV*. Villavicencio-Meta: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio.

- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio [EAAV]. (2016). *Plan Institucional de Gestión Ambiental: Política Ambiental*. Villavicencio.
- Empresa de Servicios Públicos de Medellín [EPM]. (9 de Enero de 2013). *Medidas para la sostenibilidad ambiental y social del parque eólico Jepírachi*. Medellín, Colombia. Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/Portals/5/documentos/MEDIDAS\\_PARA\\_LA\\_SOSTENIBILIDAD\\_AMBIENTAL\\_Y\\_SOCIAL\\_DEL\\_PARQUE\\_EOLICO\\_JEPIRACHI.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/5/documentos/MEDIDAS_PARA_LA_SOSTENIBILIDAD_AMBIENTAL_Y_SOCIAL_DEL_PARQUE_EOLICO_JEPIRACHI.pdf)
- Empresa de Servicios Públicos de Medellín [EPM]. (2014). Publicación Especializada en la Gestión de servicios públicos. *Revista EPM*, 28.
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012a). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176.
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012b). Huella del Carbono. Parte 2: La Visión de las Empresas, los Cuestionamientos y el Futuro. *Información tecnológica*, 23(1), 177-192.
- Federacion Nacional de Cafeteros. (Marzo de 2013). *Al grano, Noticias e informacion que lo acercan al mundo cafetero*. Obtenido de <https://www.federaciondecafeteros.org/algrano-fnc-es/>
- Garcia, C., Vallejo, G., Higgins, L., & Escobar, E. (2016). *El pla de Paris: Asi va Colombia frente al cambio climático*. Cali : wwf-Colombia .
- GHG Protocol Initiative Team. (2003). *The Greenhouse Gas Protocol*. World business council for sustainable development.
- Gómez, C. (2013). *Desarrollo sostenible: Conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación*. Cuba: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y Cultura [UNESCO]. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>
- González, A., & Carlsson, A. (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: El sector agropecuario. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11.
- Gutierrez, J., & Sánchez, L. (2009). *Impacto Ambiental*. Universidad los Angeles de Chimbote.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero- Colombia*. Bogotá D.C: Puntoaparte Bookvertising.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2006). *Guidelines for National GreenHouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES).

Jurado, C., & Lizcano, Y. (2015). *Determinación de la Huella de Carbono en el aeropuerto internacional el Dorado a la luz del protocolo GreenHouse Gas (GHG)*. Bogotá, Colombia: Universidad Libre. Trabajo de posgrado .

Ley 629. (17 de 12 de 2000). *Aprobación del Protocolo de Kyoto*. Obtenido de Congreso de Colombia: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0629\\_2000.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0629_2000.html)

Ley 697. (10 de 03 de 2001). *Alcaldía de Bogotá D.C.* Obtenido de Página de Alcaldía de Bogotá: <https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-697-2001>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (S.f). *Protocolo de Kioto*. Obtenido de Página oficial del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/458-plantilla-cambio-climatico-14>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)*. Colombia : Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM].

Ministerio de Energía de Chile. (S.f). *Página Oficial del Ministerio de Energía de Chile*. Obtenido de Inventario de Emisiones de GEI para PyMEs: Límites Operacionales: <http://huelladecarbono.minenergia.cl/limites-org>

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (S.f). *Grupo Intergubernamental sobre el cambio climático*. Obtenido de Página oficial Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/convencion-marco-de-naciones-unidas-para-el-cambio-climatico-cmnucc/panel-intergubernamental-de-cambio-climatico-ipcc>

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE]. (2015). *Colombia presenta su compromiso de reducir en un 20% las emisiones de Gases Efecto Invernadero*. Obtenido de Página Oficial de MINAMBIENTE: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/noticias/1913-colombia-se-compromete-a-reducir-el-20-de-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-para-el-ano-2030>

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (S.f). *Huella de carbono*. Obtenido de Página Oficial de MINAMBIENTE: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/465->

- Ministerio de Minas y Energía [MINMINAS]. (2018). *Hidrocarburos: Combustibles-Historicos de precios 2016-2018*. Obtenido de Página web oficial del Ministerio de Minas y Energía: <https://www.datos.gov.co/Econom-a-y-Finanzas/Precios-de-Combustibles-MinMinas/7pcy-5vx9>
- Ministerio de Minas y Energía [MME]. (2016). *Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022: Una realidad y oportunidad para Colombia*. Bogotá, Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).
- Natura medio ambiental. (14 de 06 de 2017). *La obsolescencia programada te convierte en victima o cómplice*. Obtenido de Natura medio ambiental sitio web oficial de Natura medio ambiente: <https://www.natura-medioambiental.com/la-obsolencia-programada-un-problema-bien-pensado/>
- Navarro, A., Montoya, C., Valencia, P., Murillo, J., & Rodas, L. (9 de Enero de 2014). *Revista EPM*. Obtenido de <https://www.epm.com.co>
- Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14001. (2014). *Sistemas de Gestión Ambiental*. Bogotá: Intituto Colombiano de Normas Tecnicas [ICONTEC].
- NTC-ISO 14044. (2006). *Norma Técnica Colombiana: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices*. International Organization for Standardization.
- Ochoa, M., Catellanos, R., Zuzel, O., & Oliveros, J. (2015). Variabilidad y Cambio Climático: su repercusión en la salud. *Medisan*, 19(7), 873-885.
- Organizacion de las Naciones Unidas [ONU]. (2010). *Comunicacion de prensa la conferencia de la ONU sobre cambio climatico en Cancun da como resultado un paquete equilibrado de desiciones, restaura la fe en proceso multilateral*. Cancún, México.
- Ortíz, H., Escobar, C., & Sepulveda, S. (2018). *Análisis estadístico de variables climatológicas en la ciudad de Cúcuta*. Cúcuta, Colombia: DOI: 10.22463/0122820X.132.
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 26, 16-25.
- Plazas, J. P. (2012). *Los refrigerantes y el medio ambiente*. Barcelona, España: Universida Politécnica de Cataluya Trabajo de pregrado.
- Posada, C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de Ingeniería* 47: *Agricultura e Ingeniería, cultivo futuro*(26).

- Red Ambiental de Asturias. (S.f). *Las causas del cambio climático*. Obtenido de Página web oficial del Gobierno Pincipado de Asturias: <http://movil.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.4691a4f57147e2c2553cbf10a6108a0c/?vgnnextoid=1e1c1cc03aa1a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>
- Resolución 549. (10 de 07 de 2015). *Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio*. Obtenido de Página oficial del Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549%20-%202015.pdf>
- Restrepo, L., & Gonzáles, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias V.20 n.2*, 183-192.
- Ribeiro, S., Kobayashi, S., Beuthe, M., Gasca, J., Greene, D., Lee, D., . . . Zhou, P. (2007). *Transportation and its Infrastructure. UC Davis: Institute of Transportation Studies (UCD)*. Obtenido de <https://escholarship.org/uc/item/98m5t1rv>
- Romero, J. (2014). *Colombia vs. la basura electrónica, un partido que va empatado*. Bogotá, D.C: Universidad del Rosario. Trabajo de pregrado.
- Santillán, P. A. (2014). *Detrerminación de la huella de carbono bajo las consideraciones de la norma ISO 14064 en el área de la acería de la empresa metalúrgica Ecuatoriana Adelca C.A*. Ecuador : Universidad de Chimborazo Trabajo de pregrado .
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2015). *Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono corporativa*. Bogotá D.C: Plan instutucional de Gestión Ambiental. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
- Tchkhaidze, K., & Ortiz, R. (1995). *Impacto ambiental en la produccion de energia electrica*. Universidad del Valle .
- The Intergovernmental Panel on the climate change [IPCC]. (S.f). *The IPCC was created to provide policymakers with regular scientific assessments on climate change, its implications and potential future risks, as well as to put forward adaptation and mitigation options*. IPCC. Obtenido de <http://www.ipcc.ch>
- Therburg, A., D´Inca, V., & López, M. (2005). *Modelo de Indicadores Ambientales*. Argentina: Revista Proyeccion, Universidad Nacional de Cuyo.
- Toro, A., Gomera, A., Aguila, J., Guijarro, C., Antúnez, M., & Vaquero, M. (2014). *La huella de carbono de la Universidad de Córdoba (UCO)*. Córdoba : Universidad de Córdoba.

- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2016). *Calculadora de emisiones de gases de efecto invernadero*. Obtenido de Página oficial de Unidad de Planeación Minero Energética: <http://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (1992). *Manual del sector de la energía: Quema de combustibles*. New York, USA: Grupo Consultivo de Expertos sobre las Comunicaciones Nacionales de las Partes no Incluidas en el Anexo I de la Convención.
- Universidad Nacional de Educación a Distancia [UNED]. (2011). *Energía y Desarrollo Sostenible. Impacto de la energía*. Bogotá, Colombia: UNED.
- Valderrama, J., Espíndola, C., & Quezada, R. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación Universitaria*, 4(3), 3-12.
- Vergara, P. (2010). Viñas chilenas: mas competitivas con menos gases de efecto invernadero. *Huella de Carbono en Chile, la segunda*, 9.
- World Resources Institute. (2014). *Estándar de objetivos de mitigación [Resumen ejecutivo]*. Washington D.C: Greenhouse Gas Protocol .

## 11. Anexos

Anexo 1. Entrevista funcionarios EAAV. Identificación de patrones de consumo.

Nombre \_\_\_\_\_ Área \_\_\_\_\_

1. **¿Desde qué hora del día enciende el aire acondicionado?**
  - A. 7:00 Am – 9:00 Am
  - B. 9:00 Am – 12:00 Am
  - C. 2:00 Pm – 4:00 Pm
  - D. 4:00 Pm – 6:00 Pm
2. **¿El uso del aire acondicionado depende del clima de la ciudad?**
  - A. Si
  - B. No
3. **¿Cuándo sale a la hora de almuerzo apaga el aire acondicionado?**
  - A. Si
  - B. No
4. **¿Hace uso de las ventanas para ventilación de la oficina?**
  - A. Si
  - B. No
5. **¿Cuál es el promedio en horas del uso del computador?**
  - A. 3 horas
  - B. 9 horas
  - C. 11 horas
6. **¿Cada vez que sale de la oficina o realiza otras actividades que no requieran del uso del computador que hace?**
  - A. Apaga solo el monitor
  - B. Apaga todo el computador
  - C. Lo deja encendido
7. **¿Si usted es el primero en llegar y el último en salir de la oficina verifica que los aires acondicionados, luz y computadores estén apagados?**
  - A. Si
  - B. No
  - C. Algunas veces

**8. ¿En los últimos 6 meses ha cambiado de equipo, aire acondicionado o luminarias?**

A. Si ¿Cuál? \_\_\_\_\_

**9. ¿Todo el día hace uso de la luz o aprovecha la luz del sol?**

A. Si

B. No

**10. ¿Qué medio de transporte utiliza para llegar a la EAAV?**

A. Moto

B. Servicio Publico

C. Carro

D. Cicla

**11. ¿Sabe que es Huella de Carbono?**

A. Si

B. No



## Anexo 3. Inventario Flota vehicular

<b>PROCESO</b>	<b>VEHICULO</b>	<b>COMBUSTIBLE FOSIL</b>
<b>Acueducto</b>	Retroexcavadora	ACPM o Diésel
<b>Acueducto</b>	Camioneta liv	Gasolina
<b>Alcantarillado</b>	Acuatech	ACPM o Diésel
<b>Alcantarillado</b>	Acuatech	ACPM o Diésel
<b>Alcantarillado</b>	Retroexcavadora	ACPM o Diésel
<b>Alcantarillado</b>	Vaccon	ACPM o Diésel
<b>Acueducto y Alcantarillado</b>	Minicargador	ACPM o Diésel
<b>Acueducto y Alcantarillado</b>	Minicargador	ACPM o Diésel
<b>EAAV</b>	Planta Electrica	Gasolina
<b>Gerencia Comercial</b>	Camion tipo furgon	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Comercial</b>	Camioneta	Gasolina
<b>Gerencia General</b>	Camioneta	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Carrotanque	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Volqueta	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Carrotanque	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Carrotanque	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Camioneta	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Camioneta	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Camioneta	ACPM o Diésel
<b>Gerencia Tecnica</b>	Volqueta	ACPM o Diésel
<b>Linea</b>	Retroexcavadora	ACPM o Diésel
<b>Linea</b>	Camioneta	ACPM o Diésel
<b>Secretaria General</b>	Camioneta	ACPM o Diésel

## Anexo 4 Inventario AEE

<b>Año</b>	<b>Nombre de la Maquina</b>	<b>Modelo</b>
	PC2583	10AX008YLS
	ACLIENTE01	10AY007YLS
	EAAV082	34641F9
	EAAV048	500-0121a
	EAAV093	500-0121a
	EAAV094	500-0121a
	EAAV087	FK963AA-ABM IQ5101a
	EAAV162	H110M-H
	EAAV016	HP 500B Microtower
	EAAV018	HP 500B Microtower
	EAAV026	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV027	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV028	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV029	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV030	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV031	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV032	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV033	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV034	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV035	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV037	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV038	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV039	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV040	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV042	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV043	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV044	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV045	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV046	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV047	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV049	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV050	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV051	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV052	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV053	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV097	HP Compaq dc5700 Microtower
	EAAV013	HP Compaq dc5850 Microtower
	EAAV014	HP Compaq dc5850 Microtower
	EAAV056	HP Compaq dc7800p Convertible Minitower

<b>Año</b>	<b>Nombre de la Maquina</b>	<b>Modelo</b>
2016	EAAV057	HP Compaq dc7800p Convertible Minitower
	EAAV005	HP Compaq dx2300 Microtower
	EAAV006	HP Compaq dx2300 Microtower
	EAAV007	HP Compaq dx2300 Microtower
	EAAV009	HP Compaq dx2300 Microtower
	EAAV010	HP Compaq dx2300 Microtower
	EAAV011	HP Compaq dx2300 Microtower
	EAAV059	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV060	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV061	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV062	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV063	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV064	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV065	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV066	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV067	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV069	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV070	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV071	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV074	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV075	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV076	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV129	HP Compaq dx2400 Microtower
	EAAV109	HP Compaq Pro 4300 SFF PC
	EAAV130	HP Compaq Pro 4300 SFF PC
	EAAV002	HP dx2000 MT (PP831A)
	EAAV140	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV141	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV142	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV143	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV145	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV146	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV147	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV148	HP EliteDesk 800 G1 SFF
EAAV149	HP EliteDesk 800 G1 SFF	
EAAV150	HP EliteDesk 800 G1 SFF	
EAAV151	HP EliteDesk 800 G1 SFF	
EAAV152	HP EliteDesk 800 G1 SFF	
EAAV153	HP EliteDesk 800 G1 SFF	
EAAV154	HP EliteDesk 800 G1 SFF	

<b>Año</b>	<b>Nombre de la Maquina</b>	<b>Modelo</b>
2017	EAAV154	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV155	HP EliteDesk 800 G1 SFF
	EAAV159	HP EliteDesk 800 G2 SFF
	SERCODELL-PC	HP Pro 1005 Series All-in-One PC
	EAAV024	HP Pro 3000 Small Form Factor PC
	EAAV128	HP ProBdesk 600 G1 Small Form Factor PC
	EAAV106	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV108	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV111	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV112	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV113	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV115	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV116	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV117	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV118	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV119	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV120	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV122	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV123	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV124	HP ProDesk 400 G1 SFF
	EAAV126	HP ProDesk 400 G1 Small Form Factor PC
	EAAV072	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV132	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV133	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV134	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV135	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV136	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV137	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV138	HP ProDesk 600 G1 SFF
	EAAV139	HP ProDesk 600 G1 SFF
	SIGVI	HP Z820 Workstation
	EAAV105	IdeaPad U310
EAAV055	KQ249AA-ABM SR5425LA	
EAAV084	KQ249AA-ABM SR5425LA	
EAAV085	KQ249AA-ABM SR5425LA	
EAAV086	KQ249AA-ABM SR5425LA	
2018	EAAV100	Lenovo H520S
	EAAV101	Lenovo H520S
	EAAV144	Lenovo H520S
	ACUEDUCTOEAAV	PowerEdge R320

<b>Año</b>	<b>Nombre de la Maquina</b>	<b>Modelo</b>
	CLIENTE1-PC	Precision T3610
	SRVSOLIN	ProLiant DL380 Gen9
	EAAV110	SVS15115FLB
	SERVERDOMAIN	System x3650 M3 -[7945AC1]-
	SERVERSOLIN	System x3650 M3 -[7945AC1]-
	EAAV017	To Be Filled By O.E.M.
	EAAV158	X441UVK
	EAAV161	X441UVK
	2 SERVIDORES SISTEMA NOVA	
	1 SERVIDOR SISTEMA ORFEO	

## Anexo 5. Valores de la HdC para el periodo 2016-2018

2016	Energía eléctrica	Refrigerantes	ACPM			Gasolina		
Mes	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton NO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton NO <sub>2</sub>
1	4,967	0	0,0268	0,0001	0,0001	0,0017	7,0E-06	4,0E-06
2	4,895	0,003	0,0269	0,0001	0,0001	0,0018	7,0E-06	4,4 E-06
3	5,158	0	0,0271	0,0001	0,0001	0,0018	7,5E-06	4,2 E-06
4	7,785	0,001	0,0272	0,0001	0,0001	0,0018	7,3E-06	4,2 E-06
5	5,492	0	0,0274	0,0001	0,0001	0,0017	7,1E-06	4,0 E-06
6	5,015	0	0,0271	0,0001	0,0001	0,0019	7,9E-06	4,5 E-06
7	5,564	0,001	0,0273	0,0001	0,0001	0,0019	7,8E-06	4,4 E-06
8	3,630	0	0,0297	0,0001	0,0001	0,0022	9,0E-06	5,1 E-06
9	5,445	0	0,0279	0,0001	0,0001	0,0021	8,5E-06	4,8 E-06
10	5,349	0,001	0,0273	0,0001	0,0001	0,0005	8,3E-06	4,7 E-06
11	5,540	0	0,0272	0,0001	0,0001	0,0022	8,2E-06	4,6 E-06
12	5,970	0,002	0,0275	0,0001	0,0001	0,0019	8,1E-06	4,6 E-06

2017	Energía eléctrica	Refrigerantes	ACPM			Gasolina		
Mes	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton NO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton NO <sub>2</sub>
1	5,229	0	0,027	0,0001	0,0001	0,0018	7,3E-06	4,2 E-06
2	4,943	0	0,027	0,0001	0,0001	0,0018	7,5 E-06	4, 2E-06
3	5,420	0,002	0,027	0,0001	0,0001	0,0010	7,5 E-06	4,2 E-06
4	6,734	0	0,028	0,0001	0,0001	0,0018	7,4 E-06	4, 2E-06
5	5,850	0	0,035	0,0001	0,0001	0,0025	1,0 E-06	6, 0E-06
6	5,444	0	0,030	0,0001	0,0001	0,0020	8,2 E-06	5,6 E-06
7	4,847	0,001	0,030	0,0001	0,0001	0,0020	8,1 E-06	5,6 E-06
8	4,943	0	0,030	0,0001	0,0001	0,0020	8,1 E-06	5, 6E-06
9	5,540	0	0,029	0,0001	0,0001	0,0019	8,1 E-06	5, 6E-06
10	6,017	0	0,028	0,0001	0,0001	0,0019	7,9 E-06	4, 5E-06
11	5,922	0	0,028	0,0001	0,0001	0,0019	8,0 E-06	5,6 E-06
12	6,089	0,003	0,027	0,0001	0,0001	0,0018	7,9 E-06	4,56 E-0

2018	Energía eléctrica	Refrigerantes	ACPM			Gasolina		
Mes	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton NO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton NO <sub>2</sub>
1	6,208	0	0,0277	0,0001	0,0001	0,0020	8,0E-06	4,5 E-06
2	5,970	0,0018	0,0272	0,0001	0,0001	0,0020	7,9 E-06	4,5 E-06
3	6,734	0	0,0275	0,0001	0,0001	0,0020	8,1 E-06	4,6 E-06
4	6,161	0	0,0028	0,0001	0,0001	0,0028	8,2 E-06	4,7 E-06
5	6,184	0,0019	0,0037	0,0001	0,0001	0,0024	9,9 E-06	5,6 E-06

## Anexo 6.emergencias presentadas en la EAAV (2016-2018)

<b>Fecha de ocurrencia</b>	<b>Descripción de la emergencia</b>
<b>22 al 29 de abril de 2016</b>	Emergencia en las líneas que conduce el agua de los bombes de Puente Abadía y Bavaria a la Planta de Tratamiento La Esmeralda. Desbordamiento viaducto Bavaria Quebrada Susumuco y viaducto Puente Abadía Quebrada Honda. Taponamiento de las rejillas laterales de captación de la bocatoma ocasionado por altos niveles de precipitación en el lugar de captación
<b>2 de agosto al 18 de septiembre de 2016</b>	Taponamiento en el sifón, rejillas laterales y canales de descargue del sistema de captación. Destruídos 70 mts de la línea de aducción en el sector Tarabita a causa de un deslizamiento.
<b>21 de mayo al 6 de junio de 2017</b>	Ruptura de la tubería de aducción a causa de un deslizamiento en el sector “Ricardo Hernández”.
<b>1 de mayo de 2018 a la fecha</b>	Ruptura de la tubería de aducción a causa de un deslizamiento 50 metros abajo del tanque desarenador del sistema de captación de Quebrada Honda.