

FORMULACIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS QUE MITIGUEN LA HUELLA
DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SEDE AGUAS CLARAS-
VILLAVICENCIO



GERALDYN CARRILLO CADENA
MARIA JIMENA RIVERA TORRES



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

FORMULACIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS QUE MITIGUEN LA HUELLA
DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SEDE AGUAS CLARAS-
VILLAVICENCIO

GERALDYN CARRILLO CADENA
MARIA JIMENA RIVERA TORRES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director
Diego Andrey Cortés Naranjo
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O.P.

Vicerrector Académico General

P. JOSE ANTONIO BALAGUERA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de Facultad

DIEGO ANDREY CORTÉS NARANJO

Director Trabajo de Grado

JONATHAN STEVEN MURCIA FANDIÑO

jurado

MARTHA JULEITH HERRERA

jurado

Agradecimientos

Esta es una nueva etapa culminada que debemos agradecer tanto a Dios como a nuestros padres, que hicieron lo posible, para que nosotras pudiéramos graduarnos, después de 5 años de esmero. Este ha sido un proceso largo, donde ha habido altas y bajas, pero con la ayuda y compañía de nuestros docentes y compañeros, hemos logrado llegar a la meta. En todos estos años encontramos en el camino a grandes personas, con grandes cualidades que nos enseñaron, nos aconsejaron y nos ayudaron en el proceso de nuestro aprendizaje, el cual no fue fácil. Pero nada que sea tan fácil, vale la pena.

Agradecemos de una manera cordial y emotiva, a todos nuestros docentes, los que se tomaron la tarea de enseñarnos paso a paso el verdadero camino que debemos seguir para lograr nuestros sueños y nuestras metas. Estamos agradecidas, porque tuvimos un grupo excelente de compañeros con los que convivimos 5 años, y los que nos ayudaron a sobresalir y a darnos el aliento cuando en algún momento no quisimos dar más.

Nosotras estamos orgullosas de nuestro propio logro y esfuerzo, que no ha sido fácil, pero de alguna u otra forma, logramos salir adelante y darlo todo. Ahora seguimos llevando un legado de enseñanzas y grandes cosas, que fuimos aprendiendo al transcurrir el tiempo. Lo que sigue es dejar huella y aprender a sobrellevar la vida de acuerdo a todo lo que nos enseñaron, y lograr destacarnos como muy buenas profesionales en el ámbito de nuestra carrera.

Contenido

	Pág.
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
1. Planteamiento del problema	14
1.1 Descripción del problema	14
1.1.1 Formulación en torno al problema.	16
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo general.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. Justificación.....	18
4. Alcance.....	20
5. Antecedentes	22
6. Marco de referencia.....	27
6.1 Marco teórico.....	27
6.2 Marco conceptual.....	29
6.3 Marco legal	30
7. Metodología	31
7.1 Fase 1. Diagnóstico.....	31
7.1.1 Caracterización de las actividades de la institución.	31
7.1.2 Recolección de información.....	31
7.2 Fase 2. Inventario de emisiones.....	32
7.2.1 Clasificación y caracterización de las fuentes de emisión.	32
7.2.2 Implementación del método de cálculo.....	33
7.2.3 Cuantificación y análisis de las emisiones.	34
7.3 Fase 3. Estrategias para reducir las emisiones atmosféricas.....	37

7.3.1	Formulación de estrategias y propuestas de posibles tecnologías, para la reducción de la huella de carbono, en el campus universitario.....	37
8.	Resultados	38
8.1	Fase 1. Diagnóstico.....	38
8.1.1	Caracterización de las actividades de la institución.....	38
8.1.2	Recolección de información.....	40
8.2	Fase 2. Inventario de Emisiones	44
8.2.1	Clasificación y caracterización de las fuentes de emisión.....	44
8.2.2	Implementación del método de cálculo.....	45
8.2.3	Cuantificación y análisis de las emisiones.....	46
8.3	Fase 3. Estrategias para reducir las emisiones atmosféricas.....	55
	Conclusiones	73
	Recomendaciones.....	75
	Referencias bibliográficas	77
	Anexos.....	89

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los alcances, según el GHG Protocol	33
Tabla 2. Tipo de vehículo con su respectivo rendimiento energético.....	35
Tabla 3. Tipo de combustible con su respectiva densidad.....	36
Tabla 4. Tipo de combustible con su respectivo poder calorífico	36
Tabla 5. Factores de emisión, de acuerdo a cada tipo de combustible	36
Tabla 6. Actividades institucionales con sus respectivas fuentes de emisión.....	38
Tabla 7. Datos obtenidos por medio de la coordinación de sistema de gestión ambiental del año 2019.....	41
Tabla 8. Cantidad de estudiantes, docentes y administrativos para el año 2019	43
Tabla 9. Clasificación de los espacios del campus Aguas Claras, con sus respectivas cantidades	44
Tabla 10. Clasificación de las emisiones, de acuerdo a los alcances, actividades y su fuente respectiva	45
Tabla 11. Clasificación de las actividades con su respectivo factor de emisión (cambiar el de 2019)	46
Tabla 12. Clasificación de las actividades con su respectiva emisión	47

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Vista en planta de la Universidad Santo Tomás - campus Aguas Claras, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).....	21
Figura 2. Mapa de procesos del sistema de gestión de calidad, por (Universidad Santo Tomás, 2020).	39
Figura 3. Consumo de energía de la Universidad Santo Tomás- campus Aguas Claras para el año 2019. Adaptado de (Coordinación de Gestión Ambiental, 2020), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).....	42
Figura 4. Distribución de las emisiones según los alcances del GHG Protocol, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).	48
Figura 5. Comparación de las emisiones por consumo de combustible, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).	49
Figura 6. Comparación de las emisiones por consumo de refrigerante. Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).....	50
Figura 7. Comparación de las emisiones por consumo de energía. Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).	51
Figura 8. Comparación de las emisiones por vuelos corporativos, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).....	52
Figura 9. Porcentajes de emisión, definidos por cada categoría, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).....	54
Figura 10. Porcentajes por tipo de transporte utilizado, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).	55

Lista de Anexos

Pág.

Anexo 1. Normativa legal vigente	89
Anexo 2. Selección de cada factor de emisión o calculadora utilizada para la cuantificación del inventario según las actividades desarrolladas para el año 2019	91
Anexo 3. Preguntas y respuestas de la encuesta utilizada para la cuantificación de emisiones por movilidad terciaria	93
Anexo 4. Consumos de energía kWh/Mes para el año 2019	94
Anexo 5. Vuelos Corporativos para el año 2019	95
Anexo 6. Cotización de cuatro tipos de vidrio fotovoltaico de la empresa ONYX Solar.	96
Anexo 7. Características de los vidrios fotovoltaicos que ofrece ONYX Solar.	98
Anexo 8. Boceto de certificado por realizar buenas prácticas ambientales.	99
Anexo 9. Cotización de luz LED con paneles solares para el alumbrado exterior del Campus.	100
Anexo 10. Cantidad de refrigerante R410A según el modelo del aire	104
Anexo 11. Emisiones por diferentes medios de transporte, correspondiente a la movilidad terciaria	105
Anexo 12. Portabicicletas	106

Resumen

Con el presente trabajo, se realizó la cuantificación de los gases de efecto invernadero, por medio de las diferentes actividades que se efectúan en la Universidad Santo Tomás campus Aguas-Claras, sede Villavicencio. Como primera medida, se realizó un diagnóstico previo para delimitar cada una de las actividades que puedan generar emisiones dentro del campus, teniendo en cuenta información tanto primaria, la cual fue proporcionada por parte de la universidad e información secundaria, de fuentes externas. En la recolección se tuvo en cuenta datos como los consumos de energía por luminarias y AEE, la generación y manejo de residuos, el consumo de combustible por parte de las plantas eléctricas y cafetería, los vuelos corporativos, los refrigerantes de los aires acondicionados y una encuesta previamente realizada por dos estudiantes de la facultad, sobre la movilidad terciaria.

Posteriormente, luego de la recolección de información, se eligió el método de estimación y cuantificación para el inventario de emisiones, donde se optó, por utilizar los factores de emisión documentados, y en otros casos, herramientas de cálculo referenciadas, para obtener el resultado de las emisiones de forma global del cálculo de la huella de carbono para el año 2019. De acuerdo a la cuantificación realizada, la huella de carbono para el año 2019, fue de 1084,62 Ton CO₂ eq, donde la mayor cantidad de emisiones, está representada en el alcance 3, por parte de la movilidad terciaria, donde se obtuvo un resultado de 863,39 Ton CO₂ eq, y la menor cantidad de emisiones se dio en el alcance 1, representadas por el uso de refrigerantes con un total de 0,57 Ton CO₂ eq.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propusieron 11 estrategias, viables tanto a corto como a largo plazo, donde 3 de ellas corresponde a propuestas tecnológicas en torno al consumo energético, con sus respectivos costos asociados, y características pertinentes, si se llegaran a implementar este tipo de estrategias. Es por esto, que la cuantificación por medio de los inventarios de emisiones, es una forma práctica y viable para lograr optimizar las actividades dentro del campus, que generan los mayores focos de emisión.

Palabras Clave: Gases efecto invernadero (GEI), mitigación, emisiones, contaminación, huella de carbono

Abstract

With the present work, the quantification of greenhouse gases was carried out, through the different activities that take place in the University Santo Tomás campus Aguas-Claras, Villavicencio headquarters. As a first measure, it was carried out a previous diagnosis to delimit each one of the activities that can generate emissions inside the campus, taking into account both primary information, which was provided by the university, and secondary information, from external sources. The collection took into account data such as energy consumption by lights and EEE, waste generation and management, fuel consumption by power plants and cafeteria, corporate flights, air conditioning refrigerants and a survey previously conducted by two students of the faculty, on tertiary mobility.

After collecting the information, the estimation and quantification method was chosen for the emissions inventory, where it was decided to use the documented emission factors, and in other cases, referenced calculation tools, to obtain the result of the emissions as a whole for the calculation of the carbon footprint for the year 2019. According to the quantification made, the carbon footprint for 2019 was 1084.62 Ton CO₂ eq, where the largest amount of emissions is represented in scope 3, by the tertiary mobility, where a result of 863.39 Ton CO₂ eq was obtained, and the least amount of emissions was in scope 1, represented by the use of refrigerants with a total of 0.57 Ton CO₂ eq.

Taking into account the above, 11 strategies were proposed, viable both in the short and long term, where 3 of them correspond to technological proposals regarding energy consumption, with their respective associated costs, and relevant characteristics, if this type of strategies were to be implemented. For this reason, the quantification of emissions by means of emission inventories is a practical and viable way to optimize the activities within the campus, which generate the largest emission sources.

KEY WORDS: Greenhouse gases (GHG), mitigation, emissions, pollution, carbon footprint

Introducción

En la actualidad, la situación ambiental es una de las principales causas de la búsqueda de nuevas tecnologías y medidas eficientes para disminuir el consumo de los recursos, y del mismo modo ha impulsado el desarrollo de herramientas para estudiar el impacto medioambiental que produce las actividades antropogénicas.

Uno de los principales problemas actuales a nivel ambiental, social y económico, es el calentamiento global, más específicamente el cambio climático. Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) éste se entiende como el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a las actividades humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y la variabilidad natural del clima durante períodos de tiempo (CMNUCC, 1992).

Bajo este contexto países, empresas, instituciones, entre otros, han realizado esfuerzos para comprender las emisiones de GEI, y han desarrollado metodologías para calcular la huella de carbono, siendo esta última una herramienta indispensable para cuantificar las emisiones directas o indirectas que genera un individuo, una corporación, evento o producto, expresado en unidades de CO₂ eq (Heloísa & Joseluis, 2009). Entre las metodologías de medición se destaca el Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), el cual provee una guía para cuantificar y reportar las emisiones de los seis gases (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC Y SF₆) establecido por el protocolo de Kioto, relacionándolo en tres alcances: emisiones directas, indirectas y otras emisiones indirectas (Ranganathan et al., 2001).

Calcular la huella de carbono les permite a las organizaciones conocer sus impactos y así poder formular medidas de gestión ambiental, para mitigar y reducir las emisiones de GEI, y además por medio de los resultados obtenidos, se puede identificar la evolución sobre la implementación de estrategias que contribuyen a la reducción del cambio climático. Es por esto que, el objetivo de este trabajo fue calcular y analizar la huella de carbono del campus Aguas Claras, para formular estrategias que mitiguen los impactos que genera, ya que, en el desarrollo de sus actividades como institución de educación superior, produce emisiones.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

En el transcurso de los años el planeta ha sufrido grandes transformaciones, generando problemas ambientales como, la contaminación hídrica y del suelo, pérdida de la biodiversidad y de los ecosistemas, afectación en la calidad del aire y el calentamiento global; esto es causado por el crecimiento y desarrollo incontrolado de la población, la expansión de los procesos industriales, crecimiento de las fuentes contaminantes y el inadecuado uso de los recursos naturales (Botero, 2015). Estos problemas no son solo de tipo ambiental, si no, también genera afectaciones a nivel socioeconómico, tales como, disminución en el desarrollo y calidad de vida, altos costos para mitigar la contaminación, afectación a la vida y salud humana (Villanueva et al., 2019).

Los problemas ambientales, principalmente se deben a las diferentes actividades antropogénicas; la industria (generación de gases, vapores o partículas sólidas), los edificios, y el transporte (escapes de gases de los motores de explosión) generando GEI, siendo esta la principal causa de uno de los desafíos ambientales más grandes que se debe afrontar en la actualidad, como lo es el cambio climático (Benavides, 2007). Para el año 2014 se emitieron 36.138.285 kilo toneladas (kt) en el mundo, para el cual Colombia contribuyó con 84.049 kt y lo ubicó como sexto emisor en los países de América Latina y el Caribe (Laboratorio Nacional de Oak Ridge., 2018).

Las emisiones de dióxido de carbono en Colombia son especialmente causadas por la quema de combustibles fósiles, la fabricación del cemento, el consumo de combustibles (sólidos, líquidos, gaseosos) y la quema de gas. No obstante, existen esfuerzos para reducir estas emisiones como lo son la aplicación de medidas de mitigación, de control, de compensación y de adaptación al cambio climático, con el fin de reducir el aporte de Colombia sobre las emisiones de GEI a nivel mundial, sin embargo, no ha resultado muy eficiente, ya que en comparación con años anteriores se puede evidenciar que, la huella per cápita de Colombia tiene un comportamiento creciente con el pasar de los años. Es importante mencionar que, los estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), afirma que de los año 90 al 2010 las emisiones del país aumentaron en un 15%, es decir que la concientización de la sociedad y las medidas adoptadas para contribuir en este problema, no han sido suficientes para obtener resultados positivos satisfactoriamente (IDEAM-PNUD-TCN, 2016),(Andrade et al., 2017).

Con la creación de la Ley 629 de 2000 (diciembre 27) se aprueba el "Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático" en el que Colombia, se compromete a promover el desarrollo sostenible por medio de la reducción de emisiones en el país, adicionalmente con la firma en el Acuerdo de París, el país se compromete a reducir las emisiones de GEI en un 20% a 2030, y de ese mismo modo, crear e implementar acciones de adaptación al cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016a).

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, en materia ambiental para Colombia representa un gran reto, no solo para el gobierno, sino también para el sector industrial, empresarial e institucional reducir sus emisiones, razón por la cual resulta de gran importancia actuar de forma conjunta para lograr hacer de Colombia un referente en materia de cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016a).

Basado en lo anterior, la importancia del cálculo de la huella de carbono ha tomado bastante fuerza, siendo las universidades uno de los nuevos promotores en su aplicación, por lo cual han asumido un rol importante, no solo como portadoras de conocimiento, sino también como entes de revalorización sobre el consumo que requiere y los desechos que genera en el desarrollo de sus funciones. Las universidades como un sistema integrado han comenzado a evaluarse y comprarse, permitiendo de este modo reconocer el valor de su capital natural, sus funciones para evitar el déficit progresivo de los recursos y alcanzar la sostenibilidad (Andrade et al., 2017).

En este sentido, el campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás ubicada en el municipio de Villavicencio, en el desarrollo de sus actividades como institución de educación superior, produce emisiones directas e indirectas de GEI. Generando su huella de carbono por el consumo de energía eléctrica, el uso de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) como aires acondicionados, computadoras, plantas de energía, el uso de combustibles fósiles (gas, gasolina y ACPM) y la generación de residuos, los cuales contribuye con las emisiones de GEI del país.

Dos estudios realizados a nivel multicampus en la Universidad Santo Tomás, en los cuales se evidenció que para la sede de Villavicencio, presentó un incremento de la emisiones del año 2017 con respecto a las del 2018, con resultados de 189,95 Ton CO₂ eq (CO₂CERO, 2017) y 263,09 Ton CO₂ eq (Farfán Parra, 2018), respectivamente. Es importante mencionar que en el año 2017 no se cuantificaron las emisiones asociadas con el uso de fertilizantes, refrigerantes, generación y manejo de residuos sólidos, las cuales si se contemplaron para el 2018. No obstante, la única

información utilizada para este estudio será el resultado de las emisiones del año base del 2017, para llevar a cabo el inventario.

La huella de carbono es una forma de evaluar la contribución de la Universidad al cambio climático, además permite conocer y cuantificar sus fuentes de emisión para plantear estrategias de reducción, razón por la cual es de gran importancia contar con estudios anuales consecutivos para identificar la evolución de las emisiones, lo que permite comparar los resultados con respecto a años anteriores y evaluar la efectividad de las medidas implementadas. Es por esto que la medición de la huella de carbono surge como la solución más adecuada para cuantificar las emisiones de GEI que genera la Institución y así tener un punto de partida para implementar estrategias específicas conforme a la situación actual del campus y que permitan reducir las emisiones, disminuir costos energéticos y contribuir en la mitigación de las consecuencias del cambio climático.

1.1.1 Formulación en torno al problema.

El identificar y cuantificar las principales fuentes de emisión que determinan la huella de carbono, permite conocer las emisiones de GEI que genera la Universidad en el desarrollo de sus actividades, siendo esta la principal determinante para la formulación de estrategias que permita la reducción y mitigación de GEI, dando respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los principales focos definidos de emisión puntual y difusa en la Universidad Santo Tomás – campus Aguas Claras, que contribuyen al aumento de emisiones en el campus?

¿Cómo puede la Universidad Santo Tomás, campus Aguas Claras-Villavicencio optimizar sus procesos para reducir la huella de carbono?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Establecer la huella de carbono de la Universidad Santo Tomás, campus Aguas Claras, por medio de la cuantificación de gases efecto invernadero (GEI) que emite la institución a la atmósfera en el desarrollo de sus actividades, para proponer estrategias que disminuyan la huella de carbono.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar un diagnóstico sobre la situación actual de gases efecto invernadero en el campus Aguas Claras para identificar los principales focos de emisión.
- Realizar un inventario de emisiones de gases efecto invernadero para cuantificar y establecer la huella de carbono en el campus Aguas Claras.
- Formular estrategias y plantear tecnologías para la reducción de la huella de carbono a partir de los resultados obtenidos en el inventario de emisiones.

3. Justificación

Los gases de efecto invernadero (GEI) son una problemática que ha tenido afectaciones en muchos países por los impactos generados y ocasionados por la población, donde se ha producido un aumento del calentamiento global, en diferentes zonas del mundo. Específicamente existen focos de mayor aumento de la temperatura y grandes cambios climáticos generados por la intervención y las actividades antrópicas. Esto ha sido concebido tanto directa como indirectamente, generando unas consecuencias devastadoras, de un desequilibrio ecológico que aumenta los cambios en los sistemas naturales que abastecen a la población mundial (Mondéjar Navarro et al., 2011).

Se considera que los países latinoamericanos, tienen baja incidencia en el aumento de los GEI, en el caso de Colombia, la cifra es equivalente al 0.37% de la población mundial (Nuñez Monroy, 2012), pero esta cifra ha ido creciendo considerablemente con la expansión de actividades industriales y agrícolas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2013). Además, existen evidencias científicas en las que se atribuye una variación a las condiciones climáticas, que han generado un incremento de la temperatura mundial, donde el panel intergubernamental para el cambio climático (IPPC), determina que esto se debe al aumento de las concentraciones de GEI (Cámara de Comercio de Bogotá, 2013).

Universidades a nivel mundial han comenzado exitosamente a realizar un avance sostenible para la implementación de la huella de carbono. La Universidad de Georgetown de E.E.U.U, se comprometió a reducir en un 50% sus emisiones de GEI para el año 2020, donde el objetivo propuesto, se cumplió en el año 2014 con una reducción de emisiones en un 71%, esto se dio, gracias a las diferentes alternativas que se fueron diseñando e implementando dentro del campus (Universidad de Georgetown, 2009). Por otro lado, la universidad, ha realizado alianzas con otras universidades de EE. UU para ratificar el compromiso con el acuerdo de París, por medio de certificaciones y convenios sostenibles, para la disminución de los GEI (Universidad de Georgetown, 2017).

Del mismo modo, el país de Costa Rica, buscaba ratificar el compromiso de ser carbono neutral para el año 2021; por consiguiente, la Universidad Nacional de Costa Rica, tuvo una participación activa en el proceso por parte de toda la comunidad universitaria, logrando una contribución significativa en los procesos institucionales y buscando desarrollar un insumo base,

para planificar las acciones encaminadas a su respectiva reducción. Esto se realizó por medio de la implementación de inventarios de emisiones, que dan paso al cálculo de la huella de carbono de la universidad, para demostrar el desarrollo en materia medio ambiental de la institución y su responsabilidad en temáticas sostenibles (Chavarría Solera et al., 2016)

También existe una participación activa por parte de las universidades colombianas en el compromiso de mitigar los GEI, como es el caso de la Universidad Sergio Arboleda, la cual firmó en el año 2009 un convenio con la Fundación Natura para reducción de la huella de carbono. Así mismo, en el año 2013 firmó un contrato con la empresa CO₂Cero para la cuantificación de las emisiones y planteamiento de estrategias de compensación (Universidad Sergio Arboleda, 2009). Por otro lado, la Universidad EAFIT ratificó sus compromisos con las políticas ambientales, utilizando la huella de carbono como una medida de mitigación de los GEI, teniendo en cuenta los objetivos del desarrollo sostenible, reiterando la importancia de uno de ellos, el cual sugiere adopción de medidas que minimicen los efectos negativos del cambio climático (Universidad EAFIT, 2018). Así mismo, la Universidad Santo Tomás a nivel multicampus en el año 2017, realizó la medición de la huella de carbono con la empresa CO₂Cero, para conocer las fuentes de emisión y lograr proponer estrategias viables que minimicen el impacto que genera la huella de carbono.

Las instituciones deben avanzar en este tipo de desarrollo de sostenibilidad y gestión ambiental, para lograr disminuir en un gran porcentaje este tipo de emisiones, ya que como cualquier organización tienen varios tipos de actividades y procesos que contribuyen a la problemática. Es por esto, que se debe implementar la huella de carbono como un instrumento base, para llevar a cabo planes de mejora que puedan disminuir el impacto generado y así mismo, plantear diferentes estrategias para la reducción de sus emisiones.

De igual manera, la huella de carbono, no solo sirve para poder cuantificar y determinar los focos de emisión, sino también, son un punto de partida, para determinar un compromiso ambiental por parte de la comunidad educativa, ya que al momento de ser implementadas, logran ser líderes en compromisos ambientales e investigaciones que conlleven a un desarrollo sostenible universitario (Venegas Vargas et al., 2015). Además, se puede generar una disminución de costos, de acuerdo a las estrategias que se implementen adecuadamente, denotando el alto grado de responsabilidad ambiental, frente a otras instituciones.

4. Alcance

El municipio de Villavicencio es la capital del departamento del Meta, la cual está situada en el piedemonte de la cordillera oriental, en la margen izquierda del río Guatiquía (Alcaldía de Villavicencio, 2020). Según la clasificación de Caldas-Lang y Holdridge concuerdan con un clima cálido-húmedo, en la clasificación de Lang se encuentra como súperhúmedo y según Martone el clima es húmedo-lluvioso, (M. y E. A. Instituto de Hidrología, 2011) con temperatura promedio de 25,5°C (M. y E. A. Instituto de Hidrología, 2018). Además, cuenta con un promedio anual de 1300 a 1700 horas luz solar (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2005). De igual manera, se genera un promedio de lluvias anuales de 4833 mm (M. y E. A. Instituto de Hidrología, 2018), las cuales se presentan en forma monomodal, con una mayor concentración de lluvias de abril a noviembre y presentando una época de sequía de diciembre a marzo (Guzman et al., 2014). Por otro lado, Villavicencio cuenta con 9 servicios de estaciones hidrometeorológicas, las cuales, 4 de ellas son pluviográficas, 2 pluviométricas, 2 son estaciones de climatología principal y 1 de sinóptica principal. De acuerdo a esto, las más cercanas al campus Aguas Claras son la estación del ICA y la estación de la Unillanos, encontrada en la vereda Barcelona (M. y E. A. P. de las N. U. para el desarrollo Instituto de Hidrología, 2011).

La Universidad Santo Tomás sede de Villavicencio campus Aguas Claras, está ubicada en el municipio de Villavicencio, Meta, la cual fue inaugurada en el año 2013. Posteriormente, el 29 de enero de 2016 logra una Acreditación de Alta Calidad Multicampus junto con las otras sedes del país localizadas en Tunja, Bogotá, Medellín, y Bucaramanga, donde se genera una vigencia de 6 años de acreditación, siendo la sede de Villavicencio, la primera universidad privada en la Orinoquia y una de las múltiples sedes a nivel nacional, en obtener dicha acreditación. Así mismo, la universidad, ha ido forjando una formación esencial en los estudiantes para que sean íntegros y humanistas, formando personas que puedan aportar soluciones a los requerimientos y situaciones de las problemáticas de la sociedad y el país (Universidad Santo Tomás Villavicencio, 2020). Posteriormente, en conmemoración del aniversario número diez, de la Universidad Santo Tomás Villavicencio, se llevó a cabo la inauguración del centro de convenciones en el campus Aguas Claras, donde la edificación cuenta con 5 auditorios, con espacios dotados de tecnología para la realización de actividades académicas y culturales. Así mismo, se continúa con la construcción y

abastecimiento de diferentes aulas, laboratorios, salas de tutorías, biblioteca y otros escenarios preparados para la formación integral del estudiante y generando profesionales que lideren procesos en la región (Universidad Santo Tomás Villavicencio, 2017).

El área a estudiar está delimitada por el polígono que se muestra en la figura 1. Esta Institución cuenta con 2 bloques, los cuales están divididos en Edificio A con un total de 37 aulas, donde su infraestructura está definida en 5 pisos y el Edificio B, cuenta solamente con 4 pisos construidos con 32 aulas en su totalidad. Además, este último Edificio, cuenta con 15 laboratorios, donde 3 de ellos se encuentran ubicados en el primer piso y 12 de ellos en el semisótano. Así mismo, el campus, cuenta con 2 cafeterías, la primera se encuentra ubicada en el quinto piso del Edificio A, y la otra, se encuentra situada en el primer piso del Edificio B. Por otro lado, cada zona de la Universidad, se encuentra dividida por dependencias y unidades tanto administrativas, académicas y de apoyo cultural y recreativo, las cuales, están dotadas con diferentes aparatos eléctricos y electrónicos, como lo son computadores, aires acondicionados, luminarias, entre otros.



Figura 1. Vista en planta de la Universidad Santo Tomás - campus Aguas Claras, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020)

En el entorno se encuentra el humedal El Charco como área protegida, que debido a las construcciones que se han realizado en su hábitat, presenta amenazas de reducción y deterioro de la biodiversidad, impactando de forma negativa el funcionamiento y los procesos ecológicos del humedal. Dentro de estas construcciones, está la Universidad Santo Tomás – campus Aguas Claras sede de Villavicencio, la cual recibe un beneficio indirecto del área boscosa, como compensador de las emisiones de GEI que se generan, con el funcionamiento de la Institución (Suarez & Garcia, 2018). Cabe resaltar que la Universidad se encuentra en el cruce del Anillo Vial y la vía Villavicencio-Puerto López, caracterizados por alta circulación vehicular, siendo este, el mayor portador de emisiones, por fuentes móviles (Concesión vial de los llanos, 2017).

5. Antecedentes

El cambio climático es una realidad que se evidencia a nivel mundial, lo cual se da como resultado de las acciones y actividades antrópicas. Existe un consenso afirmado por la comunidad científica, donde se dice que dichas actividades, generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La retención que se da por el aumento de los GEI, hace que la energía que llega a la tierra, sea devuelta más lentamente, ya que se mantiene en la superficie, causando un incremento en la temperatura global. Sin embargo, no todos los gases de efecto invernadero tienen la misma capacidad de provocar el calentamiento global, ya que esto depende del poder de radiación de cada uno y el tiempo promedio que el gas está en la atmósfera (Espíndola & Valderrama, 2012).

No obstante, muchos países como Estados Unidos, Australia y China indicaban que esto se debía a la variabilidad climática, debido a las alteraciones anuales del clima que se presentaban normalmente dentro de cada periodo. El temor a negar las realidades futuras que podrían afectarlos, no era precisamente por el cambio climático, sino que podían tener repercusiones económicas que afectan en gran parte sus políticas de gobierno, ya que tendrían que cambiar e implementar estrategias que generaban mayores costos (Costa Posada, 2007).

En el año de 1972, fue donde se dio a conocer por primera vez, la importancia que tiene el medio ambiente a nivel mundial, dentro de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, pero las acciones encaminadas y la integración del medio ambiente a los planes de desarrollo, no tuvo mucho éxito. Sin embargo, se siguió avanzando sobre diferentes cuestiones técnicas que se mantuvieron durante la conferencia, pero se evitó a toda costa, la inclusión del medio ambiente dentro del ámbito de gobierno (Naciones Unidas, 1997).

Las primeras afectaciones por actividades humanas se conocieron en el año de 1979, en la primera conferencia mundial sobre el clima efectuada en Ginebra, durante los años siguientes se forjó una preocupación que se efectuó cada vez mayor, donde cada uno de los países por medio de sus gobiernos, mostraron una mayor conciencia sobre las afectaciones que se estaban dando en el mundo, tomando medidas preventivas, sobre la amenaza que constituía el cambio climático en la sociedad (Organización Meteorológica Mundial, 2009).

Posteriormente, en el año de 1988, se creó el panel intergubernamental para el cambio climático (IPCC), el cual evaluaba periódicamente toda la información científica sobre el cambio

climático y sus afectaciones futuras, para generar soluciones de adaptación y mitigación (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, 2018). Así mismo, en la cumbre de la tierra, se trataron temas sobre el medio ambiente y desarrollo sostenible, donde después de llevar a cabo diferentes acuerdos durante varios meses, se adoptó la convención del marco de las naciones unidas en 1992 (Red de Justicia Ambiental, 2012).

En Berlín, en el año de 1995 se realizó una nueva ronda de negociaciones y conversaciones, para la adopción de compromisos mayores por parte de los países industrializados, donde se conoce como el mandato de Berlín (Arámbula Reyes, 2007). Sin embargo, dos años después, se efectúa la adopción del protocolo de Kioto, el cual asigna a los países desarrollados una meta de reducción global de un 5% de emisiones, por debajo de los niveles del año 1990 (Centro de extensión Universitaria y Divulgación Ambiental de Galicia, 2017). En el caso de los países en vía de desarrollo, no tienen obligaciones legales de mitigar, sin embargo, periódicamente deben comunicar sobre las emisiones de gases de efecto invernadero dentro del país, teniendo en cuenta políticas encauzadas a su reducción. (García Arbelaez et al., 2016).

A lo largo del tiempo, se ha forjado una gran preocupación por las consecuencias en torno al cambio climático, logrando que los gobiernos de cada país comiencen a buscar alternativas viables para la disminución de los gases de efecto invernadero. Es por esto, que se abre la importancia a la elaboración de los inventarios de emisiones, ya que estos cuantifican de forma periódica y actualizada los focos de emisiones antropogénicas, con el objeto de poder llevar a cabo la toma de decisiones en materia de mitigación y reducción (Pulido Guio et al., 2015).

En Colombia, se formularon unas medidas para la mitigación nacional de los gases de efecto invernadero, por medio de diferentes líneas estratégicas que se enfocan en cada sector productivo, teniendo en cuenta cada uno de los actores con sus competencias específicas. De igual manera, para el año 2030, el país busca reducir en un 30% las emisiones, es decir, 99.7 millones de toneladas de CO₂ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016b). Es por esto, que se incrementa el interés, por parte de las instituciones educativas, en realizar la cuantificación de los gases de efecto invernadero, no solamente por contribuir en la reducción del calentamiento global, sino también, para buscar una oportunidad como organización, ya que dependiendo de las alternativas que se propongan, se puede generar un beneficio financiero y claramente, entrar en competitividad con otras universidades en materia medio ambiental (Piñeros et al., 2017).

Las Instituciones de Educación Superior, son de gran importancia como actores influyentes, para promover políticas y estrategias de gestión, dentro de las comunidades y el gobierno. En el caso de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, se realizó la estimación de los gases de efecto invernadero el cual tuvo definido como fuentes de emisión a escala temporal ya que se tenían inventarios de comportamientos históricos anteriores. Así mismo, a nivel de escala espacial se tuvo en cuenta la cantidad de estudiantes, área construidas, aulas de clases, zonas de almacenamiento, cafeterías etc. Las fuentes de emisión definidas dentro de los límites operacionales según cada uno de los 3 alcances definidos en la norma ISO 14064-1 fueron el uso de combustibles, la energía eléctrica, viajes aéreos, generación de residuos, entre otros. Posteriormente, para la elaboración del inventario, se tuvo en cuenta un factor de emisión distinto para cada tipo de actividad, donde se obtuvo un resultado global de 1688,385 Ton de CO₂ emitidas para el año 2015 (Piñeros et al., 2017).

Así mismo, la Universidad Santo Tomás a nivel multicampus, realizó la medición de la huella de carbono en el año 2017 y 2018. En el primero, fue realizado por la empresa CO₂CERO y el segundo fue realizado por un estudiante de la universidad de Ingeniería Ambiental; en ambos se utilizó la metodología del GHG Protocol, pero en el año 2018, el estudiante combinó esa metodología con la ISO 14067, para poder determinar y cuantificar las emisiones. Así mismo, se clasificaron las actividades en tres alcances, donde se tuvo en cuenta los combustibles, refrigerantes, energía eléctrica, vuelos y residuos, los cuales son las actividades que se tienen en común en la cuantificación de los dos años. Es por esto que para el año 2017, se obtuvo un resultado global de la huella de carbono de 2.042,53 Ton de CO₂ eq (CO₂CERO, 2017) y para el año 2018 fue de 2.242,23 Ton de CO₂ eq (Farfán Parra, 2018). Para cada caso, se plantearon estrategias para poder reducir las emisiones como la siembra voluntaria de árboles, programas de educación ambiental sobre prácticas de manejo, control sobre el consumo de gas de las cafeterías, sistematización de lecturas de consumo de energía, etc (CO₂CERO, 2017; Farfán Parra, 2018).

Por otro lado, en la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), se definió como límites organizacionales dos de las cuatro seccionales que están ubicadas en la ciudad de Bogotá, donde se concertó la aplicación de dos de las metodologías más conocidas para la huella de carbono, las cuales son el GHG Protocol y la norma estandarizada ISO 14064-1. Posteriormente, para los límites operacionales se clasificaron en cada uno de los tres alcances donde se tuvo en cuenta la flota vehicular, el tratamiento de aguas residuales, consumo de energía,

tratamiento de residuos peligrosos, entre otros. En este caso, se obtuvo como resultado global de las dos sedes un total de emisiones de 582,14 Ton de CO₂ eq para el 2014 año base y para el año comparativo que fue 2015, fueron de 511,58 Ton de CO₂ eq. De acuerdo a los resultados obtenidos, se establecieron unas estrategias para poder disminuir las emisiones, como el ahorro de energía por medio de bombillas LED, siembra de árboles para compensar las emisiones, utilización del CH₄ para la producción de energía, entre otras (Aponte Quiñones, 2017).

Para la Universidad Industrial de Santander (UIS), se tuvo en cuenta como referente una división entre fuentes fijas y móviles, con su respectivo factor de emisión, donde se incluyó los equipos de cómputo, aires acondicionados, laboratorios, circuitos de iluminación, comedores, desplazamiento universitario, entre otros aspectos. En consecuencia, se obtuvo como resultado una emisión de 4.112 Ton de CO₂ (Chacón Picon, 2011). De acuerdo al resultado obtenido, se propusieron varias estrategias de mitigación como los programas de control de emisiones vehiculares, implementación de pico y placa universitario y de igual manera, proponen realizar conferencias para disminuir los viajes aéreos y terrestres universitarios (Chacón Picon, 2011).

En cuanto a la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), se realizó un reporte del cálculo de huella de carbono para tener conocimiento de las fuentes de emisión y puntos críticos para la toma de decisiones respecto a ello. Se tuvo en cuenta todas las emisiones de acuerdo a cada uno de los tres alcances de los automóviles, plantas eléctricas, hornos, estufas, consumo de agua y papel entre otras. De acuerdo a lo identificado, se obtuvo un resultado específico de emisiones 8.969 Ton de CO₂ y por consiguiente, se planteó unas propuestas de mitigación para el campus central de la universidad, como la restricción de vehículos con pico y placa, creación de una plataforma para compartir el vehículo al mismo destino, día sin carro, clases virtuales, gestión de las salidas académicas, entre otros (Universidad Tecnológica de Pereira, 2018)

Del mismo modo, la Universidad Libre de Colombia realizó un inventario de emisiones, utilizando tres guías estandarizadas como lo son NTC 14064-1, NTC 14064-3 y el GHG Protocol para su respectiva aplicación. Posteriormente, se identificó los límites organizacionales, donde se tuvo en cuenta las dos sedes ubicadas en la ciudad de Bogotá y en cuanto a los límites operacionales, se dividieron en los tres alcances, priorizando las fuentes de emisión más significativas, como lo fueron las salidas de campo, producción de compost, consumo de energía, disposición de aguas residuales y residuos, rutas de medios de transporte de docentes y universitarios, entre otros. En este caso, se obtuvo como resultado un total de emisiones de

46700.277 Ton de CO₂, de manera que con el resultado obtenido, se formularon estrategias adecuadas para poder implementar en la institución, como instalación de sensores en áreas donde no se requiere luz todo el tiempo, campañas de ahorro de energía y agua, limpieza periódica de equipos, compensación por siembra de plantas nativas, entre otras (Rodríguez Bernate & Martínez Cortes, 2018).

Los estudios de inventario de gases de efecto invernadero, se han efectuado tanto a escala nacional y a niveles regionales; teniendo en cuenta, que las instituciones en Colombia lo han forjado como una estrategia para poder identificar cada uno de los impactos que se puedan generar. Además, estos estudios pueden servir como base, para la formulación de las políticas del país, de acuerdo a toda la información y resultados obtenidos. Igualmente, es importante para generar un compromiso ambiental dentro de las instituciones, con iniciativas y prácticas de sostenibilidad que puedan contribuir al desarrollo económico y social (Rodríguez Bernate & Martínez Cortes, 2018).

6. Marco de referencia

6.1 Marco teórico

Un inventario de emisiones es un conjunto de datos que identifican las emisiones de uno o varios contaminantes emitidos al aire, los cuales dependen del tipo de fuente y la cantidad de contaminantes producidos en un intervalo de tiempo y un área determinada (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Los inventarios son herramientas esenciales para fines científicos y como instrumento en la gestión de la calidad del aire; a nivel científico es empleado para desarrollar modelos de transporte químico de contaminantes del aire, y para la gestión de la calidad está enfocado en la toma de decisiones, para verificar el cumplimiento de los objetivos en los convenios nacionales y protocolos internacionales, siendo este último, el punto de partida para identificar el foco de contaminación, y así poder evaluar e implementar programas y medidas de control que contribuyan en la reducción de emisiones, y por lo tanto, en la mejora de la calidad del aire (J & T, 2003).

Par calcular la huella de carbono, existen diferentes metodologías que presentan distintos enfoques y gases de efecto invernadero a estimar, las más reconocidas son: la metodología de la ISO 14064-1 y el GreenHouse Gas Protocol, las cuales solo incluye los GEI del protocolo de Kioto, mientras que el Bilan Carbone, PAS 2050 y 2060 incluyen todos los GEI existentes (Ihobe, 2013).

No obstante, la metodología más conocida y aplicada a nivel mundial es GHG Protocol, la cual establece marcos globales estandarizados para medir y gestionar las emisiones de GEI de las actividades y operaciones del sector público y privado, por medio de tres alcances; el alcance 1 que incluye las emisiones directas de fuentes controladas o que son propiedad de la empresa. El alcance 2, sobre las emisiones adquiridas por el consumo de energía eléctrica y el alcance 3, el cual es una categoría opcional; abarca la emisiones indirectas que no son propiedad o controladas por la empresa (Ranganathan et al., 2001). Para el uso de esta metodología es de gran importancia determinar los límites organizacionales y operacionales de la entidad a la cual se va a realizar el inventario. El primero hace referencia a la definición de las unidades, áreas o estructura de la organización a la que se pretende cuantificar los GEI, entre tanto, para los límites operacionales

implica la identificación de las emisiones (directas e indirectas) asociadas a los procesos que se desarrollan dentro de la organización (Ranganathan et al., 2001).

Por otro lado, la cuantificación de emisiones se puede realizar por tres métodos diferentes, el más común y preciso, es la medición directa; la cual utiliza un sistema de monitoreo continuo sobre cada fuente de emisión. El segundo método es el balance de masas que utiliza la información de las entradas y salidas de cada uno de los procesos y fuentes de emisión. Sin embargo, debido al costo que representa la medición directa, para obtener datos en todas las fuentes y la detallada información que requiere un balance de masas, son de difícil aplicación, razón por la cual se opta por el método de factores de emisiones, como el más común para realizar inventarios en las universidades (Viroso et al., 2015)

El método de factores de emisión es indirecto y está basado en información general del comportamiento típico de un proceso o un equipo, y consiste en relacionar la información de los procesos de cada actividad (factor de actividad), con las emisiones asociadas a los procesos de dicha actividad (factor de emisión). Estos factores, ya se encuentran estandarizados para cada país de acuerdo al tipo de actividad (European Environment Agency, 2016), no obstante, cuando no se cuenta con los factores de emisión a nivel local, se utilizan los factores de referencia suministrados por el “AP-42” de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA), el “EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook”, de la Agencia Ambiental Europea, o la base de datos del IPCC para el caso de emisiones de gases efecto invernadero (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017),(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013).

A pesar que el objetivo principal del inventario es cuantificar las emisiones atmosféricas, la información obtenida puede ser utilizada para atender diferentes necesidades, tales como, información de emisiones para formular y evaluar estrategias enfocadas a la prevención y control de la contaminación del aire, para diseñar sistemas de vigilancia de calidad del aire, para implementar y dar seguimiento a mecanismos enfocados a la reducción de las emisiones, entre otros. Razón por la cual, los inventarios tienen propósito o enfoques diferentes que dependen del nivel, disponibilidad y calidad de información, así como el alcance deseado, permitiendo evaluar y formular estrategias que garanticen la reducción de las emisiones atmosféricas.

6.2 Marco conceptual

A las actividades humanas se les atribuyen gran parte de la alteración de la composición de la atmósfera, generando cambios en la variabilidad climática no antes vistos (Naciones Unidas, 1992). Debido a esto, se ha ido forjando un aumento gradual a largo del tiempo de la temperatura global de la superficie atmosférica por las emisiones antropogénicas. Así mismo, se les atribuyen en mayor proporción, el aumento de partículas y productos gaseosos secundarios, que se han ido incrementando por medio de los procesos industriales como fuentes fijas y por medio de los automotores como fuentes móviles (M. y E. A. Instituto de Hidrología, 2014).

Los gases de efecto invernadero (GEI), son componentes de la atmósfera que pueden ser emitidos tanto natural como antropogénicamente (Naciones Unidas, 1992). Las composiciones de estos gases, han cambiado constantemente, lo cual ha ocurrido desde las transacciones glaciales como respuesta a las fuerzas orbitales (Benavides, 2007). En la actualidad, la humanidad está generando una influencia sobre el clima, y por ende, en las concentraciones de los gases de efecto invernadero, ya que estos, reducen la pérdida de radiación infrarroja en el espacio y tienen poco impacto en la absorción de los rayos UV, por lo que se genera un aumento en la temperatura global produciendo así, el efecto invernadero (Benavides, 2007).

Por medio del inventario de emisiones, se caracterizan y se consolidan todas las emisiones de GEI, ya sea de acuerdo al tipo de fuente o al tipo de contaminantes emitidos. El tipo de fuente se divide en dos categorías, la primera, son las fuentes móviles, las cuales son susceptibles a desplazarse como los automotores o vehículos de transporte. Posteriormente, las fuentes fijas, se caracterizan por estar situadas en un lugar específico; de igual forma, estas últimas, se clasifican en dos, la primera son las fuentes puntuales, las cuales emiten contaminantes por ductos o chimeneas, y las otras son las fuentes difusas, las cuales, se dispersan en un área por el desplazamiento de la acción, que da lugar a la emisión (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Del mismo modo, las emisiones se pueden categorizar de acuerdo a las operaciones efectuadas por una empresa u organización, por tal motivo, están determinadas como directas o indirectas. En primer lugar, las emisiones directas, son las que pueden ser controladas por la organización en el desarrollo de sus actividades; mientras que las emisiones indirectas, son efectuadas por el desarrollo de las actividades, pero no son controladas por la organización (Estévez, 2017).

Para la cuantificación de las fuentes, se determina el número total de las fuentes en un área geográfica específica, para poder estimar la cantidad de emisiones de GEI, que se liberan a la atmósfera, utilizando un factor de emisión (Naciones Unidas, 1992). Este factor, es un dato representativo de una actividad específica, que se relaciona con el dato de la actividad, para obtener dicha emisión (M. y E. A. Instituto de Hidrología, 2016a). Por otro lado, se debe tener en cuenta el dato de actividad, el cual relaciona la magnitud de una actividad en un periodo de tiempo determinando (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Finalmente, ya teniendo las fuentes de emisión de acuerdo a las actividades específicas, se lleva a cabo el cálculo de la huella de carbono, el cual mide la cantidad total de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), que pueden estar causadas directa o indirectamente por una actividad o proceso (Nuñez Monroy, 2012). Por consiguiente, de acuerdo a los resultados y datos obtenidos, se efectúa la implementación de estrategias que puedan reducir las fuentes de GEI y lograr el aumento de los sumideros de carbono (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, 2001).

6.3 Marco legal

En el Anexo 1 se presenta la normativa legal vigente que comprende leyes, decretos, resoluciones y protocolos aplicados para Colombia sobre las emisiones de GEI. Teniendo como propósito principal, el garantizar la preservación de la calidad del aire y la reducción del deterioro del medio ambiente, razón por la cual, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) ha adoptado estrategias que permiten el seguimiento y control de las emisiones contaminantes por medio de procedimientos y técnicas estándares para su respectivo monitoreo.

7. Metodología

7.1 Fase 1. Diagnóstico

7.1.1 Caracterización de las actividades de la institución.

Se estableció en la Universidad Santo Tomás – campus Aguas Claras sede de Villavicencio campus Aguas Claras, una inspección ocular de cada una de las áreas, unidades y dependencias que conforman la universidad, para lograr identificar, cuáles son los focos de emisión causantes del aumento de los GEI. Posteriormente, fue realizada una revisión previa y pertinente del Sistema de Gestión Ambiental, para poder identificar el mapa de procesos y sus respectivas actividades. La caracterización se realizó, teniendo en cuenta cada uno de los 3 alcances pertenecientes al GHG Protocol para poder cuantificar las emisiones de la universidad.

7.1.2 Recolección de información.

Luego de realizar las inspecciones previamente, se llevó a cabo un proceso de recolección de información, la cual se obtuvo, a través de la Coordinación de Gestión Ambiental y la Coordinación de Planta Física y Servicios Generales. Siendo de relevancia para realizar los cálculos para la estimación de las emisiones de GEI.

En el proceso de recolección, se recopilaron datos como el consumo de energía eléctrica para el año 2019, las áreas, unidades y dependencias con cantidad y tipos de luminarias, cantidad de aires acondicionados con sus referencias específicas y tipo de refrigerante, cantidad de residuos generados y reciclados tanto anualmente como mensualmente, cantidad de automóviles y motocicletas que entraron en el 2019, cantidad de vuelos corporativos para el año 2019 y los tipos de combustibles usados por parte de la planta eléctrica y cafeterías. De manera paralela, por medio de la Coordinación de Gestión Ambiental, se identificó cuáles son las actividades que conforman los procesos, para poder determinar la inclusión de estos en la cuantificación de las emisiones conforme al GHG Protocol, según las fuentes de emisión.

Por otro lado, se utilizó una encuesta, ya realizada previamente en el año 2019, por los estudiantes Ronald Steven Caro Jiménez y Frayther Hernán Parrado Parrado pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Ambiental, en el desarrollo de su trabajo de grado titulado “LÍNEA BASE DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO GENERADAS POR LOS DESPLAZAMIENTOS REGULARES POR PARTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA PARA IR DESDE Y HACIA LOS CAMPUS DE LA USTA VILLAVICENCIO”. Donde se recopilaron y utilizaron, 5 preguntas sobre movilidad terciaria con sus respectivos datos, para lograr cuantificar y obtener las emisiones de CO₂, generadas por el desplazamiento de la comunidad universitaria (Caro Jiménez & Parrado Parrado, 2020). Es importante resaltar, que las encuestas fueron realizadas incluyendo toda la comunidad universitaria que corresponde a los dos campus de la sede de Villavicencio, pero la recopilación de datos, se realizó en torno a los trayectos desde y hacia el campus Aguas Claras. Además, la pertinencia de utilizar una encuesta ya aplicada, se debe a las condiciones externas, por confinamiento preventivo por la pandemia presentada del virus COVID-19, siendo oportuno y aceptable el uso de éste tipo de información para el desarrollo del trabajo.

7.2 Fase 2. Inventario de emisiones

7.2.1 Clasificación y caracterización de las fuentes de emisión.

Con la información recopilada en la Fase 1 y de acuerdo a los procesos establecidos en el Sistema de Gestión de la Calidad de la Universidad, se estableció los límites organizacionales, límites operacionales y las actividades más relevantes que generan GEI, las cuales se incluyeron en este inventario.

Seguidamente, se clasificó cada una de las fuentes de emisión a partir de los lineamientos y los tres alcances establecidos por el GHG Protocol (ver tabla 1), el cual indica que se requiere de un año base, que contenga los registros de los recursos consumidos, para iniciar la cuantificación de las emisiones (Ranganathan et al., 2001). Es por esto, que se tuvo en cuenta el inventario de emisiones del año 2017 realizado por la empresa CO₂CERO a nivel multicampus para la Universidad Santo Tomás (CO₂CERO, 2017). Sin embargo, para el desarrollo de este trabajo, se utilizaron únicamente los resultados obtenidos para el campus Aguas Claras sede de Villavicencio.

Se realizó la elección del 2017 como año base, ya que a partir de este año la institución cuenta con un registro sobre los consumos que generan algunas actividades como el consumo de energía eléctrica, la generación de residuos sólidos, el uso de refrigerantes, combustibles y aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), entre otros, que influyen sobre las emisiones de GEI de la Universidad, y para este trabajo se evaluó el comportamiento de dichas actividades durante el año 2019.

Luego de clasificar cada una de las fuentes y/o actividades de acuerdo a los alcances del GHG Protocol, se procedió a caracterizar y cuantificar cada una de las fuentes identificadas, teniendo en cuenta la información obtenida para cada fuente, en relación con las características de la actividad, con el tipo, uso y/o consumo de combustible, entre otros datos, que fueron relevante en el inventario realizado.

Tabla 1. *Clasificación de los alcances, según el GHG Protocol*

Alcance	Descripción
Alcance 1. Emisiones directas	Provenientes de fuentes que pertenecen o son controladas por la institución
Alcance 2. Emisiones indirectas	Generadas por el consumo de energía eléctrica
Alcance 3. Otras emisiones	Se producen a partir de fuentes que no son propiedad o controladas por la institución

Nota: GHG Protocol (Ranganathan et al., 2001).

7.2.2 Implementación del método de cálculo.

El método que reporta mayor precisión es el de medición directa mediante monitores y el más utilizado es el de balance de masas, sin embargo, estos métodos no son tan aplicables para los inventarios en las universidades (Virosa et al., 2015), razón por la cual se optó por el método de Factores de Emisión Documentados (FE), para realizar los cálculos de este inventario; donde se relaciona la información del proceso de la actividad con las emisiones asociadas a dicha actividad, que se genera en un intervalo de tiempo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Toda la información relacionada con los datos de operación, consumos, el uso y tipo de combustibles, las características y eficiencias de los equipos, previamente suministrada por dependencias de la Universidad. Por otro lado, los factores de emisión fueron indagados dependiendo del tipo de fuente y emisión de cada actividad.

No obstante, cada país cuenta con un factor independiente relacionado con la energía, sin embargo, para algunas actividades no se tiene el factor nacional determinado, razón por la cual se utiliza los factores de emisión estandarizados a nivel mundial, como los establecidos por la EPA. Cabe resaltar que, debido a la complejidad para determinar ciertas características de algunas actividades, fue necesario el uso de calculadoras que permitieron cuantificar las emisiones de dichas actividades. En el Anexo 2 se puede apreciar de forma más específica y el porqué de la selección de cada factor o herramienta.

7.2.3 Cuantificación y análisis de las emisiones.

Una vez recopilada toda la información del año 2019 y siguiendo los lineamientos del GHG Protocol, se aplicó el método de factor de emisión documentados, de acuerdo con la ecuación 1:

$$E = FE * DA \quad (Ec 1)$$

Donde:

E: es la emisión de la actividad

FE: es el factor de emisión

DA: es el dato de actividad. (Ranganathan et al., 2001)

Como se mencionó en la Fase 1, la información utilizada para el cálculo de las emisiones generadas por la movilidad terciaria, fue extraída de la encuesta (Caro Jiménez & Parrado Parrado, 2020), razón por la cual, es pertinente mencionar que hacer uso de dichos datos y para poder cuantificar las emisiones generadas por el desplazamiento de la comunidad universitaria al campus, se requiere una metodología diferente.

Bajo este contexto, es necesario definir el tamaño de la muestra poblacional; mediante procesos matemáticos, para este caso, se realizó por muestreo probabilístico aleatorio simple, para garantizar que los datos obtenidos son representativos de la población y permitiendo eliminar la

incidencia del error (López, 2004). Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2(N - 1) + Z^2 pq} \quad (Ec 2)$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

Z= se toma en relación al 95% de confianza, que equivale a 1,96

d= límite aceptable de error 5%

p= porción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia 50%

q= porción de la población de referencia que no representa el fenómeno en estudio 50%

Posteriormente, se indago sobre el rendimiento energético de los combustibles para poder convertir los kilómetros recorridos a galones consumidos según el tipo de vehículo (Ver tabla 2). Cabe resaltar que, para calcular el combustible utilizado para esta actividad, se consideró un periodo de 34 semanas y toda la población universitaria.

Tabla 2. *Tipo de vehículo con su respectivo rendimiento energético*

Tipo de Vehículo	Rendimiento energético
Bus	20 km/gal
Taxi	15 km/m3
Motocicleta	124 km/gal
Vehículo Particular (Gasolina)	33 km/gal
Vehículo Particular (Diesel)	40 km/gal

Nota: Caracterización energética según el tipo de vehículo en Colombia. Adaptado de (Unidad de Planeación Minero-Energética, 2010), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Luego de obtener el combustible total utilizado por toda la comunidad, se procedió a calcular los GEI (CO₂, CH₄ y N₂O), generados por la quema de combustibles producidas por el desplazamiento hacia la Universidad. Como primer paso se transformó los datos de combustible, de unidades de volumen a unidades de masa por medio de la densidad de cada tipo de combustible.

Tabla 3. *Tipo de combustible con su respectiva densidad*

Combustible	Densidad (kg/m³)
Gasolina	730
Diesel	850
Gas	0,423

Nota: Adaptado de (AES Colombia, 2007; Gasnam, 2016; Repsol, 2008), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Para obtener la cantidad de combustible quemado en unidades de energía, se utilizó la masa de combustible previamente calculada y los valores caloríficos netos determinados por la UPME (Ver tabla 4).

Tabla 4. *Tipo de combustible con su respectivo poder calorífico*

Combustible	Poder Calorífico (kg/TJ)
Gasolina	0,00004532
Diesel	0,00004242
Gas	0,00003949

Nota: Características caloríficas según el tipo de combustibles. Adaptado de (Arrieta et al., 2015), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Siguiendo la Ecuación 1, se multiplicó el combustible expresado en energía por el factor de emisión correspondiente y se expresó las emisiones en Kg CO₂ eq, según el medio de transporte y la categoría que lo generó. Finalmente, se sumaron todas las emisiones calculadas, para obtener el total de emisiones de GEI y se transformó a unidades de Ton CO₂ eq, obteniendo así las emisiones producidas por el transporte terciario para el año 2019.

Tabla 5. *Factores de emisión, de acuerdo a cada tipo de combustible*

Combustible	Factores de emisión (kg/TJ)		
	CO₂	CH₄	N₂O
Gasolina	69323,68	1	0,6
Diesel	74193,48	3	0,6
Gas	55539,08	1	0,1

Nota: Adaptado de (Unidad de planeación minero-energetica, 2016), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Luego de calcular las emisiones para cada una de las fuentes, se realizó el respectivo análisis con los resultados obtenidos para el año 2017, como año base. Para evaluar el comportamiento de las emisiones totales, con base en el tipo y fuente de emisión, se realizó un análisis comparativo mediante gráficos y diagramas, que permitió identificar aquellas actividades más influyentes en la generación de GEI, así como aquellas que obtuvieron una mejora en el sentido de reducción.

7.3 Fase 3. Estrategias para reducir las emisiones atmosféricas

7.3.1 Formulación de estrategias y propuestas de posibles tecnologías, para la reducción de la huella de carbono, en el campus universitario.

Una vez obtenido los cálculos, analizado la información y comparando las emisiones con el año base, se logró identificar cuáles fueron las actividades o fuentes que incrementaron en mayor medida las emisiones de GEI, y por lo tanto se establecieron como las mayores responsables de la huella de carbono del campus universitario, razón por la cual en esta fase se centró las estrategias sobre dichas actividades.

De acuerdo a los resultados obtenidos, por medio de la información ya previamente cuantificada, fue necesario realizar una visita adicional al campus Aguas Claras, para verificar la cantidad de lámparas exteriores, cantidad y tipo de luminarias, cantidad de equipos de cómputo, cantidad de impresoras y las medidas de las ventanas de las aulas de clase, esta información se utilizó para poder plantear las estrategias respectivas.

Finalmente, se definieron las propuestas sobre las diferentes estrategias y tecnologías aplicables dentro del campus a manera de disminuir dichas emisiones, fueron evaluadas, teniendo en cuenta los gastos estimados que a la Universidad le implicaría en caso de ser implementadas para obtener una rentabilidad a mediano y a largo plazo. Así mismo, se realizaron unas comparaciones de las propuestas definidas, obteniendo un análisis exhaustivo de la viabilidad tanto económica como ambiental, que pueda generar, si se llegaran a implementar dichas estrategias dentro del campus.

8. Resultados

8.1 Fase 1. Diagnóstico

8.1.1 Caracterización de las actividades de la institución.

Mediante las visitas realizadas al campus Aguas Claras, se logró identificar pertinentemente la cantidad de focos de emisiones que inciden en el aumento de la huella de carbono, pero solo se tuvieron en cuenta seis variables de las cuales, se tiene datos oportunos y completos, que nos competen para la realización y cuantificación de nuestro estudio. A continuación, en la tabla 6, se presenta cada una de las variables identificadas con sus respectivas fuentes.

Tabla 6. *Actividades institucionales con sus respectivas fuentes de emisión*

ACTIVIDAD	FUENTE
Consumo de energía eléctrica	Luminarias y AEE
Movilidad terciaria	Desplazamiento de la comunidad universitaria
Generación y manejo de residuos	Comunidad universitaria y servicios generales
Consumo de combustibles	Planta eléctrica y cafeterías
Vuelos Corporativos	Comunidad universitaria
Refrigerantes	Aires Acondicionados

Nota: Variables que influyen en el aumento de los gases de efecto invernadero en la universidad Santo Tomás campus Aguas Claras, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Respectivamente, se identificó el mapa de procesos de la Universidad, para poder identificar cada uno de los procesos existentes en cada una de las dependencias universitarias. Adicionalmente, el mapa de procesos muestra, las divisiones existentes categorizadas procesos de apoyo de color amarillo, procesos misionales de color verde y procesos estratégicos de color azul, que podemos encontrar en la universidad. Dentro del mapa, el Sistema de Gestión Ambiental (SGA), está inmerso de manera implícita en el aseguramiento de la calidad, en compañía y

adherencia con otros sistemas de gestión como lo son el Sistema de Gestión de Calidad y el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Estos tres sistemas trabajan articuladamente, pero cada uno de ellos cuentan con unos requisitos específicos, como es el caso del SGA que busca el cumplimiento de política ambiental, los programas y los objetivos del sistema, y aunque la universidad aún no cuenta con una certificación correspondiente para ninguno de los sistemas, se está planeando y trabajando para acceder a una certificación conjunta como sistemas integrados de gestión (Universidad Santo Tomás, 2020c).

Es importante resaltar, que la Universidad Santo Tomás, ha estado participando desde el año 2017 en el Ranking de las Universidades Verdes, donde se evalúan temáticas como la huella de carbono, recurso hídrico, planta física, proyectos académicos, investigación, proyección social, entre otros aspectos. La primera participación, ubicó a la Universidad en el puesto 388 de 619 universidades que participaron a nivel internacional; posteriormente, en el año 2018 ascendió al puesto 328 de 619 universidades; y por último para el año 2019, quedó en el puesto 301 de 780 Universidades que participaron (Universidad Santo Tomás, 2020c). Cada año, han tenido una participación activa y exitosa en el ranking, ya que ha ido ascendiendo progresivamente, y la Universidad está dispuesta a asumir nuevas responsabilidades y retos que conlleven a su mejora respectiva.

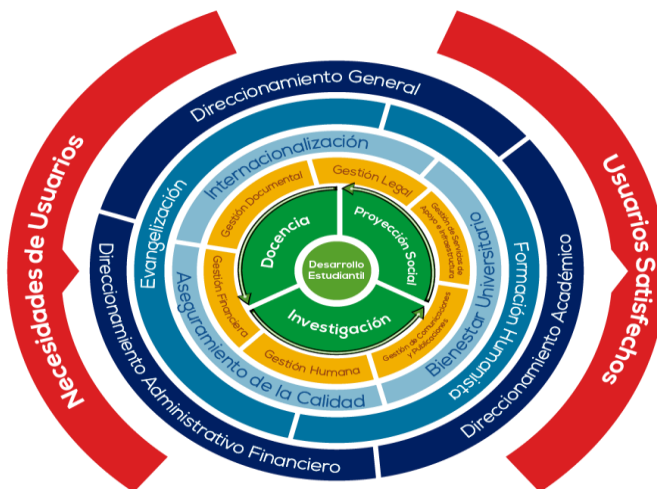


Figura 2. Mapa de procesos del sistema de gestión de calidad, por (Universidad Santo Tomás, 2020a).

Es por esto, que el aporte de nuestro trabajo, sería positivo, ya que, de acuerdo a las propuestas y estrategias tecnológicas planteadas, le permitirá al campus Aguas Claras, disminuir significativamente las emisiones, siendo este trabajo, un insumo a una de las temáticas evaluadas en el ranking. Además, es una continuación de los inventarios de emisiones realizados en el año 2017 y 2018, lo cual, permite a la Universidad llevar a cabo la toma de decisiones con respecto a los resultados obtenidos del componente huella de carbono, proponiendo diferentes medidas que conlleven a su respectiva mejora en el campus universitario.

8.1.2 Recolección de información.

Por medio del mapa de procesos identificado en la figura 2, se logró determinar que el Sistema de Gestión Ambiental, se encuentra inmerso en el proceso de Aseguramiento de la Calidad, junto con otros sistemas de gestión. Así mismo, los procesos están conformados por unos líderes y unas dependencias, donde estas últimas se dividen en unidades, programas, coordinaciones, sindicaturas y administrativos. De acuerdo a esto, se determinó la mayor viabilidad para obtener la información sobre las fuentes de emisiones de GEI. En este caso se optó por realizar la cuantificación de las emisiones de acuerdo al desarrollo de las diferentes actividades que se realizaron en el campus para el año 2019, debido a que la Institución no cuenta con un registro individual de los consumos generados en cada una de las unidades y dependencias tanto administrativa como académicas, es decir que los datos obtenidos están relacionados con los consumos globales de las actividades que se efectúan dentro del campus Aguas Claras.

De acuerdo a los datos recopilados en la Fase 1 y anteriormente definidas las fuentes de emisiones generadas a nivel institucional, se obtuvo una base de los consumos específicos para el año 2019, los cuales serán utilizados posteriormente para realizar la cuantificación dada, por medio del GHG Protocol, utilizando los factores de emisión estandarizados. A continuación, en la tabla 7, se incluirán cada una de las fuentes identificadas en el campus universitario con sus respectivos datos.

Así mismo, se realizó la obtención de otros datos como lo fueron el tipo de aire acondicionado utilizado en el campus, el cual es LG Inverter que usa un tipo de refrigerante R410A (ver Anexo 10), respectivamente las plantas eléctricas del Campus son de marca STAMFORD X165L512715, las cuales utilizan como combustible el ACPM. Por último y no menos importante, el porcentaje

de áreas académicas, administrativas y de apoyo del Edificio B cuentan con el 100% luminarias tipo LED, en cuanto al Edificio A, solo el 80% de las áreas tiene luminarias tipo LED y el restante corresponde a bombillos fluorescentes e incandescentes (Universidad Santo Tomás, 2020c).

Tabla 7. Datos obtenidos por medio de la coordinación de sistema de gestión ambiental del año 2019

DATOS	CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD
Energía Eléctrica	N/A	1464447	kW/h año
Refrigerantes	R410A	329,8	kg
Consumo de combustible	GLP	720	gal/año
	Gas natural	2400	lb/año
	ACPM	329	gal/año
Residuos generados	Mixtos	1528,5	kg/mes
Residuos reciclados	Cartón	589	kg/año
	Plástico	558	kg/año
	Papel	460	kg/año
	Otros	164	kg/año
Vehículos	Automóviles	69380	Anual
	Motocicletas	37400	Anual
Vuelos corporativos	Total Pasajeros	259	Pasajeros
	Nacionales	20	Vuelos
	Internacionales	11	Vuelos
Luminarias	Edificio A y B	1647	Cantidad
Aires Acondicionados	Edificio A	117	Cassetes
	Edificio B	172	Cassetes

Nota: Consumos y cantidades, de los datos específicos para el año 2019. Adaptado de (Universidad Santo Tomás, 2020c), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.1.2.1 Consumo de energía.

En la figura 3, se puede observar, la incidencia de tres picos de consumo; el inicial, va en el primer semestre del año 2019, desde inicios de febrero con disminución en mayo y el segundo en ese mismo semestre con aumento en junio y reducción en julio. El tercer pico se observa, en el segundo

semestre del año, desde mediados de agosto, finalizando a inicios de noviembre. El aumento del consumo de energía se debe a la existencia de dos periodos académicos donde en cada uno de ellos, hay un aumento progresivo de estudiantes ingresando a cada uno de los diferentes programas universitarios, que pasaron a ser desde el año 2017 de 9 programas a 15 programas para el año 2019, incluyendo pregrado, especialización y maestría (Universidad Santo Tomás, 2019).

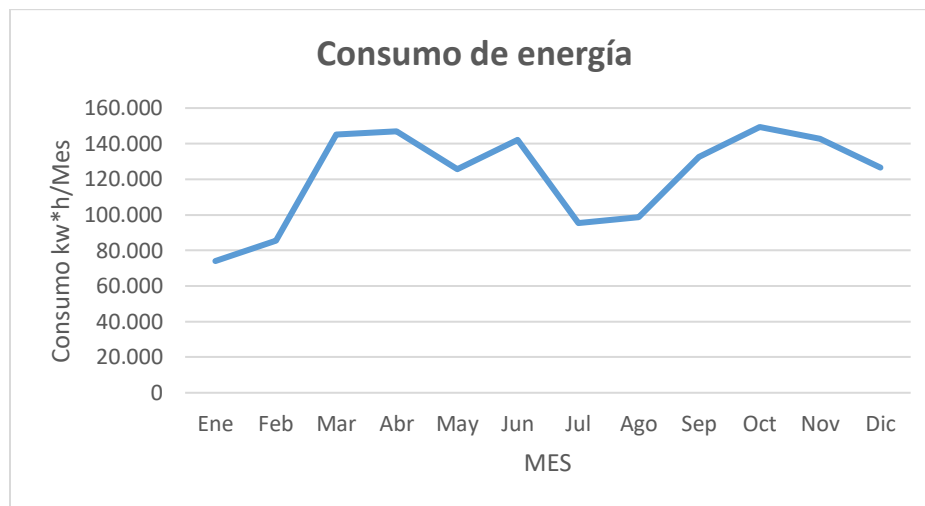


Figura 3. Consumo de energía de la Universidad Santo Tomás- campus Aguas Claras para el año 2019. Adaptado de (Universidad Santo Tomás, 2020c), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020)

Por otra parte, el consumo aumenta, por la utilización continua de diferentes aparatos y equipos como lo son el video beam, aires acondicionados, computadores entre otros. Además, el uso continuo de diferentes espacios que requieren el uso de energía como lo son la biblioteca, zonas administrativas, los laboratorios, salas de estudio, salas de cómputo, cafeterías, etc.(Universidad Santo Tomás, 2019).

En los picos bajos que se encuentran en los meses de junio-julio y diciembre-enero, es donde existe el menor consumo de energía, ya que, en estos meses, la población estudiantil no se encuentra en sus actividades académicas y, por ende, el consumo de energía disminuye. No obstante, el consumo de energía se sigue evidenciando, ya que hay un flujo menor, de personal administrativo, docentes, directivos y algunos estudiantes que realizan intersemestrales en esa época, y por tal motivo se hace uso de diferentes áreas que generan el respectivo consumo de energía, pero no es tan significativo como el mencionado anteriormente.

8.1.2.2 Movilidad terciaria.

Para obtener las emisiones de CO₂ por el desplazamiento de la comunidad universitaria al campus Aguas Claras, se optó por utilizar una encuesta previamente realizada como se especificó en la Fase 1 de la metodología. Los estudiantes que realizaron la encuesta emplearon la plataforma de formularios de Google para poder recopilar y organizar la información con mayor facilidad. De las 37 preguntas que se realizaron a toda la comunidad universitaria, solo se hizo uso y recopilación de la información de 5 de ellas. La encuesta realizada, se efectuó a 630 personas, donde 96 de ellas corresponden a la planta docente, 19 a servicios generales y vigilancia, 53 de directivos y administrativos, 457 estudiantes de pregrado y 5 a estudiantes de postgrado (Caro Jiménez & Parrado Parrado, 2020).

Tabla 8. Cantidad de estudiantes, docentes y administrativos para el año 2019

Comunidad Universitaria USTA Villavidencio 2019 - II		
Categoría	Clasificación	Nº personas
Estudiantes	Pregrado	3284
	Especialización	139
	Maestría	38
Docentes	Tiempo completo	196
	Medio tiempo	13
	Cátedra laboral	46
Administrativos	Directivos	10
	Coordinador	26
	Profesionales	23
	Técnicos/auxiliares	69
	Practicante/aprendiz	16
Total Comunidad Universitaria		3860

Nota: La Universidad Santo Tomás en cifras, evolución hasta el año 2019. Adaptada de (Universidad Santo Tomás, 2019), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

En el Anexo 3, se podrán observar las preguntas que permitieron cuantificar en la Fase 2 las emisiones de CO₂, relacionadas por movilidad de la comunidad universitaria al Campus.

Mediante la encuesta solo se obtuvo información del 16% de la comunidad universitaria, razón

por la cual fue necesario extrapolar la información a la cantidad total de estudiantes, profesores y administrativos del año 2019, para obtener las emisiones totales generadas por el desplazamiento de la comunidad universitaria al campus.

En la tabla 8 se expone la población universitaria según las categorías del informe estadístico para el año 2019 (Universidad Santo Tomás, 2019), y que para este trabajo fue el universo poblacional; como el conjunto de personas que pertenecen a la comunidad universitaria y que aportan emisiones indirectas de GEI (Alcance 3) por el desplazamiento hacia la institución (Ver Tabla 8).

8.2 Fase 2. Inventario de Emisiones

8.2.1 Clasificación y caracterización de las fuentes de emisión.

Tabla 9. *Clasificación de los espacios del campus Aguas Claras, con sus respectivas cantidades*

TIPO DE ESPACIOS	NÚMERO DE ESPACIOS
Aulas de clase	70
Laboratorios	15
Auditorio mayor	1
Auditorios menores	4
Bibliotecas	2
Salas de sistemas	6
Sala de docentes	4
Video conferencias	2
Sala de negocios	2
Unidades académicas	2
Apoyo a dirección	5
Gimnasio	1
Baños	24
Cafeterías	2
Cince club	1
Oficinas	23

Nota: Adaptado de plano de seguridad y evacuación del campus Aguas Claras, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Siguiendo los lineamientos del GHG Protocol y después de obtener una contextualización de la situación actual de la institución, se determinó los límites organizacionales bajo el enfoque de control operacional; el cual está definido por aquellas emisiones sobre las que la institución ejerce

control. Adicionalmente, se tuvo en cuenta factores como la accesibilidad, disponibilidad y relevancia de la información. Por lo cual, para este trabajo y según la delimitación organizacional para el campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás, las instalaciones físicas que se tuvieron en cuenta para el inventario son todas las que componen el Edificio A y el Edificio B; donde dichos espacios físicos se exponen en la tabla 9.

Por otro lado, los límites operacionales se determinaron a partir de las fuentes de emisiones directas e indirectas de GEI identificadas en la Fase 1, y se clasificaron según los tres alcances del GHG Protocol (ver tabla 10), de acuerdo a las actividades desarrolladas dentro de los límites organizacionales establecidos anteriormente, y priorizando cada fuente de emisión que fue más significativa en la generación de emisiones para cada alcance.

Tabla 10. *Clasificación de las emisiones, de acuerdo a los alcances, actividades y su fuente respectiva*

ALCANCE	ACTIVIDAD	FUENTE
	Consumo de gas	Cafeterías
Alcance 1. Emisiones directas	Refrigerantes	Uso de aires acondicionados
	Consumo de ACPM	Planta de emergencia eléctrica
Alcance 2. Emisiones indirectas	Consumo de energía eléctrica	En todas las actividades realizadas, que requiera de iluminación y el uso de AEE.
Alcance 3. Otras emisiones	Movilidad terciaria	Comunidad universitaria
	Vuelos corporativos	Comunidad universitaria
	Generación de residuos	Comunidad universitaria
	Manejo de residuos	Servicios generales

Nota: Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.2.2 Implementación del método de cálculo.

A razón de que el método de cálculo seleccionado se basa en factores de emisión (FE), en la tabla 11, se puede observar los factores y herramientas que fueron utilizados para cada actividad

en la determinación de sus emisiones, así como su respectiva fuente de referencia garantizando que los datos utilizados son los más apropiados para este contexto.

Tabla 11. *Clasificación de las actividades con su respectivo factor de emisión (cambiar el de 2019)*

CLASIFICACIÓN	ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	REFERENCIA
Alcance 1	Refrigerantes	1,833 kg CO ₂ /kg	RAC TOOLS
	Consumo de Gas Natural	1,9801 KgCO ₂ /m ³	UPME,2016
	Consumo de GLP	0,2642 KgCO ₂ /m ³	UPME,2016
	Consumo de ACPM	0,2868 KgCO ₂ /m ³	UPME 2016
Alcance 2	Consumo de energía eléctrica	0,13 TonCO ₂ /MWh	UPME,2019
Alcance 3	Movilidad terciaria (Gasolina)	0,2829 KgCO ₂ /m ³	UPME,2016
	Movilidad terciaria (Diesel)	0,2868 KgCO ₂ /m ³	UPME,2016
	Viajes aéreos	USO DE HERRAMIENTA	ICAO
	Generación de residuos	USO DE HERRAMIENTA	WARM
	Manejo de residuos	USO DE HERRAMIENTA	WARM

Nota: Adaptado de (Bonilla Madriñan & Herrera Floréz, 2019; GreenHouse Gas Protocol, 2015; Organización de Aviación Civil Internacional, 2018; Unidad de planeación minero-energetica, 2016; United States Environmental Protection Agency, 2018), por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.2.3 Cuantificación y análisis de las emisiones.

Una vez obtenida la información de las actividades con sus respectivos factores de emisión, se procedió a realizar la cuantificación de las emisiones para cada una de las actividades aplicando la ecuación 1.

Cabe resaltar que la ecuación mencionada anteriormente, solo se aplicó para las actividades que contaban con factores de emisión estandarizados. Las emisiones de las otras actividades se determinaron por medio de herramientas de cálculo, como se explicó en el Anexo 2. A manera de ejemplo, se realiza el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica del campus Aguas Claras para el año 2019 como se muestra a continuación:

$$E = 0.13 \text{ tCO}_2 / \text{MWh} * 1\,464,447 \text{ MWh} = 190,38 \text{ tCO}_2$$

En la tabla 12 se presenta la distribución y los resultados correspondientes, sobre las emisiones de GEI generadas por cada una de las actividades seleccionadas para este inventario y que el campus Aguas Claras presentó en el desarrollo de sus actividades para el año 2019. Las actividades que más sobresalen son, la movilidad terciaria, el consumo de energía eléctrica y los viajes aéreos del total de las emisiones del campus.

Tabla 12. *Clasificación de las actividades con su respectiva emisión*

CLASIFICACIÓN	ACTIVIDAD	EMISIONES (Ton CO ₂)
Alcance 1	Refrigerantes	0,57
	Consumo de Gas natural	3,66
	Consumo de GLP	0,28
	Consumo de ACPM	3,34
Alcance 2	Consumo de energía eléctrica	190,38
Alcance 3	Movilidad terciaria	868,39
	Vuelos corporativos	13,83
	Generación de residuos	9,42
	Manejo de residuos	-5,24
Total de Ton CO₂ eq		1084,62

Nota: Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

La huella de carbono de la Universidad Santo Tomás - campus Aguas Claras para el año 2019 fue de 1084,62 Ton CO₂ equivalente; dichas emisiones están determinadas por las emisiones directas e indirectas. Las primeras son aquellas emitidas por fuentes que son propiedad o están bajo control de la Universidad, tales como el consumo de combustibles y el uso de refrigerantes, mientras que las emisiones indirectas, son las que se generan por la adquisición o consumo de energía en las actividades del campus y las emisiones resultado de las actividades del campus Aguas Claras, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la Institución, como el consumo de energía eléctrica, generación de residuos, movilidad terciaria, entre otros. En la figura 4, se presenta el porcentaje de emisión para cada uno de los alcances estipulados, donde el alcance 3, es el de mayor influencia sobre las emisiones de la Universidad con 886,4 Ton CO₂ eq de las emisiones totales, 190,38 Ton CO₂ eq hace referencia al alcance 2 y 7,84 Ton CO₂ eq que aportó el alcance 1.

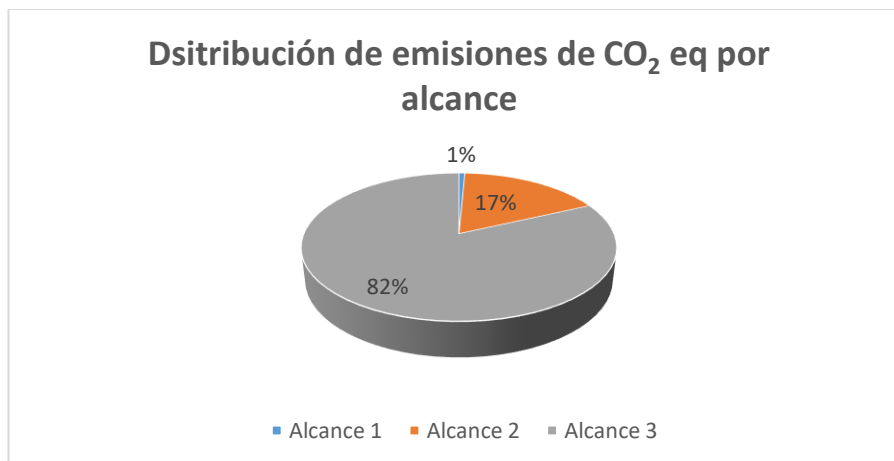


Figura 4. Distribución de las emisiones según los alcances del GHG Protocol, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.2.3.1 Alcance 1.

Las emisiones directas de CO₂ eq del campus para este inventario, están determinadas por el uso de combustibles y refrigerantes de gases fluorados. Este alcance aportó 1% (7,85 Ton CO₂ eq) a la huella de carbono de la Universidad para el año 2019. El gas utilizado por las cafeterías, el ACPM consumido por las plantas de emergencia y el uso de refrigerante en los aires acondicionados aportaron el 50%, 43% y 7%, respectivamente, del total de las emisiones de este alcance.

8.2.3.1.1 Consumo de combustibles.

Debido a que el año base, no contaba con una distribución de emisiones por cada combustible calculado, y teniendo en cuenta que, para este inventario se cuantificó los mismos combustibles del inventario del 2017, se optó por realizar el análisis en conjunto de las emisiones generadas por los 3 combustibles (GLP, gas natural y ACPM) para el año 2019. Dicho esto, las emisiones totales generadas por el uso de combustible fueron de 7,28 Ton CO₂ eq.

Como se puede observar en la figura 5, estas emisiones aumentaron 2,78 Ton CO₂ eq, lo cual puede estar causado por el aumento de la población universitaria, lo que implica mayor demanda de los servicios de cafetería y, por ende, un mayor consumo de gas. Estas emisiones también pueden ser afectadas por el aumento en la necesidad de utilizar la planta de emergencia, a pesar de

ello, este hecho está determinado por factores externos de la Universidad, especialmente cuando la empresa prestadora del servicio de energía, presenta fallas.

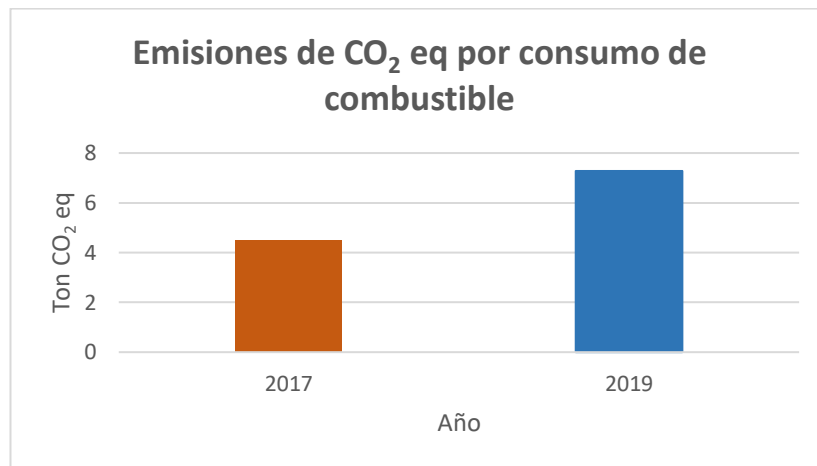


Figura 5. Comparación de las emisiones por consumo de combustible, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.2.3.1.2 Uso de refrigerantes.

Es importante reconocer que, para la cuantificación de gases producidos por el consumo de refrigerantes, se contabilizó por medio de la cantidad total del refrigerante contenido en cada equipo, ya que, según el reporte para el año 2019, no fue necesario realizar nivelación de carga de refrigerante para los equipos por el tiempo de funcionamiento de los equipos (Universidad Santo Tomás, 2020b). A pesar de ello, cabe aclarar que las emisiones se generan todo el tiempo por el uso de los aires acondicionados produciendo emisiones paulatinas, razón por la cual son consideradas como fugitivas (GreenHouse Gas Protocol, 2015).

En la figura 6, se puede apreciar las emisiones generadas por el uso de refrigerantes para los respectivos años, esta fue la única actividad que obtuvo una reducción, lo cual pudo estar causado porque para el año 2017, se inauguró el Edificio B y el Centro de Convenciones del campus Aguas Claras, lo que implicó realizar la nivelación de carga de los nuevos aires acondicionados para su posterior uso, es por esto que dicha nivelación generó un aumento de las emisiones. No obstante, las emisiones para el año 2019, fueron ocasionadas únicamente por las emisiones paulatinas, razón

por la cual la incidencia de esta actividad sobre la huella de carbono del campus, fue una de las de menor impacto.

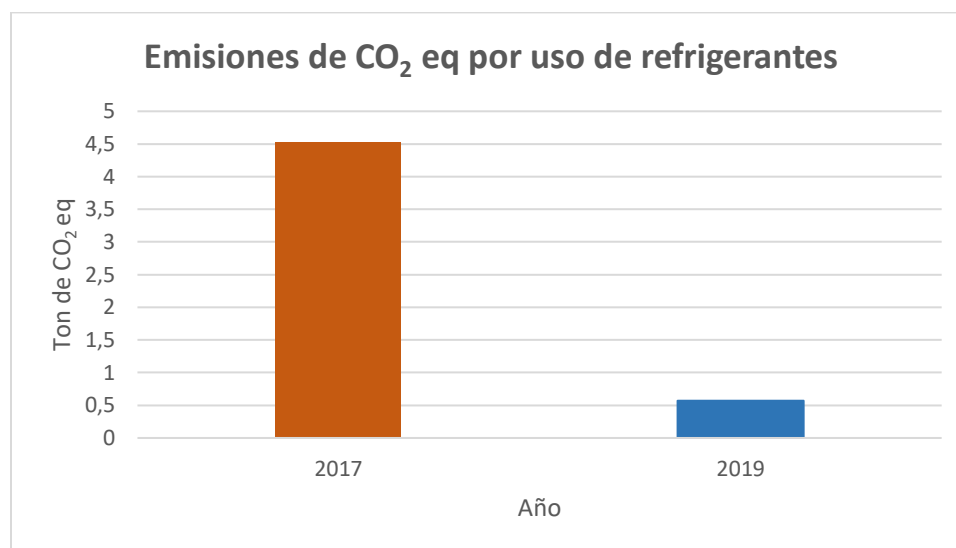


Figura 6. Comparación de las emisiones por consumo de refrigerante. Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.2.3.2 Alcance 2

Las emisiones de CO₂ eq de la Universidad, relacionadas a la compra y consumo de electricidad se midieron a partir del consumo eléctrico en kWh durante el período de estudio. Las emisiones de GEI de este alcance representan el 17 % de la huella de carbono del año 2019.

Las emisiones indirectas por electricidad corresponden al alcance 2 del GHG Protocol. En la figura 7 se determina las toneladas de CO₂, para el año 2017 y 2019, donde el aumento fue de 70,388 Ton de CO₂, el cual ha ido incrementado, debido a la apertura gradual de los diferentes laboratorios para algunos de los programas académicos de la Institución y algunos salones del Edificio B del campus, para uso académico estudiantil, ya que se realiza un uso frecuente por parte de los estudiantes y docentes, y en otros casos, por el aumento del uso de luminarias y AEE.

Por otro lado, la existencia de aires acondicionados, en diferentes zonas necesarias dentro de la Universidad, tiene un uso de forma recurrente y continua, aunque cuenta con un sistema automatizado por medio de la red ACP (Universidad Santo Tomás, 2020b), no se establecen e

implementan una programación según los horarios establecidos, estando en funcionamiento muchas veces de manera innecesaria durante el día, aumentando el consumo de energía.

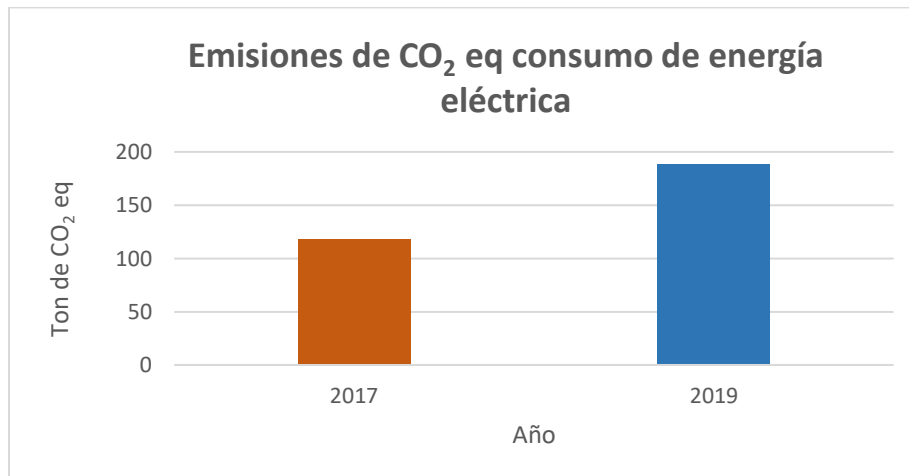


Figura 7. Comparación de las emisiones por consumo de energía. Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.2.3.3 Alcance 3

Según la metodología del GHG Protocol, las emisiones del alcance 3 no son obligatorias de reportar, sin embargo, para este estudio se han tomado en cuenta las emisiones de GEI debido al transporte terciario, vuelos aéreos, generación y manejo de residuos de la Universidad. Las emisiones de CO₂ eq relacionadas a las actividades mencionadas anteriormente, no se encuentran controladas directamente por la Institución, a pesar de ello, estas actividades aportan un 82 % a la huella de carbono del año 2019, lo que resulta ser el alcance con la mayor contribución de emisiones para el período de estudio.

8.2.3.3.1 Viajes Aéreos.

En la figura 8, se logra determinar las emisiones de CO₂ para el año 2017 y 2019, donde se presentó un aumento de emisiones de 4,49 ton de CO₂. Para el año 2019, hubo un total de 31 vuelos incluyendo trayectos de ida y vuelta y sus respectivas escalas, donde 20 corresponden a vuelos

nacionales y 11 a vuelos internacionales. Con respecto a los vuelos nacionales, se identificó que muchos de estos, se realizaron con salida y entrada, en la ciudad de Villavicencio, se puede inferir, debido al cierre definitivo de la vía Villavicencio-Bogotá por la caída de rocas en el Km 58, ordenado por el presidente Iván Duque, el 14 de junio de 2019, ya que los derrumbes eran constantes y ponían en peligro al tránsito terrestre poblacional, que había frecuentemente en esta vía. Sin embargo, existe una vía alterna para poder salir del municipio, pero es demasiado extensa y su recorrido no era muy común, ya que no estaba en muy buen estado, por lo cual, la mejor opción para poder viajar era por medio de vía aérea (RCN, 2019).

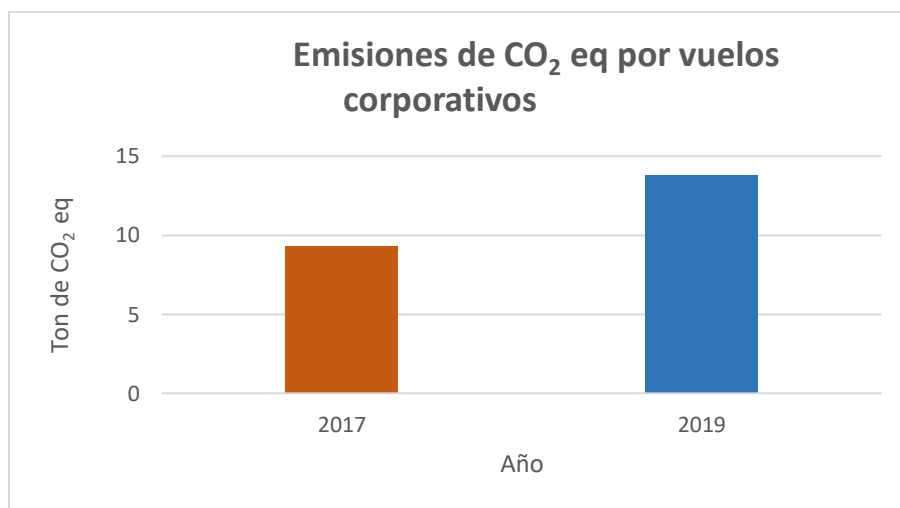


Figura 8. Comparación de las emisiones por vuelos corporativos, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Con respecto a los vuelos internacionales, fueron pocos los que se realizaron en el año 2019 a diferentes destinos mundiales, los cuales son avalados por la Institución respecto a las llegadas y salidas de la comunidad universitaria, en representación en diferentes congresos, seminarios o encuentros académicos o de investigación, que aportan significativamente al reconocimiento institucional (Universidad Santo Tomás, 2020c).

8.2.3.3.2 Residuos Sólidos.

Para el año 2019, la generación de emisiones por residuos fue de 9,42 Ton de CO₂ y el manejo por gestión de residuos redujo en 5,25 Ton de CO₂, las cuales fueron cuantificadas por medio de la

herramienta WARM. Cabe resaltar que la Universidad realiza una separación de los tipos de residuos, para ser entregados a gestores externos dedicado a la recolección, recuperación y reciclaje de residuos aprovechables.

Por otro lado, para el año base que fue el 2017, las emisiones por generación de residuos no fueron consideradas porque no todas las sedes y seccionales tenían su respectiva cuantificación y, además para este mismo año, el respectivo manejo de gestión de residuos para la sede de Villavicencio no se efectuó (CO₂CERO, 2017), razón por la cual no se realizó la comparación pertinente con respecto al año base.

8.2.3.3.3 *Movilidad terciaria.*

Conforme al boletín estadístico para la Universidad Santo Tomás - Sede de Villavicencio, el total de la comunidad universitaria para el año 2019-II fue de 3860 personas, en la que se incluyen los estudiantes, docentes y planta administrativa (Universidad Santo Tomás, 2019). Lo que permitió identificar el universo poblacional y calcular la muestra, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Para este trabajo, la muestra poblacional requerida es de 350 personas; por lo tanto, la información recopilada en la encuesta, es representativa a las características del universo poblacional, ya que la encuesta se realizó a 630 personas de la comunidad universitaria.

Cabe resaltar que, fue necesario acotar los datos de cierta información, por medio de medidas de tendencia central (promedio y moda), lo que permitió extrapolar y generalizar los resultados a toda la comunidad universitaria sobre los hábitos de movilidad. Dichos datos se utilizaron de la siguiente manera: un promedio de 7 km de distancia del lugar de residencia al Campus y para las veces a la semana que va a la Universidad se utilizó 4, 5 y 6 días, para los estudiantes, docentes y administrativos, respectivamente. Posteriormente, se procedió a cuantificar las emisiones relacionadas con esta actividad (ver Anexo 11).

Las emisiones generadas por el desplazamiento de la comunidad universitaria al campus Aguas Claras para el año 2019, fue de 868,39 Ton CO₂ eq, las emisiones individuales calculadas por cada criterio se pueden observar en el Anexo 11, siendo los estudiantes quienes más aportan en relación a que corresponden a la mayor población. En total las emisiones por CH₄ y N₂O, representan el 4,3% y 0,4%, respectivamente, de la actividad por movilidad de la comunidad universitaria, y aunque no es un porcentaje muy alto, es importante tenerlas en cuenta para obtener

valores más cercanos a la realidad. Para estos gases se utilizó el potencial de calentamiento global para transformar las emisiones en unidades de CO₂ eq (Ihobe, 2013)

Por otro lado, en la figura 9, se puede apreciar la distribución de las emisiones generadas por cada categoría de la comunidad universitaria, según el tipo de transporte utilizado, siendo los estudiantes los mayores aportantes de estas emisiones, seguido por los docentes y administrativos (Caro Jiménez & Parrado Parrado, 2020). Es importante resaltar, que uno de los criterios para cuantificar estas emisiones está determinado por el número de personas que representa cada categoría, es por esto que, al estratificar las emisiones según la categoría, como se muestra en la figura 9, el mayor influyente es el componente estudiantil ya que el 89,7% del total de la comunidad universitaria está representada por los estudiantes, razón por la cual y bajo este criterio son los mayores generadores de GEI del campus, a diferencia del componente administrativo que solo constituye el 3,7% de la comunidad y por lo tanto, es la categoría menos influyente.

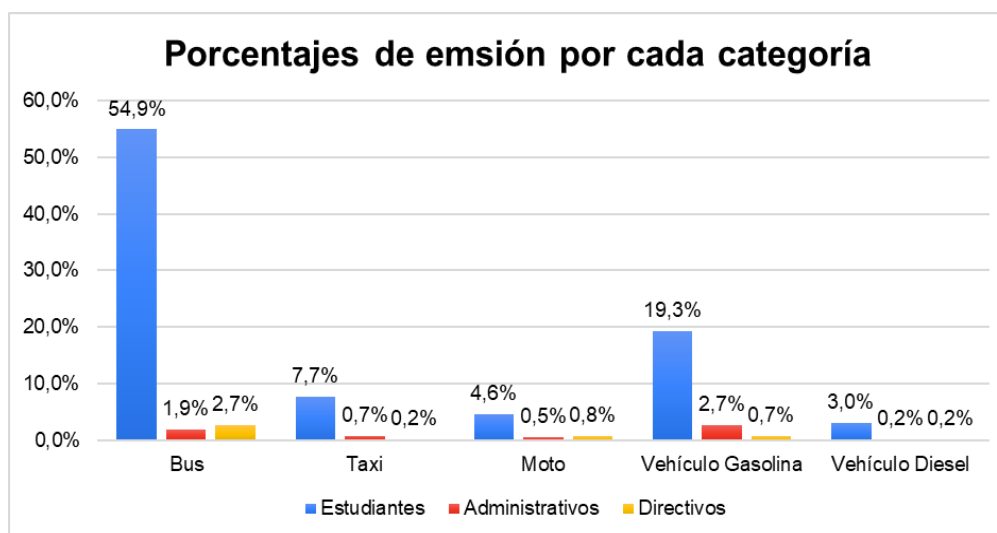


Figura 9. Porcentajes de emisión, definidos por cada categoría, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

La Figura 10, muestra la diferencia entre la distribución del tipo de transporte utilizado por cada categoría, destacándose que el servicio de transporte público colectivo (buses), el vehículo particular (gasolina) y la motocicleta son los tipos de vehículos más utilizados por los estudiantes, docentes y administrativos, respectivamente. Adicionalmente se identificó que el 27% de la población estudiantil, el 41% de los docentes y el 16% de los administrativos utilizan automóviles. No obstante, estos porcentajes están divididos en las personas que viajan solas y las que comparten

su automóvil; los resultados arrojan que el 59% de la comunidad que utiliza automóvil lo hace de forma individual, siendo esta la manera menos eficiente de transportarse hacia la Universidad, conforme a las emisiones, ya que aporta 226,20 Ton CO₂ eq y representan el 26% de las emisiones totales por movilidad para el año 2019.

Cabe desatacar que, para el campus Aguas Claras, es la primera vez que se realiza el cálculo de las emisiones de GEI, relacionadas con el desplazamiento de la comunidad universitaria al campus, por lo que puede ser tomado en consideración como línea base para estudios futuros.

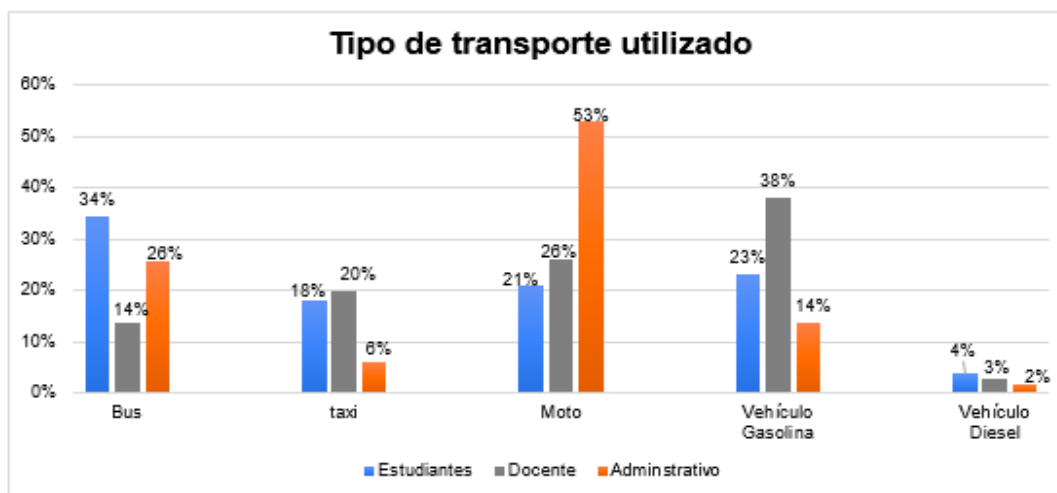


Figura 10. Porcentajes por tipo de transporte utilizado, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

8.3 Fase 3. Estrategias para reducir las emisiones atmosféricas

El Atlas de Radiación Solar desarrollado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), establece que las zonas del país cuenta con un potencial positivo de energía solar fotovoltaica frente al resto del mundo, las zonas de Colombia que presentan niveles de radiación por encima del promedio nacional son los departamentos de La Guajira, Arauca, Casanare, Vichada y el Meta con alrededor 6,0 kWh/m² diario (Unidad de Planeación Minero-Energética, 2016). En este mismo sentido, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en los mapas climatológicos y de radiación solar, muestra que la radiación solar diaria en la ciudad de Villavicencio varía entre 4,5 a 5 kWh/m² (M. y E. A. Instituto de Hidrología, 2016b). Por lo anterior, es pertinente considerar la viabilidad del uso de sistemas solares fotovoltaicos para suplir

las necesidades de energía eléctrica y reducir los impactos que se generan por el uso de las energías convencionales.

Es importante resaltar que el estudio titulado “ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS AGUAS CLARAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SEDE VILLAVICENCIO, META” (Benito Molina & Ruiz Calderón, 2018) realizado por las estudiantes Ginna Marcel Benito Molina y Karen Julieth Ruiz Calderón, es un primer insumo y punto de partida para la aplicación de tecnologías renovables dentro del campus. En este trabajo se formula la implementación de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red, el cual presenta una inversión de \$ 776. 122. 605, y se obtiene una reducción del consumo de energía eléctrica del 16,3% (18.095,61 kWh/mes), teniendo en cuenta los consumo generados para el año 2017 (Benito Molina & Ruiz Calderón, 2018). No obstante, uno de los objetivos de este trabajo era formular un sistema fotovoltaico más eficientes que el propuesto para el año 2018, ya que para este caso se iba a tener en cuenta las acciones que estaba adelantando la Universidad para identificar las fallas y fugas que presenta el actual sistema de energía eléctrica. Es por esto que, para inicios del año 2019, por medio de sensores se estaba identificando dichas fallas, sin embargo, por el confinamiento causado por la pandemia, no se logró culminar este trabajo y por ende no se obtuvo la información suficiente para cumplir este objetivo. Con lo dicho anteriormente para este trabajo no se formuló este tipo de tecnología ya que, en teoría era plantear nuevamente lo generado para el año 2018, a pesar de ello es importante resaltar que una de las estrategias más importantes que se debe implementar en el campus, son los sistemas solares fotovoltaicos, que a largo plazo generan grandes beneficios económico y ambientales.

De acuerdo al objetivo del presente trabajo y con la identificación de las fuentes más influyentes sobre la huella de carbono del campus Aguas Claras para el año 2019, se plantean 11 estrategias, para que sean consideradas para la reducción de las emisiones que genera. De las estrategias, 9 son de corto plazo, debido a que estas alternativas no son difíciles y algunas tienen que ver con acciones que ha adelantado la universidad. Las alternativas restantes son estrategias tecnológicas y de largo plazo, ya que son más complejas y requieren de una alta inversión económica y técnica. A continuación, se presentan las fichas de desarrollo de cada estrategia propuesta.

Estrategia: Carpooling: Estrategia de carro compartido	
Fuente de emisión: Movilidad Terciaria	Alcance 3
Descripción	
<p>El transporte en vehículos privados en las grandes ciudades ha aumentado considerablemente, lo cual, en muchos casos, el crecimiento y mejoras de la infraestructura no es una solución viable, ya que se genera un impacto mayor al medio ambiente. Es por esto la necesidad de un cambio y perspectivas culturales por parte de la población, para generar una forma de organización más efectiva en los vehículos sin que genere mayor contaminación. Para este caso, existen otras formas viables y factibles, de transportes sostenibles sin necesidad de la ampliación de las carreteras, disminuyendo el impacto ambiental (Conesa et al., 2012).</p> <p>El carpooling “vehículo compartido”, consiste en una práctica muy exitosa, donde se comparten los viajes en automóvil, para que varias personas, puedan moverse en el mismo vehículo, sin tener que utilizar otros transportes alternativos, reduciendo así la huella de carbono y siendo una ganancia eficiente para el conductor. En este caso el modelo es de dos usuarios, uno es el conductor principal, el cual presta el servicio para ser llevado en su lapso de viaje desde y hacia un lugar específico, y el otro, es el pasajero, que busca los automóviles que ofrecen las rutas para llegar a su destino (Gandarillas Álvarez, 2013).</p> <p>Para poder implementar la estrategia dentro de la universidad, se debe realizar un diagnóstico inicial, para identificar que parte de la comunidad universitaria con su respectivo vehículo, estaría disponible para aplicar a esta estrategia, en este caso se puede realizar una encuesta previa para definir la disposición que se tiene por parte de la comunidad universitaria y las rutas que se podrían manejar. Posteriormente, luego de identificar la comunidad universitaria que participaría activamente, se generará un espacio dentro de la plataforma Moodle con ayuda del área de Tecnologías de información y comunicación (TIC's), para que los usuarios puedan realizar la inscripción respectiva, ya sea como conductor o pasajero, teniendo en cuenta que para los conductores, les pedirán datos personales y vehiculares actualizados, para mayor confiabilidad del servicio y para los pasajeros, solo se les pedirá los datos respectivos, para saber que son comunidad perteneciente a la universidad, ya sea por medio del código del carnet o con la identificación del número de cedula. Así mismo, por medio de un mapa estandarizado, se generarán unas rutas establecidas para que los usuarios puedan tener la opción de utilizarlas, en el transcurso de ida y vuelta a la universidad. Y, por último, el usuario tendrá la opción de definir el costo respectivo, que puede ser acordado entre el pasajero y el conductor</p>	
Actividades para la implementación de la estrategia	
<ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico de la comunidad universitaria con vehículos en la universidad - Creación del espacio de carpooling en la plataforma Moodle - Realizar campañas de divulgación, sobre la implementación de la estrategia - Capacitación a la comunidad universitaria, sobre el uso de la herramienta - Definir unos costos promedio, para que se puedan establecer entre el conductor y pasajero - Creación de un certificado digital, sobre el compromiso de las buenas prácticas ambientales para disminución de la huella de carbono (Ver Anexo 8) - Crear un incentivo con la universidad, por buenas prácticas ambientales, en disminución de los costos del parqueadero por la cantidad de veces que sea utilizada la plataforma 	
Recursos	

<ul style="list-style-type: none"> - Personal capacitado para la creación del espacio en la plataforma - Equipos de cómputo para la capacitación y uso de la herramienta - Plataforma moodle - Encuestas - Medios de divulgación
Indicadores
$\% = \frac{\# \text{ de personas que realizan el viaje en un día por medio de la plataforma}}{\text{Total de personas inscritas en la plataforma de carpooling}} * 100$
$\% = \frac{\text{reduccion de emision por cada km recorrido}}{\text{emisiones totales por movilidad terciaria}} * 100$
Metas
<ul style="list-style-type: none"> -Inscripción del 50% de la comunidad universitaria, ya sea como conductor o usuario a la plataforma -Reducir las emisiones de CO₂ por transporte
Observaciones
La plataforma es para uso exclusivo de toda la comunidad universitaria, que requiera los viajes de ida y vuelta al campus universitario

Estrategia: Bicicleta como transporte alternativo	
Fuente de emisión: Movilidad terciaria	Alcance 3
Descripción	
<p>El sector del transporte es uno de los mayores responsables en la generación de emisiones de GEI, para Colombia el transporte terrestre representa el 15% de las emisiones de CO₂, razón por la cual se ha trabajado en formulación de diferentes programas para incentivar el uso de alternativas más sostenibles (Hernández, 2017). Una de estas alternativas es el uso de la bicicleta, la cual trae consigo diferentes ventajas como: No implica gasto por el uso de transporte público o el uso de combustible, no genera emisiones de GEI y además aquellas personas que optan por este transporte tienen un 50% menos de riesgo de padecer enfermedades del corazón, diabetes, hipertensión, entre otras (Guzmán, 2005).</p> <p>En la fase de diagnóstico se identificó que, el campus Aguas Claras dispone de un área de estacionamiento para 20 bicicletas y conforme a los resultados generados por la encuesta (Caro Jiménez & Parrado Parrado, 2020), se determinó que solo el 3% de la comunidad universitaria emplea este tipo de transporte. Debido a que, esta actividad fue la más significativa sobre la Huella de Carbono del campus, para el año 2019. Se sugiere generar incentivos que aumenten el uso de la bicicleta, y así reducir las emisiones generadas por el desplazamiento de la comunidad universitaria. Los incentivos que se puede proporcionar es un certificado digital sobre el compromiso por reducir la huella de carbono, lo que le permite obtener a la persona un reconocimiento que le pueda servir en su vida profesional. Adicionalmente, se puede motivar a la comunidad a optar por este transporte, por medio de descuentos que aplique a encuentros de investigación o seminarios que desarrolle la Universidad, permitiendo incrementar sus conocimientos académicos.</p>	
Potencial de reducción	
<p>Reducción estimada de emisiones: 1,5 kg de CO₂ por cada 5 km. Reducción de hasta 40% de las emisiones por transporte (Camara de comercio de Bogotá, 2009).</p>	

Inversión estimada: Está determinada únicamente por el valor del ciclero, ya que, la mano de obra para la instalación de estos, se encuentra dentro de las funciones de los trabajadores de servicios generales de la universidad. Para dar inicio a esta estrategia se puede proporcionar 30 estacionamientos más, lo que genera una inversión en promedio de \$900.000 (Ver Anexo 12). (Amazon, 2020a; Indalchess, 2020; MercadoLibre, 2020a)

Actividades para la implementación de la estrategia

- Aumentar la cantidad de estacionamiento para las bicicletas.
- Establecer los incentivos.
- Realizar campañas de divulgación sobre los incentivos por el uso de bicicletas.
- Diseñar un programa de seguimiento
- Creación del certificado digital por buenas prácticas ambientales (ver Anexo 8)

Indicadores

$$\% = \frac{\# \text{ de personas que se desplazan al campus en bicicleta}}{\text{Total de la comunidad universitaria}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{Reduccion de emision por cada km recorrido}}{\text{emisiones totales por movilidad terciaria}} * 100$$

Metas

- Aumentar el uso de la bicicleta en un 10% de la comunidad universitaria
- Reducir las emisiones por el desplazamiento de la comunidad al campus

Recursos

- Inversión económica
- Personal para instalación de los espacios
- Medios de divulgación

Estrategia: Cambio de luminarias

Fuente de emisión: Consumo de energía eléctrica

Alcance 2

Descripción

Como se mencionó en la parte de diagnóstico algunas áreas y salones del Edificio A, aun cuentan con iluminación de bombillos fluorescentes e incandescentes. El total de este tipo de luminarias son 712 bombillos, de los cuales 42 son bombillas incandescentes y 670 son de tipo fluorescentes. La iluminación por lámpara incandescente es la menos eficiente, debido a que, solo entre el 10% y el 15% de la energía eléctrica que consume lo convierte en luz (Donell et al., 2016).

Debido a su ineficiencia y corta duración, se desarrollaron las lámparas fluorescentes, este tipo tiene una vida útil diez veces más que una incandescente (10.000 horas), y además aprovecha entre el 25% y 35% de la energía eléctrica consumida, sin embargo, estas tiene una nociva peculiaridad, ya que contienen pequeñas cantidades de mercurio y emiten radiación UV (Schubert & Kim, 2005). Es por esto que se impulsó el desarrollo y uso de nuevas tecnologías como lo es el diodo emisor de luz (LED), la cual tiene una vida útil de 45.000 horas y el 80% de energía que consume se convierte en luz (Cruz, 2017).

Con lo dicho anteriormente, se pretende que se sustituyan los 720 bombillos convencionales del Edificio A, para reducir el consumo de energía eléctrica, ya que se identificó que este tipo de bombillos son de mayor consumo y por ende generan mayor cantidad de emisiones.

Potencial de reducción

La implementación de bombillo tipo LED en el campus universitario, generaría un ahorro energético del 60% (SICA, 2018)	
Reducción estimada de emisiones: 114,23 Ton CO ₂ eq/año*	Reducción estimada de la actividad: 878.668 kWh/año**
Inversión estimada: \$ 9'800.000 (Alkosto, 2020; Éxito, 2020; Homecenter, 2020a; MercadoLibre, 2020b)	
Actividades para la implementación de la estrategia	
<ul style="list-style-type: none"> - Sustitución de bombillos tradicionales por luminarias tipo LED - Mantenimiento de iluminación y carcassas para evitar el constante cambio de luminarias. 	
Indicadores	
$\% = \frac{\# \text{ De bombillos que se cambiaron por tipo LED}}{\text{Total de bombillo que cuenta el Campus Aguas Claras}} * 100$	
$\% = \frac{\text{Reduccion de las emisiones por bombillos tipo LED}}{\text{Total de emisiones por consumo de energia electrica}} * 100$	
$\% = \frac{\text{reduccion de consumo de energia electrica por bombillos tipo LED}}{\text{consumo total de energia electrica}} * 100$	
Metas	
<ul style="list-style-type: none"> - Cambio del 100% de las luminarias por tipo LED - Reducción de las emisiones por consumo de energía eléctrica 	
Recursos	
<ul style="list-style-type: none"> - Inversión económica. - Personal de planta física para la instalación de luminarias. 	
Observaciones	
<p>* Se calculó en base a las emisiones generadas para el año 2019 (alcance 2)</p> <p>**Se determinó conforme al consumo de electricidad para el año 2019. Debido a que, no se tiene una distribución de los consumos por cada variable, este valor se calculó con el dato del consumo total de electricidad.</p>	

Estrategia: Aparatos Eléctricos y Electrónicos con certificado Energy Star	
Fuente de emisión: Consumo de energía eléctrica	Alcance 2
Descripción	
<p>La energía eléctrica, es uno de los mayores costos incontrolables que se tiene en la empresa, hogar y oficina, donde generalmente hay existencia de un desperdicio energético. Una de las soluciones más viables, rápidas y económicas para disminuir el consumo energético, es por medio de la eficiencia energética, donde no solo disminuye costos económicos sino ayuda a disminuir las emisiones de GEI (Energy Star et al., 2016).</p> <p>Los AEE tienen un consumo masivo de energía eléctrica de acuerdo a su tipo o categoría, los cuales necesitan alimentación por medio de corrientes eléctricas o en otros casos, campos electromagnéticos, además, son elementos cotidianos que se utilizan diariamente (Ecoinstaladores, 2020). Es por esto, que se debe generar una influencia de consumo responsable que va más allá de solo adquirir el producto, ya que se deben tener en cuenta las características</p>	

de fabricación y además, saber que el tipo de producto con que cuenta, es eficiente en la forma de que se genere un menor consumo de energía (Departamento de Medio Ambiente, 2008).

Por medio del programa ENERGY STAR, creado por la EPA, el cual, se basa en un mercado voluntario, donde se busca que las empresas e individuos, tengan un ahorro de energía específico, por medio de la eficiencia energética. Además, el dinero de ahorro invertido, puede destinarse a otras actividades comerciales e institucionales. Por otro lado, este programa se adapta a las necesidades de la empresa, aprovechando los recursos de una manera más eficiente y poniendo en prácticas las iniciativas de eficiencia (Energy Star et al., 2016).

Esta estrategia, busca que la universidad, adquiera productos de acuerdo a los requerimientos, que contenga la certificación y etiqueta de ENERGY STAR, que favorezcan a mejoras no solo en eficiencia energética, sino también en ahorro económico y además a la contribución de la disminución de la huella de carbono, siendo la segunda emisión más significativa, dentro del alcance 2, para el año 2019. Además, realizar la implementación progresiva de los diferentes AEE que cuenten con esta etiqueta, favorecerá como un aporte positivo en la participación del Ranking de universidades verdes, buscando posicionar a la universidad, a contribuciones en materia medio ambiental.

Los productos que contienen el sello ENERGY STAR, pueden ser buscados en la página web principal, donde muestra una amplia variedad de productos, características principales y requerimientos específicos con los que se obtuvo el etiquetado, que lo convierten en competencia ante productos convencionales. Además, por medio del manual práctico proporcionado por ENERGY STAR, se muestra la importancia de crear un equipo que establezca unas políticas de nivel energético, para poder comprometerse y evaluar el rendimiento energético, realizando un recorrido técnico para identificar los focos que puedan estar causando el aumento del consumo de energía eléctrica y eso pueda ser traducido en ahorro financiero para la Universidad (Energy Star et al., 2016).

Potencial de reducción

Puede existir una reducción de hasta el 30% en el consumo de energía (Energy Star, 2020)

Reducción estimada de la actividad:

439334,1 kWh/año*

Reducción estimada de emisiones:

57,11 Ton CO₂ eq/año**

Actividades para la implementación de la estrategia

- Inventario de AEE
- Búsqueda de los AEE que cuente con el sello ENERGY STAR y puedan ser implementados en la universidad
- Seleccionar cuántos y cuáles son los AEE que se van a comprar, de acuerdo al inventario realizado

Indicadores

$$\% = \frac{\# \text{ De computadores que se cambiaran, por AEE con sello ENERGY STAR}}{\text{Total de computadores con los que cuenta el Campus Aguas Claras}} * 100$$

$$\% = \frac{\# \text{ de impresoras que se cambiaran, por AEE con sello ENERGY STAR}}{\text{Total de impresoras con las que cuenta el Campus Aguas Claras}} * 100$$

$$\% = \frac{\# \text{ de televisores que se cambiaran, por AEE con sello ENERGY STAR}}{\text{Total de televisores con los que cuenta el Campus Aguas Claras}} * 100$$

$$\% = \frac{\# \text{ de aires acondicionado que cambiaran, por AEE con sello ENERGY STAR}}{\text{Total de Aires acondicionado con los que cuenta el Campus Aguas Claras}} * 100$$

$\% = \frac{\text{Reduccion de las emisiones por cada } \frac{\text{kw}}{\text{h}}}{\text{Total de emisiones por consumo de energía eléctrica}} * 100$ $\% = \frac{\text{reduccion por consumo de energía eléctrica}}{\text{consumo total de energía eléctrica}} * 100$
Metas
<ul style="list-style-type: none"> - Cambio progresivo de los AEE por los que tienen el sello ENERGY STAR - Reducción de las emisiones por consumo de energía
Recursos
<ul style="list-style-type: none"> - Inversión Económica - Personal de planta física para su respectiva instalación
Observaciones
<p>*La reducción estimada de la actividad se basó de acuerdo a la cantidad de energía consumida para el año 2019</p> <p>** La reducción estimada de emisiones se basó en las emisiones obtenidas para el año 2019, teniendo en cuenta el factor de emisión de la UPME (Bonilla Madriñan & Herrera Floréz, 2019)</p>

Estrategia: Videoconferencias	
Fuente de emisión: Vuelos Corporativos	Alcance 3
Descripción	
<p>La aviación contribuye con un 2% de las emisiones de CO₂ del mundo y se estima que para el año 2037 se duplicará el número de pasajeros aéreo, según la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (Asociación Internacional de Transporte Aéreo, 2019). En la medida de lo posible en diferentes países se ha intentado reducir estas emisiones utilizando otros medios de transporte, a pesar de ello, para algunos casos esta alternativa no es una opción, razón por la cual se ha implementado el uso de teleconferencias para evitar este tipo de viajes.</p> <p>Los vuelos corporativos, es la tercera actividad más influyente sobre la huella de Carbono del campus, y es por esto que se requiere de estrategias que permitan la reducción de emisiones asociada a esta actividad, dicho esto, una de las mejores alternativas es el uso de Videoconferencia. Debido a la pandemia del COVID-19, las instalaciones del campus Aguas Claras se adecuaron para realizar las actividades de enseñanza por medio virtual, lo que permite y facilita que, en un futuro, se pueda utilizar estos espacios en mayor medida, para reuniones, seminarios y/o conferencia con ponentes nacionales e internacionales, por vía internet, reduciendo de esta manera los vuelos corporativos, y, por ende, las emisiones de GEI.</p>	
Potencial de reducción	
<p>Reducción estimada de emisiones:</p> <p>Vuelos de corta distancia: 110 gCO₂/pasajero-km</p> <p>Vuelos de media distancia: 95 gCO₂/pasajero-km</p> <p>Vuelos de larga distancia: 75 gCO₂/pasajero-km</p> <p>(International council on clean transportation, 2020)</p>	
Actividades para la implementación de la estrategia	

-Establecer semestralmente las ponencias que se puedan realizar virtualmente de acuerdo a cada programa académico.

-Definir los espacios y horarios para el desarrollo de las ponencias.

Inversión estimada: No se requiere, ya que, una gran parte de las áreas administrativas y de apoyo a la academia de la Universidad, están adecuadas para desarrollar actividades por medio de la virtualidad.

Indicadores

$$\% = \frac{\# \text{ vuelos realizados en el año}}{\text{Total de vuelos programados en el año}} * 100$$

$$\% = \frac{\# \text{ pasajeros de la comunidad universitaria}}{\text{total de pasajeros del vuelo}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion de emision por vuelos no realizados}}{\text{total de emisiones por vuelos corporativos}} * 100$$

Metas

- Disminuir en un 50% el uso de vuelos
- Reducir las emisiones asociadas a los vuelos corporativos

Recursos

- Tecnologías de la información y comunicación (TIC), que permita el desarrollo de las videoconferencias

Estrategia: Compensación de emisiones por viajes Aéreos

Fuente de emisión: Vuelos Corporativos

Alcance 3

Descripción

El transporte aéreo, es uno de los medios de transporte que mayor crecimiento ha tenido en los últimos tiempos. Se considera, que el único gas que produce la aviación civil es el dióxido de carbono, siendo este un aporte del 2% de todo el CO₂ proveniente de actividades antropogénicas (Alonso Rodrigo & Ruiz de Villa, 2012), la cual podría llegar a ser un 3% para el año 2050 (Araque Vargas, 2010).

La compensación por emisiones, es un proceso el cual fue diseñado, para poder reducir las emisiones por medio de otras fuentes alternas, y poder disminuir los impactos por los GEI, que se generan por el uso de los combustibles fósiles (United Airlines, 2020). Algunas aerolíneas tanto a nivel nacional como internacional han implementado programas para que los pasajeros pueden contribuir en la compensación, en este caso, los pasajeros realizan la compra de su vuelo por la aerolínea, la cual le da la opción de realizar la compensación, y esta, es retribuida en acciones que beneficien el medio ambiente (Gerez Levy, 2019).

Lo que se busca con esta estrategia, es disminuir las emisiones indirectas por los vuelos realizados por la comunidad universitaria, generando un impacto positivo para la universidad. De este modo, se busca que la universidad realice la compra de los vuelos, por aerolíneas que realicen la compensación de la huella de carbono, donde no se tenga que compensar la huella de carbono individual en los trayectos, pagando un excedente, sino, que se utilice aerolíneas, que hagan voluntariamente sus compensaciones. De acuerdo a esto, la Universidad puede realizar los viajes aéreos por medio de aerolíneas como Avianca, Latam Airlines, Air France, United, etc.

La Universidad realiza la compra de sus vuelos por medio de la aerolínea Avianca tanto nacionales e internacionales, siendo esta una de las aerolíneas con los vuelos de mayores costos. Pero ya teniendo diferentes alternativas para comprar los vuelos con otras aerolíneas, antes de la compra, se puede realizar una comparación de precios y ofertas que ofrece cada una, para identificar cual es la alternativa más viable, que genere tanto disminución de costos en el vuelo, como la compensación de emisiones de manera voluntaria por parte de la aerolínea.

En el caso de Colombia, Latam Airlines, realizó una compensación de las emisiones por operaciones en tierra, comprando 1.335 bonos de carbono, donde fueron adquiridos para proyectos de conservación de áreas degradadas del departamento de Antioquia (Reportur, 2016). Por otro lado, Avianca Holding, realizó la primera compra de bonos de carbono en el año 2017, compensando las emisiones por consumo de combustible, que son transformadas en inversión social y ambiental, que favorecen a cuatro proyectos en Latinoamérica y dos de ellos en Colombia, en zonas que son de gran importancia del postconflicto (Volavi, 2017).

Del mismo modo, diferentes aerolíneas a nivel internacional realizan la compensación de emisiones por bonos de carbono, como es el caso de Air France, donde a principios del 2020 inició la compensación del total de todos los vuelos domésticos. Los pasajeros, pueden votar por 3 proyectos definidos por la aerolínea, ya sea la conservación de las amazonas, un proyecto fotovoltaico en Senegal o un proyecto de producción de biogás en Vietnam. Así mismo, la aerolínea adoptó una medida para que sus clientes corporativos voluntariamente puedan compensar las emisiones a través de ofertas específicas (Travel Manager, 2020).

Potencial de reducción

Reducción estimada de emisiones:

Vuelos de corta distancia: 110 gCO₂/pasajero-km

Vuelos de media distancia: 95 gCO₂/pasajero-km

Vuelos de larga distancia: 75 gCO₂/pasajero-km

(International council on clean transportation, 2020)

Actividades para la implementación de la estrategia

- Comprar los vuelos teniendo en cuenta las aerolíneas que realizan compensación de emisiones, indicadas en el ítem de descripción
- En otros casos se puede realizar la compra de compensación de emisiones por viajes aéreos de forma individual

Indicadores

$$\% = \frac{\# \text{pasajeros de la comunidad universitaria}}{\text{total de pasajeros del vuelo}} * 100$$

$$\% = \frac{\# \text{pasajeros de la comunidad universitaria}}{\text{distancia total recorrida}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{compensacion de pasajero de la comunidad universitaria}}{\text{total de emisiones por vuelos corporativos}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion de emision por cada km recorrido}}{\text{total del emisiones por vuelos corporativos}} * 100$$

Metas

- Comprar los vuelos por aerolíneas que realicen compensación de emisiones
- Compensar el porcentaje de emisiones por vuelo

Recursos
- Inversión Económica
Observaciones
La compensación por bonos de carbono varían de acuerdo a los trayecto de ida y vuelta, a los lugares específicos que se requiere viajar y de acuerdo al tipo de aerolínea

Estrategia: Motivación a reciclar	
Fuente de emisión	Generación de Residuos- Alcance 3
Descripción	
<p>El plástico en la actualidad, es responsable en gran parte de los residuos contaminantes, que se acumulan en el planeta. La producción de este material en la década de los 50 era de 2 millones de toneladas anuales, esta cifra va en aumento y actualmente se generan 380 billones de toneladas de plástico (Miranda, 2020). No obstante, solo el 9% del plástico es reciclado, el resto de material termina en rellenos sanitarios o es incinerado, lo cual genera el principal impacto ambiental que es la contaminación de los océanos y mares. Se han realizado diferentes esfuerzos para reducir el consumo de este material, así como técnicas para reciclarlos, sin embargo, no se ha logrado obtener un resultado satisfactoriamente positivo (Maldonado, 2012).</p> <p>El campus Aguas Claras ha adelantado acciones para recuperar material reciclable, como se pudo identificar para el año 2019, se recuperó 558 kg de plástico y 1213 kg de otros materiales. Con lo dicho anteriormente, se propone que se genere un espacio en la plataforma (https://www.ustavillavicencio.edu.co), denominado “La USTA Villavicencio recicla”, en la cual la comunidad universitaria que esté interesada en participar realice su respectivo registro como usuario y pueda generar puntos por reciclar. La estrategia se puede implementar en la cafetería del primer piso del campus Aguas Claras, en 3 horas al día, de la siguiente manera de 9 a 10 a.m, de 1 a 2 p.m y de 4 a 5 p.m, donde una persona de servicios generales será la encargada de recibir el material y realizar el respectivo registro de los puntos con el número de cedula del usuario, cada botella entregada será igual a 1 punto y con la acumulación de varios puntos podrá acceder a diferentes descuentos en el parqueadero, cafetería y papelería. Cabe resaltar que el personal de cafetería, papelería, Planta Física y Servicios Generales, serán los que tienen el control sobre la plataforma y el usuario solo tendrá acceso para visualizar el estado de sus puntos y hacer uso de los mismos. Con esta estrategia se pretende impulsar la cultura de reciclaje dentro de la comunidad universitaria, disminuyendo así los residuos generados y sus emisiones de GEI asociadas, del mismo modo, la universidad obtendría un beneficio económico por la reducción en el pago de la disposición de los residuos sólidos.</p>	
Potencial de reducción	
Reducción estimada de emisiones: 1.5 kg CO ₂ por kg reciclado (Bureau of International Recycling, 2018)	
Actividades para la implementación de la estrategia	
<ul style="list-style-type: none"> - Crear el espacio para “La USTA Villavicencio recicla” con ayuda del área de TIC’s - Realizar campañas de divulgación, sobre la implementación de la estrategia y sus respectivos beneficios - Capacitación a la comunidad universitaria, sobre el uso de la herramienta - Capacitación del personal de servicios generales para el uso de la plataforma - Establecer los descuentos conforme a los puntos obtenidos* 	

Indicadores
$\% = \frac{\# \text{ de personas inscritas en la plataforma de reciclaje}}{\text{Total de personas de la comunidad universitaria}} * 100$
$\% = \frac{\# \text{ de personas que reciclan por medio de la plataforma}}{\text{Total de personas inscritas en la plataforma de reciclaje}} * 100$
$\% = \frac{\text{reduccion de emision por cada kg reciclado}}{\text{total de emisiones por manejo de residuos}} * 100$
Metas
<ul style="list-style-type: none"> - Inscripción del 50% de la comunidad universitaria en la plataforma de reciclaje - Participación constante del 100% de las personas inscritas en la plataforma - Reducir las emisiones de CO₂ por generación de residuos
Observaciones
<p>*Los puntos pueden tener la siguiente equivalencia: 10 puntos es igual a 10% de descuento en parqueadero y 5% para cafetería y papelería 20 puntos equivalen a 20% de descuento en parqueadero y 10% para cafetería y papelería. 30 puntos equivalen a 30% de descuento en parqueadero y 15% para cafetería y papelería. Es importante mencionar que para aplicar a los descuentos como máximo se puede utilizar 30 puntos por cada una de las actividades mencionadas anteriormente. El campus Aguas Claras sería un ejemplo a seguir para las otras seccionales de la USTA en materia medio ambiental.</p>

Estrategia: Impulsar compras de productos con el Sello Ambiental Colombiano	
Fuente de emisión: Generación de residuos	Alcance 3
Descripción	
<p>El ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, creó en el Plan nacional estratégico de Negocios verdes, el Sello Ambiental Colombiano, el cual consiste en una etiqueta ecológica que se obtiene de manera voluntaria, por medio de un organismo de certificación, ya sea para un bien o un servicio existente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).</p> <p>El bien o servicio que cuente con el sello, es porque hace un uso sostenible de los recursos, emplea procesos de producción con menor energía, considera el reciclaje y la biodegradación como un aspecto importante, usar materiales de empaques biodegradables y emplea tecnologías limpias que generen un menor impacto (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).</p> <p>En Colombia, existen 125 empresas que cuentan con el sello ambiental, las cuales se encuentran definidas en 24 categorías, de acuerdo a su uso e implementación, como lo son, las tintas para impresión, materiales impresos, baldosas cerámicas, pinturas y materiales de recubrimiento, aparatos sanitarios de alta eficiencia, productos limpiadores, entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).</p> <p>En este caso, al ser implementado algún producto que cuente con el sello ambiental colombiano dentro del campus universitario, daría un reconocimiento, en materia medio ambiental, ya que se estarían usando productos, que al final de su vida útil, no generan impactos masivos al medio ambiente y en otros casos, algunos podrían ser utilizados eficientemente en otro proceso o entrarían en el proceso de reciclaje.</p>	
Actividades para la implementación de la estrategia	

<ul style="list-style-type: none"> - Definir cuáles son los productos que puedan ser utilizados en el campus Aguas Claras que contengan el Sello Ambiental Colombiano - Identificar costos y generalidades sobre el producto o bien. - Capacitación en uso y manejo de los bienes obtenidos
Indicadores
$\% = \frac{\text{productos con sello ambiental}}{\text{total de productos convencionales}} * 100$
Metas
<ul style="list-style-type: none"> - Sustitución del 20% productos convencionales, por productos con sello ambiental
Recursos
<ul style="list-style-type: none"> - Inversión Económica - Personal de planta física para uso y manejo (si se requiere) - Personal para instalación y mantenimiento (si se requiere)

Estrategia: Enchufes inteligentes	
Fuente de emisión: Consumo de energía eléctrica	Alcance 2
Descripción	
<p>Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), generan un consumo de electricidad denominado “consumo fantasma”. Este consumo es producido cuando los AEE están apagados, pero no desenchufados o cuando se activa el modo de espera o Stand By. A pesar de que, el equipo no está en funcionamiento, este consumo se genera porque los AEE tienen un transformador interno que convierte la corriente alterna en continua (Gárate, 2018).</p> <p>Aunque este consumo es bajo, a largo plazo genera costos significativos. La asociación ambientalista WWF determinó que, el consumo fantasma representa el 12% del costo de la factura anual de electricidad (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2015). Estudios realizados identificaron que los consumos fantasmas para los monitores son de 9 kWh/año, para el TV es de 18 kWh/año, para los microondas es de 35 kWh/año y el router tiene un consumo 70 kWh/año, además se determinó, que las emisiones asociadas son 5,7 kg CO₂, 11 kg CO₂, 35 kg CO₂ y 45,6 kg CO₂, respectivamente (Meira Cartea, 2011).</p> <p>Con respecto al total de algunos AEE del campus Aguas Claras para el año 2019, fue de 419 computadores, 19 impresoras, 2 microondas y 155 TV, de los cuales en la fase de diagnóstico se logró identificar que al terminar la jornada estudiantil los computadores se apagan, pero no se desconectan, los televisores en algunas ocasiones estaban en Stand By o apagados y conectados al tomacorriente y adicionalmente se identificó que la comunidad universitaria no tiene la conciencia de desconectar el microondas después de utilizarlo, razón por la cual, este aparato está conectado la mayor parte de la jornada académica.</p> <p>Con lo dicho anteriormente, se refleja las falencias que tiene la institución, con respecto a las buenas prácticas operacionales, sobre el uso de los AEE, debido estos surge la estrategia de los enchufes inteligentes, como una forma de fortalecer las acciones para reducir el consumo de energía eléctrica y las emisiones que esta actividad aporta a la huella de carbono de la universidad.</p> <p>Los enchufes inteligentes o eliminadores de stand by, son dispositivos que le permiten al usuario controlar cualquier AEE que se conecte a ellos. La mayoría de estos dispositivos cuentan con una aplicación móvil para obtener un mejor uso y mayor control de estos, esta aplicación permite configurar el dispositivo conforme a las necesidades que se requiera, adicionalmente, estos</p>	

enchufes cuentan con un sistema que detecta la corriente que circula, mediante un analizador de tensión, y cuando el valor de la corriente disminuye porque el aparato se apagó o quedó en modo stand by, automáticamente el enchufe impide el paso de la corriente evitando consumos innecesarios de energía eléctrica (Alsina, 2016).

Potencial de reducción

El uso de los enchufes inteligentes reduce 12% del consumo de la energía eléctrica en el año (WWF, 2015).

Reducción estimada de emisiones:

22,84 Ton CO₂ eq/año *

Reducción estimada de la actividad:

175.733 kWh/año**

Inversión estimada: Por unidad

Enchufe inteligente: \$ 42.200 (Amazon, 2020b; Ktronix, 2020; MercadoLibre, 2020c)

Multitoma inteligente: \$ 120.900 (Amazon, 2020c; Efimarket, 2020; Homecenter, 2020b)

Actividades para la implementación de la estrategia

- Realizar un diagnóstico para identificar la cantidad de enchufes o multitomas que requiere el campus Aguas Claras.
- Realizar la compra del 50% de los dispositivos requeridos.
- Configurar los dispositivos por medio de la aplicación.
- Capacitar al personal encargado de controlar los AEE.
- Realizar seguimientos anuales sobre los beneficios generados.

Indicadores

$$\% = \frac{\text{cantidad de enchufes inteligentes suministrados}}{\text{total de enchufes del campus universitario}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion de emisiones por enchufes inteligentes}}{\text{total de emisiones por consumo de energía eléctrica}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion por consumo de energía eléctrica por enchufes inteligentes}}{\text{consumo total de energía eléctrica}} * 100$$

Metas

- Suministro del 50% de los enchufes inteligentes
- Reducción del consumo de energía eléctrica por el uso de AEE

Recursos

- Inversión económica
- Personal capacitado en el manejo de enchufes y multitomas inteligentes

Observaciones

* Se calculó en base a las emisiones generadas para el año 2019 (alcance 2)

**Se determinó conforme al consumo de electricidad para el año 2019. Debido a que, no se tiene una distribución de los consumos por cada variable, este valor se calculó con el dato del consumo total de electricidad.

Lo ideal para esta estrategia es adquirir el producto con sistema de automatización, permitiendo un mayor control a la Universidad sobre el uso de los AEE. Cabe resaltar que existen multitomas inteligentes, las cuales cuentan con dos sistemas simultáneos. El primero es el inteligente, el cual funciona como se explicó anteriormente, y el segundo es fijo; es decir aquel que no se apaga automáticamente, este se utiliza principalmente para los monitores de los computadores evitando perder información o trabajos que se estén realizando.

Estrategia: Vidrios fotovoltaicos	
Fuente de emisión: Consumo de energía eléctrica	Alcance 2
Descripción	
<p>Colombia tiene un gran potencial en explotación de fuentes renovables, la energía solar de este país, se encuentra por encima del promedio de radiación solar mundial. Así como la velocidad de los vientos y el potencial geotérmico de las zonas volcánicas son un gran punto a favor para planear la transición energética con un futuro sostenible y limpio (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2018). Con el objetivo de diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de los combustibles fósiles y los impactos que este genera al medio ambiente, se han desarrollado e implementado diferentes proyectos. Una de estas tecnologías, es la iniciativa española que produce vidrios fotovoltaicos para usos arquitectónicos, esta idea nace como una alternativa sostenible para producir energía eléctrica.</p> <p>Onyx Solar es la fabricante mundial de vidrio fotovoltaico transparente (PV) para edificios. Esta empresa fabrica PV, como material de construcción que captura la luz solar y genera energía eléctrica, disminuyendo costos de operación y reduciendo la huella de carbono, adicionalmente, proporciona el mismo aislamiento térmico y acústico que un vidrio convencional. Estos vidrios tienen diferentes aplicaciones arquitectónicas como: muros de cortinas, marquesinas, pisos para terrazas y se puede instalar para reemplazar el vidrio convencional, siendo este último su uso más frecuente (Onyx Solar, 2020b).</p> <p>Esta empresa cuenta con un catálogo estándar de sus productos, sin embargo, ellos pueden adaptar los vidrios a las necesidades de los proyectos en cuanto al tamaño, color, espesor y grado de transparencia, lo que permite ofrecer un producto más versátil (Onyx Solar, 2020c).</p> <p>Esta estrategia es una gran opción para generar energía eléctrica en la universidad y reducir las emisiones que genera el consumo de energía convencional. La idea es implementar los vidrios fotovoltaicos para las ventanas de los salones, ya que, conforme a la infraestructura del campus esta área, es la mejor opción. Sin embargo, antes de implementar los PV, se requiere realizar un diagnóstico de la distribución sobre el consumo de energía, ya que este tipo de vidrios, tienen potencia de 20 a 58 W/m², y teniendo en cuenta el área en el que se puede implementar esta tecnología, no sería suficiente para suplir el total de demanda energética del campus. Por esta razón, la alternativa que se plantea es que los PV solo proporcionen energía por áreas o por actividades, ya sea únicamente para el uso de luminarias o AEE, lo cual se determinaría de acuerdo al diagnóstico.</p> <p>Con lo dicho anteriormente se cotizó cuatro tipos de vidrios, las características y sus precios asociados se pueden ver en los Anexos 6 y 7. No obstante, la referencia mt35ony020dhk "ONYX SOLAR", es la que mejor se ajusta para el campus. Esta referencia, tiene una transparencia media (20%), formado por vidrio exterior templado de 6 mm de espesor, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, vidrio intermedio Float de 3,2 mm de espesor, células de capa fina de silicio amorfo, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, y vidrio interior templado de 6 mm de espesor. Es importante mencionar que el vidrio "opaco" ofrece una mayor potencia, sin embargo, esta no fue la mejor opción porque este vidrio tiene un efecto de dispersión de la luz y no permite aprovechar el 100% de la luz natural, a diferencia del vidrio con transparencia del 20%, el cual si lo permite y de este modo minimiza el uso de las luminarias (luz artificial).</p> <p>Para suplir las necesidades energéticas del campus Aguas Claras, se estableció la necesidad de 119.644 m² de vidrio fotovoltaico. No obstante, con la información recopilada se determinó que la Universidad tiene en promedio 717,89 m² de vidrio convencional en la infraestructura de los</p>	

salones, lo que solo produciría 24,40 kWh/día de energía eléctrica, valor que es insuficiente para suplir la demanda energética total, razón por la cual se sugiere aplicar esta estrategia solo para solventar la energía de una sola actividad o dependencia.

Inversión estimada

\$ 830. 187 por cada m² *

Potencial de reducción

Los vidrios fotovoltaicos puede generar una reducción del 30% de consumo de energía eléctrica (Onyx Solar, 2020a)

Reducción estimada de emisiones:

38,07 Ton CO₂ eq/año **

Reducción estimada de la actividad:

7200 kWh/año***

Actividades para la implementación de la estrategia

- Realizar diagnóstico para la identificación sobre la distribución del consumo de energía eléctrica.
- Identificar el área o actividad al que se va a suplir la demanda energética.
- Seleccionar la zona más adecuada para la implementación de los PV.
- Instalar los vidrios solares fotovoltaicos.
- Realizar controles sobre el funcionamiento del sistema.

Indicadores

$$\% = \frac{m^2 \text{ que se cambia por vidrio solar fotovoltaico}}{\text{total de } m^2 \text{ susceptibles de cambiar por vidrio solar fotovoltaico}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion de emisiones por vidrio fotovoltaico}}{\text{total de emisiones por consumo de energia electrica}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion por consumo de energia electrica por vidrio fotovoltaico}}{\text{consumo total de energia electrica}} * 100$$

Metas

- Cambio de los vidrios convencionales por vidrios fotovoltaicos de acuerdo al diagnostico
- Reducción de las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica

Recursos

- Inversión económica.
- Personal capacitado para generar la distribución de los consumos de electricidad.
- Personal de instalación: Instalador de captadores solares y electricista.

Observaciones

* Este valor fue obtenido conforme a la cotización generada por ONXYSolar (Onyx Solar, 2020a). Es importante mencionar que, después de realizar el diagnóstico y conforme a los metros cuadrados que requiere la implementación de esta estrategia, se puede calcular el total de la inversión.

** Se calculó en base a las emisiones generadas para el año 2019 (alcance 2)

***Se determinó conforme al consumo de electricidad para el año 2019. Debido a que, no se tiene una distribución de los consumos por cada variable, este valor se calculó con el dato del consumo total de electricidad.

Estrategia: Lámparas led solares para el alumbrado de la Universidad	
Fuente de emisión: Consumo de energía eléctrica	Alcance 2
Descripción	
<p>Las lámparas LED solares, son una tecnología innovadora y eficiente que capta la luz solar y la almacena para iluminar espacios específicos (Twenergy, 2020). Estas lámparas, están equipadas con una batería y un panel de celdas fotovoltaicas, las cuales, con la energía que almacena durante el día, la batería se activa en la noche para alimentarlas y hacer que iluminen en los momentos de oscuridad. Estas se recarga y se enciende automáticamente, ya que viene equipada con sensores crepusculares, que permiten controlar el encendido de cualquier luminaria tipo LED, de acuerdo a la cantidad de luz que haya en el ambiente (BVLED, 2020), además son resistentes a la intemperie y pueden durar hasta 12 horas encendidas automáticamente (EcoluzLED, 2020).</p> <p>La estrategia de implementación de lámparas LED solares, es una propuesta que busca el cambio de luminarias de vapor de sodio, por las lámparas solares, aunque las luminarias convencionales, son eficientes, siguen teniendo un mayor consumo, el cual sigue generando mayores costos en materia de electricidad. El cambio que se efectuaría, sería el total de las 50 lámparas exteriores, por las lámparas solares LED, las cuales no necesitan ningún tipo de cableado ni utilizar otros aparatos, para poder utilizarse. Estas suplirían, la demanda energética con respecto a la iluminación exterior, ya que tienen una duración de 8 a 10 horas, que serán adaptadas a los postes de luz existentes.</p> <p>Se debe realizar un diagnóstico previo, para proveer la cantidad de radiación solar que entrara sobre el panel para la generación de luz, el cual tiene en su interior, la batería, el inversor y el regulador necesario, para su debido funcionamiento. Así mismo, cuenta con sensores que identifican las horas de luminosidad, para que automáticamente se encienda o apague de acuerdo a la cantidad de luz existente. En el caso de requerir ser apagado con anterioridad, cuenta con un control remoto, para determinar la cantidad de horas que debe estar encendido. Para este caso, los tipos de lámparas que se consideraron en la cotización, fueron de 60W y 80W de potencia, los cuales no generan interferencias de daños alternos causados, por tormentas eléctricas y tienen un estimado de vida útil de 3 años o más, de acuerdo al mantenimiento y limpieza constante que se realice.</p> <p>Por otro lado, se efectuó la cotización de la implementación de los paneles solares, para suplir las necesidades de energía del alumbrado de lámparas de vapor de sodio. En este caso, la opción no es viable, ya que se requerían zonas específicas para su instalación como el techo de la universidad o zonas abiertas. Así mismo, la cantidad de paneles solares necesarios para suplir la necesidad energética de 50 lámparas, son de 250 unidades, teniendo en cuenta que se debe contar con una zona adaptada para colocar los bancos de baterías, los reguladores, los inversores y, además, se debe realizar un diagnóstico previo, para identificar la cantidad de cableado para llegar a conectar todas las lámparas externas. La ventaja es que se puede realizar ampliaciones, de construcción de más paneles solares, para suplir otros requerimientos energéticos y correspondiente a este tipo de panel, tienen una vida útil de 15 años o más.</p> <p>Según lo dicho anteriormente, la mejor propuesta de cotización fue por parte de la empresa ENERGÍA SOLAR DEL META con lámparas LED solares de 60W de potencia, para un total de \$11´500.000, sin tener en cuenta costos de instalación, ya que eso varía de acuerdo a la altura de los postes y la cantidad de lámparas que se requieren instalar. Esto es algo pertinente y positivo, ya que, al suplir el cambio de las lámparas de vapor de sodio de alta tensión por lámparas LED solares, estas últimas, no dependerán de la red eléctrica convencional, y se</p>	

generará una reducción en el consumo energético. Posteriormente, la Universidad, podría utilizar los recursos optimizados, en implementaciones de energías renovables, que puedan suplir la demanda energética, convirtiéndolos en pioneros, a nivel departamental, en ser la primera Universidad en implementar este tipo de tecnologías.

Potencial de reducción

Reducción estimada de emisiones:

1,42 Ton CO₂ eq/año

Reducción estimada de la actividad:

10.950 kWh/año*

Inversión estimada:

\$ 230.000 por lámpara led solar

\$ 60.000 instalación por lámpara aproximadamente

Actividades para la implementación de la estrategia

- Definir las características de cada punto de iluminación
- Elaborar el presupuesto
- Realizar el cambio de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED solares
- Realizar mantenimientos, para garantizar la vida útil de la lámpara LED solar

Indicadores

$$\% = \frac{\text{cantidad de luminarias LED solares}}{\text{cantidad de luminarias total del campus}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion de emisiones por luminarias LED solares}}{\text{total de emisiones por consumo de energia electrica}} * 100$$

$$\% = \frac{\text{reduccion por consumo de energia electrica por luminarias LED solares (kw/h)}}{\text{consumo total de energia electrica}} * 100$$

Metas

- Cambio del 100% de luminaras de sodio del alumbrado exterior del campus por luminarias tipo LED solares
- Reducción en el consumo de la energía eléctrica

Recursos

- Inversión económica
- Personal capacitado para instalación de las luminarias LED solares
- Personal de planta física (uso y manejo del control de las luminarias)
- Personal de planta física (mantenimiento y limpieza)

Observaciones

*La reducción se realizó teniendo en cuenta los datos del 2019, y las 50 bombillas que se van a suplir por las lámparas Solares LED de 60W

** La reducción estimada de emisiones se basó en las emisiones obtenidas para el año 2019, teniendo en cuenta el factor de emisión de la UPME (Bonilla Madriñan & Herrera Floréz, 2019) En el Anexo 9, se encuentran las cotizaciones pertinentes realizadas sobre las lámparas LED solares y los paneles solares para los bombillos de sodio

Conclusiones

El diagnóstico elaborado, se realizó de acuerdo al GHG Protocol, donde se tuvo en cuenta los 3 alcances correspondientes y dentro de ellos las actividades de consumo de energía eléctrica, transporte por desplazamiento de la comunidad universitaria, generación y manejo de residuos, consumos de combustibles, vuelos corporativos y refrigerantes, los cuales fueron utilizados para realizar el inventario de emisiones.

Con el inventario se logró cuantificar las emisiones de acuerdo a cada actividad. La huella de carbono de la USTA - campus Aguas Claras, fue de 1084,62 Ton CO₂ eq para el año 2019, de acuerdo a los focos de emisión identificados. La mayor contribución a la huella de carbono con un 99% está relacionada con las emisiones indirectas, correspondientes a los Alcance 2 y 3, que representaron el 82% y el 17% de las emisiones totales, respectivamente. A diferencia de las emisiones directas (alcance 1), que solo contribuyó con el 1%.

Se formularon 11 estrategias respectivas, de acuerdo a las emisiones obtenidas por cada alcance. 3 de ellas corresponden a estrategias tecnológicas que disminuirán las emisiones y los costos por consumo de energía eléctrica en el campus Aguas Claras, 2 de ellas corresponden a la movilidad terciaria, la cual genero la mayor cantidad de emisiones en el campus y las demás corresponden a las otras actividades que se tuvieron en cuenta en cada uno de los alcances.

El alcance que obtuvo menor cantidad de emisiones fue el alcance 1, correspondiente a solo el 1% de las emisiones totales del campus. Estas emisiones corresponden a los refrigerantes, consumo por gas natural y por ACPM, con un total de emisiones de 7,85 Ton de CO₂ eq.

El aumento de las emisiones desde el año 2017 hasta el año 2019, difiere en gran parte en la cantidad de emisiones, ya que no se tuvieron en cuenta en algunos casos, las mismas actividades existentes dentro del campus, en este caso los aspectos que difieren son en movilidad terciaria, transporte tercerizado, insumos de impresión, generación y manejo de residuos. Pero, en comparación entre las actividades que se tuvieron en cuenta para los dos años, las emisiones han aumentado por la implementación gradual de nueva infraestructura y diferentes áreas, así mismo, se han abierto más programas de pregrado y de posgrado, generando un aumento progresivo de la comunidad universitaria, lo cual genera mayores consumos y aumentos en las emisiones de GEI.

Desde la perspectiva ambiental, el uso de transportes alternativos, como la bicicleta, el transporte público masivo y/o el carro compartido, conlleva una reducción del 40% hasta el 60%, de las emisiones asociadas por el desplazamiento de la comunidad universitaria al campus. Cabe resaltar, que esta actividad corresponde al Alcance 3 y, por ende, son las emisiones que la Universidad no tiene control, sin embargo, por medio de incentivos puede lograr involucrar a la comunidad universitaria para contribuir en la reducción del cambio climático y destacarse en materia medio ambiental frente a otras universidades.

Las mejores opciones para la reducción de las emisiones, se presentan para el alcance 2, ya que las estrategias disponibles permiten gestionar los consumos de energía eléctrica, estas tienen periodos de recuperación de inversión más rápidos y reduce de una forma considerable las emisiones. Es el caso de las tecnologías para eficiencia energética, como los sistemas solares fotovoltaicos y la tecnología LED, son las mejores opciones para la Institución, ya que logra obtener resultados satisfactorios a corto plazo para reducir emisiones hasta en un 60% y los costos asociados por el consumo de energía eléctrica de forma convencional.

Recomendaciones

Se sugiere fortalecer la organización y reporte de la información en la Universidad a través de un mecanismo de recolección de datos electrónicos, para contribuir con el registro y control de la información de las fuentes de emisión de GEI que se generan anualmente, puesto que no existe una organización sobre los datos de las actividades, que son necesarios para el cálculo de la huella de carbono, limitando en este sentido la información y excluyendo algunas actividades dentro de la cuantificación.

Es importante implementar el vatihorímetro (contador de electricidad), para poder identificar los consumos de energía eléctrica por cada área, lo que permitirá en futuro poder calcular la huella de carbono según las actividades en la Universidad. Adicionalmente, estos contadores permiten llevar un control sobre los consumos, para identificar fugas o fallas que estén presentado los equipos, y del mismo modo corregirlas, evitando consumos innecesarios y reduciendo las emisiones. Cabe resaltar que, al contar con la distribución de dichos consumos y luego de corregir aquellas fallas, es más factible la formulación de estrategias, ya que se contaría con información más precisa y se reducirían costos para la respectiva implementación.

Es importante resaltar la buena gestión de los residuos sólidos, como se pudo observar para el año 2019, ya que esta fue la única actividad, por la cual se obtuvo una reducción de las emisiones totales generadas, por esta razón es pertinente fortalecer e implementar estrategias que en el transcurso de los años generen mayores beneficios ambientales y económicos para la Universidad.

Se recomienda motivar la participación y el conocimiento de la comunidad universitaria acerca de la huella de carbono, para generar procesos de investigación en temas relacionados con carbón neutro, el uso de energías renovables y mercados de carbono, generando de este modo información, que en un futuro sería de gran aporte para la Universidad. La divulgación de dichos resultados, hace parte del proceso de concientización, para lograr y mejorar los objetivos sobre las medidas implementadas y así disminuir las emisiones.

El cálculo huella de carbono se debería implementar no solamente en la Sede de Villavicencio en el campus Aguas Claras, sino también en el campus Loma Linda, ya que, teniendo un resultado pertinente de los dos campus, se puede realizar un análisis comparativo a nivel multicampus USTA

Colombia, del aumento de las emisiones de una manera más objetiva, de acuerdo a los tipos de actividades y fuentes específicas de la institución.

Referencias bibliográficas

- AES Colombia. (2007). *Ficha técnica del ACPM*. Calidad Del Combustible. <https://aescolombia.com.co/Descargables/FichasTecnicas/Ficha-tecnica-Densidad-Biocombustible-ACPM.pdf>
- Alcaldía de Villavicencio. (2020). *Villavicencio*. <http://www.villavicencio.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Alkosto. (2020). *Iluminación*. Electricidad. <https://www.alkosto.com/ferreteria/acabados-construccion/electricos/bombillos>
- Alonso Rodrigo, G., & Ruiz de Villa, A. B. (2012). *El Impacto Ambiental Del Transporte Aéreo Y Las Medidas Para Mitigarlo*. http://oa.upm.es/20345/1/INVE_MEM_2012_133532.pdf
- Alsina, G. (2016). *El enchufe conectado que es inteligente y también práctico*. Electromarket. https://www.electromarket.com/uploads/2017/07/enchufe_conectado_15680_20170727012603.pdf
- Amazon. (2020a). *Aparcabicicletas*. Bicicletas. <https://www.amazon.es/aparcabicicletas-soportes-bicicletas/b?ie=UTF8&node=3051747031>
- Amazon. (2020b). *Enchufes inteligentes*. Prime. [amazon.es/enchufes-inteligentes/s?k=enchufes+inteligentes](https://www.amazon.es/enchufes-inteligentes/s?k=enchufes+inteligentes)
- Amazon. (2020c). *Multitomas inteligente*. Technology. <https://www.amazon.es/regletas-enchufes/s?k=regletas+de+enchufes>
- Andrade, H. J., Arteaga, C. C., & Segura, M. A. (2017). *Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles*.
- Aponte Quiñones, H. A. (2017). *Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella carbono de los campus Norte y Sur de la Universidad Ciencias aplicadas y ambientales UDCA en los años 2014-2015* [Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/714/1/HC_UDCA_mono.pdf
- Arámbula Reyes, A. (2007). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/spe/SPE-CI-A-24-07.pdf>
- Araque Vargas, J. (2010). *Impacto de la aviación sobre el medio ambiente*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/3960/AraqueVargasJaqueline20>

10.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Arrieta, A. A., Chejne, F., López, D., Forero, C., & Herrera, B. (2015). *Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos-* FECOC.

http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/INFORME_FINAL_FECOC_2015.pdf

Asociación Internacional de Transporte Aéreo. (2019). *El transporte aereo y las emisiones.*

Asociación Internacional de Transporte Aéreo.
https://www.icao.int/publications/journalsreports/2008/6304_es.pdf

Benavides, H. O. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. In *IDEAM*. <https://doi.org/IDEAM-METEO/008-2007>

Benito Molina, G. M., & Ruiz Calderón, K. J. (2018). *Análisis beneficio-costo de la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio, Meta* [Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13714/2018ginnabenito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bonilla Madriñan, M., & Herrera Floréz, H. H. (2019). *Documento de cálculo del Factor de emisión de SIN 2018*. https://www1.upme.gov.co/siame/Documents/Calculo-FE-del-SIN/Documento_calculo_del_FE_del_SIN_2018_Rev_Dic_26_2019.docx

Botero, E. U. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*.

Bureau of International Recycling, B. (2018). *Baja, Apaga y recicla*. WWF.
https://www.wwf.org.py/voluntariado/educacion/tips_ambientales/habitos_verdes/baja_apaga_y_recicla/#:~:text=Por cada kg. de plástico, además de emisiones de metano.

BVLED. (2020). *Sensor crepuscular oculto*. <https://www.byverdleds.com/sensores-de-movimiento-y-de-luz/2781-sensor-crepuscular-oculto.html>

Cámara de Comercio de Bogotá. (2013). *Guía Metodológica para el cálculo de la Huella de Carbono Corporativa a Nivel Sectorial*.
<https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=42211&download=Y%0A>

Camara de comercio de Bogotá, C. (2009). *Movilidad en bicicleta en Bogotá*.
<https://www.dutchcycling.nl/images/clients/57Colombia1.pdf>

Caro Jiménez, R. S., & Parrado Parrado, F. H. (2020). *Línea base de las emisiones de gases de*

efecto invernadero generadas por los desplazamientos regulares por parte de la comunidad universitaria para ir desde y hacia los campus de la USTA Villavicencio.

Carrillo Cadena, G., & Rivera Torres, M. J. (2020). *Formulación de soluciones tecnológicas que mitiguen la huella de carbono en la Universidad Santo Tomás, sede Aguas Claras-Villavicencio.*

Centro de extensión Universitaria y Divulgación Ambiental de Galicia. (2017). *Protocolo de Kioto Situación actual y perspectivas.* [http://www.ceida.org/prestige/Documentacion/Protocolo Kioto.pdf](http://www.ceida.org/prestige/Documentacion/Protocolo%20Kioto.pdf)

Chacón Picon, Y. V. (2011). *Cuantificación general de emisiones de Dioxido de Carbono generadas por las actividades en la Universidad Industrial de Santander y propuestas de mitigación* [Universidad Industrial de Santander (UIS)]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/139024.pdf>

Chavarría Solera, F., Molina León, Ó. M., Gamboa Venegas, R., & Rodríguez Flores, J. (2016). Medición de la huella de carbono de la Universidad Nacional de Costa Rica para el periodo 2012-2014. Rumbo a la carbono neutralidad. *Uniciencia*, 30(2), 47–62. <https://doi.org/10.15359/ru.30-2.4>

CO2CERO. (2017). *Informe inventario emisiones GEI Universidad Santo Tomás-2017.*

Concesión vial de los llanos. (2017). *Anillo Vial.* <http://cullanos.co/site/>

Conesa, E. G., Amat, J. M., & Gómez, I. S. (2012). *Servicio web de Carpooling* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/16100/1/Memoria.pdf>

Costa Posada, C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 26, 74–80. <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121015050010.pdf>

Cruz, I. M. de la. (2017). *Estudio del desempeño, calidad y costo de fuentes de iluminación LED.* <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/205/1/17098.pdf>

Decreto 1076. (2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Departamento de Medio Ambiente. (2008). *Guía sobre consumo energético de aparatos domesticos.* [https://niunhogarsinenergia.org/panel/uploads/documentos/guia de consumo energetico de aparatos electricos.pdf](https://niunhogarsinenergia.org/panel/uploads/documentos/guia%20de%20consumo%20energetico%20de%20aparatos%20electricos.pdf)

Donell, B., Sandoval, J., & Paukste, F. (2016). *Fuentes Luminosas.*

- <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>
- Ecoinstaladores. (2020). *Que son los aparatos eléctricos y electrónicos*.
<http://ecoinstaladores.com/asociaciones/que-son-los-aparatos-electricos-y-electronicos/>
- EcoluzLED. (2020). *Iluminación LED solar: ¿cómo funcionan estas lámparas autónomas?*
<https://www.ecoluzled.com/blog/iluminacion-led-solar-como-funcionan-estas-lamparas-autonomas/>
- Efimarket. (2020). *Regleta con eliminador de standby*. <https://www.efimarket.com/regleta-eliminador-standby>
- Eléctricos Aval S.A.S. (2020). *Cotización*.
- Eléctricos IVM Electronica SAS. (2020). *Cotización lámparas LED 80W*.
- Energía solar del Meta. (2020). *Cotización lámparas LED 60 W*.
- Energy Star. (2020). *Consejos de Energy Star*. https://www.energystar.gov/recursos_en_espanol
- Energy Star, Agency, E. P., & Small Business Administration. (2016). *Manual práctico de Energy Star para pequeñas empresas*.
[https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/Manual de acción para la pequeña empresa.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/Manual%20de%20accion%20para%20la%20pequena%20empresa.pdf)
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Informacion Tecnologica*, 23(1), 163–176.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- Estévez, R. (2017). *La Huella de Carbono*. <https://www.ecointeligencia.com/2017/07/huella-carbono/#:~:text=Emisiones directas de GEI%3A son,están controladas por la organización.&text=Emisiones indirectas de GEI%3A son,están controladas por otra organización.>
- European Environment Agency. (2016). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook- Technical guidance to prepare national emission inventories (Issue 21)*.
- Éxito. (2020). *Iluminación*. Ferreteria. <https://www.exito.com/ferreteria/iluminacion>
- Farfán Parra, J. S. (2018). *Informe Cálculo de la huella de carbono de la universidad Sato Tomás 2018*.
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (2015). *Apuesta por reducir el consumo energético también en verano*. NOTICIAS. <https://www.wwf.es/?35800/WWF-apuesta-por-reducir-el-consumo-energico-tambien-en-verano>

- Fondo Mundial para la Naturaleza. (2018). *Colombia es un país con muchísimo potencial energético*. Energías Renovables. https://www.wwf.org.co/que_hacemos/campanas/energias_renovables/
- Gandarillas Álvarez, D. (2013). *Estudio de la aceptación del modelo carpooling por los estudiantes de la universidad San Francisco de Quito campus Cumbayá* [Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2723/1/108795.pdf>
- Gárate, A. L. F. (2018). *Estudio de las técnicas que permitan el ahorro del consumo de energía eléctrica, tanto en forma doméstica como en forma institucional, para disminuir los gastos económicos que afectan negativamente los presupuestos integrales*. http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/135/1/TIPB_ALFG_PDF.pdf
- García Arbelaez, C., Vallejo Lopez, G., Lou Higgins, M., & Matilde Escobar, E. (2016). *El acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al Cambio Climático*. <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2009/04316.pdf>
- Gasnam. (2016). *Ficha técnica del gas*. Tabla de Equivalencia. http://gasnam.es/wp-content/uploads/2016/02/Tabla_equivalencias_GASNAM_SEDIGAS.pdf
- Gerez Levy, P. (2019). *Viajar verde: cómo compensar nuestra huella de carbono al volar en avión*. <https://travesiasdigital.com/destinos/huella-de-carbono-al-viajar-en-avion>
- GreenHouse Gas Protocol. (2015). *Herramientas de cálculo*. Equipos de Refrigeración y Aire Acondicionado. <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>
- Guzmán, D., Ruíz, J. ., & Cadena, M. (2014). *Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través de análisis de componentes principales* (Issue 1). <https://doi.org/10.4324/9781315853178>
- Guzmán, J. C. H. (2005). *Propuesta para la implementación de la bicicleta como medio de transporte y recreación en la Universidad Tecnológica de Pereira*. <https://core.ac.uk/download/pdf/71395269.pdf>
- Hernández, L. C. O. (2017). *Gases de efecto invernadero producido por transporte masivo, caso de estudio Bogotá D.C.* <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003757.pdf>
- Homecenter. (2020a). *Bombillos y Tubos LED*. Iluminación. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat1680090/bombillos-y-tubos-led/>
- Homecenter. (2020b). *Multitoma inteligente*. Ozom.

- IDEAM-PNUD-TCN. (2016). *Inventario nacional y Departamental De Gases Efecto Invernadero*.
- Ihobe. (2013). *7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*.
https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf
- Indalchess. (2020). *Aparcabicicletas*.
https://www.indalchess.com/tienda/index.php?cPath=88_146
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2011). *Clasificaciones Climaticas Colombia*.
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/climas+%5BModo+de+compatibilidad%5D.pdf/d8c85704-a07a-4290-ba65-f2042ce99ff9>
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2014). *Contaminación Atmosférica*.
<http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica>
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2016a). *Inventario Nacional y Departamental de gases de efecto invernadero Colombia*.
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2016b). *Radiación solar*. Tiempo y Clima.
<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2018). *Características Climatológicas De Ciudades Principales Y Municipios Turísticos*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<https://doi.org/http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. P. de las N. U. para el desarrollo. (2011). *Programa SAAI red de estaciones Hidrometeorológicas área operativa No. 03 Villavicencio*.
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5b8d42a844f8f.pdf>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2005). *Mapas de Brillo Solar*. 1–14. [file:///C:/Users/Jimena/Documents/brillo solar \[Modo de compatibilidad\].pdf](file:///C:/Users/Jimena/Documents/brillo solar [Modo de compatibilidad].pdf)
- International council on clean transportation. (2020). *Emisiones evitadas por viajes*. Oficio Periodístico. http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/150455/1/¿Cuántas emisiones evitaríamos si dejásemos de viajar en avión_.pdf
- J, P., & T, G. (2003). Atmospheric Emissions Inventories: Status and Prospects. *Annual Review of Energy and the Environment*, 265–300.

- Ktronix. (2020). *Hogar inteligente*. Electricidad. https://www.ktronix.com/mini-plug-inteligente-tapo-wifi-p100/p/840030700439?fuelle=google&medio=cpc&campaign=KT_COL_SMARTGSHP_PEF_CPC_SMARTGSHP_AON_VJ_TLP_SmartShopping-TodosLosProductos-AON_PAC&keyword=&gclid=Cj0KCQjw4X8BRCPARIsABmcnOrFF6JchyuN0s2ts2T-C
- Laboratorio Nacional de Oak Ridge. (2018). *Emisiones de CO2*. Banco Mundial-Emisiones de CO2 (Toneladas Métricas per Cápita).
- Ley 164. (1994). *Por medio de la cual se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Diario Oficial No. 41.575. Congreso de la república de Colombia.
http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C_Users_JGomez_Documents_LEY+164+DE+1994.pdf/85833e1c-6ceb-4554-bce5-21e433329019
- Ley 1844. (2017). *Por medio de la cual se aprueba el «acuerdo de París», adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París Francia*. Presidente de la república.
https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_1844_DEL_14_DE_JULIO_DE_2017.pdf
- Ley 629. (2000). *Por medio de la cual se aprueba el “Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”*. Diario Oficial No. 44.272. Congreso de la república de Colombia.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0629_2000.html
- Ley 697. (2001). *Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 44.573. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0697_2001.html
- López, P. L. (2004). Población, muestra y muestreo. *SCIELO*, 2076, 70–74.
http://www.scielo.org.bo/sciELO.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- Maldonado, A. T. (2012). *La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos*.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>
- Meira Cartea, P. A. (2011). *Conoce y valora el cambio climático* (MAPFRE).
<https://app.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/cursos/guia-conoce-y->

valora-el-cambio-climatico.pdf

MercadoLibre. (2020a). *Bicicleteros estacionamientos*. Mercado Web.
[https://listado.mercadolibre.com.co/bicicleteros-estacionamientos#D\[A:bicicleteros estacionamientos\]](https://listado.mercadolibre.com.co/bicicleteros-estacionamientos#D[A:bicicleteros estacionamientos])

MercadoLibre. (2020b). *Bombillo LED*. Tienda Web.
<https://listado.mercadolibre.com.co/bombillos-led>

MercadoLibre. (2020c). *Enchufes inteligentes*. Smart Life.
https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-583663313-toma-wifi-inteligente-enchufe-inteligente-nest-mini-alexa-_JM?matt_tool=78642795&matt_word&matt_source=google&matt_campaign_id=9878979244&matt_ad_group_id=100632420416&matt_match_type&matt_network=u&matt_

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016a). *Cambio Climático*. Colombia Hace Parte de Los Países Que Se Comprometen a Frenar El Cambio Climático.
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-asuntos-cambio-climatico/2276-en-el-dia-de-la-tierra-colombia-firma-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016b). *Medidas priorizadas para la contribución nacionalmente determinada de Colombia en mitigación de GEI*.
http://www.minambiente.gov.co/images/Medidas_NDC_25_agosto-1_Version_Comunicaciones_2.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Guía para la elaboración de Inventarios de emisiones atmosféricas* (p. 92).
https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Sello Ambiental Colombiano*.
[https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/366-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-19#:~:text=Esta etiqueta ecológica consiste en,Licencias Ambientales- ANLA\) y que](https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/366-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-19#:~:text=Esta%20etiqueta%20ecol%C3%B3gica%20consiste%20en,Licencias%20Ambientales-ANLA%20y%20que)

Miranda, D. (2020). *El problema del plástico en el mundo*. National Geographic.

Mondéjar Navarro, M. V., Collado Ruiz, D., Capuz-Rizo, S., Bastante Ceca, M. J., & Viñoles Cebolla, R. (2011, July). *La Huella de Carbono y su utilización en las instituciones*

- universitarias*. 2, 6–8.
http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1518/CIIP11_1950_1959.pdf?sequence=1
- Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático* (Vol. 62301). <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Naciones Unidas. (1997). *Cumbre para la tierra*.
<https://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm>
- Núñez Monroy, J. (2012). Huella de Carbono : más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero. *Dialnet*, 1–17.
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4225724&orden=395504&info=link>
- Onyx Solar. (2020a). *Cotización*.
- Onyx Solar. (2020b). *Vidrio fotovoltaico (PV) transparente para edificios*. Especificaciones.
<https://www.onyxsolar.com/>
- Onyx Solar. (2020c). *Vidrio fotovoltaico (PV) transparente para edificios*. About Onyx.
<https://www.onyxsolar.com/about-onyx/company>
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2018). *ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology* (Issue June). [https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Documents/Methodology ICAO Carbon Calculator_v11-2018.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Documents/Methodology%20ICAO%20Carbon%20Calculator_v11-2018.pdf)
- Organización Meteorológica Mundial. (2009). *Informe de la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima*. https://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_wg1_headlines_es.pdf
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. (2001). *Cambio climático 2001 : Mitigación Resúmenes del Grupo de Trabajo III*.
<https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/spanish/pdf/wg3sum.pdf>
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. (2018). *El IPCC y el sexto ciclo de evaluación*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/09/AC6_brochure_es.pdf
- Piñeros, D. M., Alicia, C., Moreno, P., & Aristizábal, A. J. (2017). *Inventario de gases efecto invernadero en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Utadeo)* (Vol. 7, Issue 2).
<https://doi.org/10.21789/22561498.1252>
- Pulido Guio, A. D., Jimenez, R., Turriago, J. D., & Mendoza, J. E. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*.
http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf

- Ranganathan, J., Moorcroft, D., Koch, J., & Bhatia, P. (2001). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero; estandar corporativo de contabilidad y reporte*.
https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf
- RCN. (2019). *Así está la vía al Llano que vuelve a operar tras 93 días de cierre*.
<https://noticias.canalrcn.com/nacional/asi-esta-la-al-llano-en-el-dia-de-su-reapertura-parcial-347141>
- Red de Justicia Ambiental. (2012). *Declaración de Río de Janeiro*.
<https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/declaracion-de-rio-1992.pdf>
- Reportur. (2016). *Latam Airlines compensa con 1.335 bonos las emisiones de carbono*.
<https://www.reportur.com/colombia/2016/12/25/latam-airlines-compensa-con-1-335-bonos-las-emisiones-de-carbono/>
- Repsol. (2008). *Ficha técnica de la gasolina*.
https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/GASOLINA84_tcm76-83272.pdf
- Resolucion 0453. (2004). *Por la cual se adoptan los principios, requisitos y criterios y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio, MDL. Diario Oficial*.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2004/dec_0453_2004.pdf
- Resolucion 549. (2015). *Por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del Título 7 de la Parte 2, del Libro 2 del Decreto número 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones.. D.* <http://ismd.com.co/wp-content/uploads/2017/03/Resolución-549-de-2015.pdf>
- Rodríguez Bernate, M. M., & Martínez Cortes, C. D. (2018). *Inventario de emisiones de Gases de efecto invernadero de la Universidad Libre Sede principal [Jorge Tadeo Lozano]*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Schubert, F., & Kim, J. K. (2005). *Solid-state light sources getting smart*. *Science*, 1274–1278.
<https://science.sciencemag.org/content/308/5726/1274.full>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Guía metodológica para la estimación de emisiones en fuentes fijas*.

- SICA. (2018). *Luminarias LED contribuyen hasta en un 60% de reducción en consumo eléctrico*. Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética En Centroamérica.
- Suarez, J. J., & Garcia, E. A. (2018). *El impacto ambiental ocasionado por la reducción del humedal El Charco en el municipio de Villavicencio-Meta*.
- Travel Manager. (2020). *Air France inicia la compensación de emisiones de sus vuelos domésticos*. <https://revistatravelmanager.com/air-france-inicia-la-compensacion-de-emisiones-de-sus-vuelos-domesticos/>
- Twenergy. (2020). *¿Que son las lámparas solares?* <https://twenergy.com/energia/energia-solar/que-son-lamparas-solares/>
- Unidad de planeación minero-energetica. (2016). *Calculadora de emisiones*. Fecoc.
- Unidad de Planeación Minero-Energética. (2010). *Caracterización energética del sector transporte de carga y pasajeros, urbano e interurbano en Colombia*. <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/991>
- Unidad de Planeación Minero-Energética. (2016). *Atlas de radiación solar para Colombia*. http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf
- United Airlines. (2020). *Programa de compensación de carbono CarbonChoice*. <https://www.united.com/ual/es/co/fly/company/global-citizenship/environment/carbon-offset-program.html>
- United States Environmental Protection Agency. (2018). *Waste Reduction Model (WARM) Tool User 's Guide* (Vol. 15, Issue March). https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-06/documents/warm-users-guide_v15_may2019.pdf
- Universidad de Georgetown. (2009). *Energy and Climate*. <https://sustainability.georgetown.edu/carbon-footprint/>
- Universidad de Georgetown. (2017). *Georgetown Reaffirms Sustainability Commitment Consistent With Paris Agreement*. https://www.georgetown.edu/news/georgetown-reaffirms-sustainability-commitment-consistent-with-paris-agreement/#_ga=2.63675631.195841676.1601242878-1440911245.1583963674
- Universidad EAFIT. (2018). *Huella de Carbono*. <http://www.eafit.edu.co/institucional/sostenibilidad-ambiental/indicadores/Paginas/huella-de-carbono-herramienta.aspx>
- Universidad Santo Tomás. (2019). *La Universidad Santo Tomás en cifras. La evolución de*

nuestros datos hasta el 2019 (Dirección nacional de planeación desarrollo e información institucional (ed.)).

Universidad Santo Tomás. (2020a). *Mapa de Procesos*.
https://siacenlinea.usantotomas.edu.co/mapa_procesos/mapa.php

Universidad Santo Tomás. (2020b). *Respuesta de solicitud de información para trabajo de grado* (C. de planta física y servicios Generales (ed.); pp. 1–3).

Universidad Santo Tomás. (2020c). *Sistema de Gestión Ambiental* (C. de gestión Ambiental (ed.)).

Universidad Santo Tomás Villavicencio. (2017). *10 Años: Presentes en la Orinoquía Colombiana*.
<https://www.youtube.com/watch?v=cFkJP6NqDrM&feature=youtu.be>

Universidad Santo Tomás Villavicencio. (2020). *Misión*.
<https://www.ustavillavicencio.edu.co/index.php/universidad/usta/mision-y-vision>

Universidad Sergio Arboleda. (2009). *Huella de Carbono*.
<https://www.usergioarboleda.edu.co/huella-de-carbono/>

Universidad Tecnológica de Pereira. (2018). Reporte de medición de huella de carbono Campus Central Universidad Tecnológica de Pereira. In *Ecoenvolventes*.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv3c0tpv.21>

Venegas Vargas, M., Rodríguez Rodríguez, A., & Salazar Rojas, T. (2015). Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero un insumo en la gestión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). *Gestión y Ambiente*, 18(1), 61–79.
<https://www.redalyc.org/pdf/1694/169439782004.pdf>

Villanueva, B. R., Salvador, M. B., & Huelgas, R. G. (2019). Change climate and health. *Revista Clínica Española*, 219, 260–265.

Virosa, I. E. C., Eras, J. J. C., González, L. S., & Haro, A. del R. V. (2015). Propuesta de procedimiento para el control de emisiones Atmosféricas en ambientes urbanos. *Ingeniería Industrial - Scielo*, 36.

Volavi. (2017). *Avianca compensa emisiones de carbono*.
<https://volavi.co/aviacion/noticias/avianca-compensa-emisiones-carbono>

WWF. (2015). *Apuesta por reducir el consumo energético también en verano*. NOTICIAS.

Anexos

Anexo 1. Normativa legal vigente

Norma	Lineamientos
Ley 164 de 1994	<p>Se aprueba la “Convención Marco de Cambio Climático” para crear estrategias de reducción y mitigación de las emisiones, para disminuir el efecto invernadero en la atmósfera (Ley 164, 1994). Contribuir como institución educativa en acciones para combatir el cambio climático, ya que en el desarrollo de sus actividades genera emisiones.</p>
Ley 629 de 2000	<p>Se acoge al Protocolo de Kioto (PK), como uno de los pasos más importantes hacia un régimen mundial de reducción y estabilización de GEI. Colombia por su parte se compromete a reducir las emisiones GEI, las cuales serán evaluadas cada cinco años para revisar el alcance y cumplimiento de los objetivos (Ley 629, 2000). Para el inventario de emisiones se tendrán en cuenta cuatro de los seis gases estipulados por dicho protocolo (CO₂, CFC, CH₄ y el N₂O).</p>
Ley 697 del 2001	<p>La cual fomenta el uso racional y eficiente de la energía y se promueve la utilización de energías alternativas (Ley 697, 2001). Esta ley impulsa a la Universidad para hacer uso eficiente de la energía, para así reducir la huella de carbono y generar beneficios ambientales y económicos.</p>
Resolución 0453 del 2004	<p>Se crean los requisitos y criterios, así como el respectivo procedimiento para la aprobación de proyectos de reducción de emisión de GEI que optan por Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) (Resolución 0453, 2004). Bajo esta resolución y por medio de la aprobación e implementación de proyectos de MDL en la Universidad se puede lograr el desarrollo sostenible.</p>

Se organiza el Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), el cual tiene como función coordinar, hacer seguimiento y evaluar políticas, programas, proyectos y medidas en materia de adaptación al cambio climático y de mitigación de GEI, sobre la participación de entidades públicas, privadas y sin ánimo de lucro (Decreto 1076, 2015)

Decreto 1076 de 2015

Los proyectos ya desarrollados por SISCLIMA, sirven como punto de partida para la formulación de estrategias que disminuyan las emisiones de GEI de la Universidad.

Se promueven iniciativas para contribuir con la reducción de emisiones atmosféricas, con la estrategia denominada “Crecimiento Verde” del Plan de Desarrollo Nacional 2014-2018 que busca a través de planes sectoriales de adaptación un crecimiento económico y de mitigación del cambio climático (Resolución 549, 2015). A través de esta resolución y conforme a la infraestructura de la institución, permite plantear estrategias que reduzcan las emisiones indirectas (consumo de energía eléctrica).

Resolución 549 del 2015

Se adopta el Acuerdo de París, en el cual Colombia se compromete a reducir las emisiones de GEI en un 20% para el 2030, siendo el punto de partida el inventario de emisiones nacionales del 2010 (Ley 1844, 2017).

Ley 1844 de 2017

Teniendo en cuenta las emisiones que genera la Universidad es pertinente cuantificar la huella de carbono, para proponer estrategia que reduzcan las emisiones y de esta forma fomentar el compromiso social y ambiental para contribuir con el cumplimiento del objetivo para el 2030.

Nota: Normatividad ambiental legal vigente, para el análisis de la huella de carbono. Adaptado de la normativa legal vigente, por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020)

Anexo 2. Selección de cada factor de emisión o calculadora utilizada para la cuantificación del inventario según las actividades desarrolladas para el año 2019

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISION
<p>Consumo de energía eléctrica</p>	<p>El factor de emisión utilizado es del año 2018, el cual fue calculado por el Sistema Interconectado Nacional. Posteriormente, para el respectivo calculo, se tuvo en cuenta información pública de factores de emisión de combustibles, cantidad de plantas eléctricas, capacidad efectiva por tipo de generación, consumo de combustible por central anualmente, generación por plantas menores entre otros documentos. En este caso no se tienen en cuenta las unidades que no están conectadas al sistema Interconectado Nacional (Bonilla Madriñan & Herrera Floréz, 2019). Teniendo en cuenta, que se utilizó mejor el factor de emisión, ya que es el más actualizado hasta el momento, realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), de acuerdo a los métodos estandarizados.</p>
<p>Consumo de combustibles</p>	<p>Los FE para los combustibles varían de acuerdo al tipo, la actividad en la que se aplique el proceso y la tecnología utilizada. La UPME ha establecido los FE para combustibles sólido, líquidos y gaseosos de Colombia (Cámara de Comercio de Bogotá, 2013). Adicionalmente para el año 2016 se creó la herramienta FECOC con el objetivo de facilitar el cálculo de las emisiones en relación con el aprovechamiento energético de los combustibles y la electricidad. No obstante, para cuantificar las emisiones producidas por los combustibles utilizados para las fuentes fijas (cafetería y planta de emergencia), se utilizó la herramienta FECO, la cual relaciona la cantidad de combustible el poder calorífico y los factores de emisión del CH₄, N₂O y CO₂, calculando las emisiones totales en unidades CO₂ equivalente (Unidad de planeación minero-energetica, 2016).</p>
<p>Generación de Residuos</p>	<p>Para los residuos tanto generados como reciclados, se utilizó la calculadora de la EPA llamada WASTE REDUCTION MODEL (WARM) en su versión de software más actualizada, este modelo, ayuda a diferentes organizaciones y planificadores de desechos sólidos a estimar las emisiones de CO₂. La calculadora, fue la mejor opción para poder calcular las emisiones, ya que permite al usuario determinar en el escenario la opción de colocar el dato de cada tipo de residuo en toneladas, teniendo en cuenta diferentes tipos de prácticas de gestión como lo son los vertederos, reciclaje, digestión anaerobia, combustión compostaje o reducción en la fuente, además, que en caso de no tener un aforo establecido para cada tipo de residuos, este software le permite al usuario seleccionar la opción de residuos mixtos de cada tipo, en el caso que sea necesario aplicarlo (United States Environmental Protection Agency, 2018).</p>

Vuelos Corporativos

Para los vuelos tanto nacionales como internacionales, se utilizó la calculadora de la organización de aviación civil internacional (ICAO). Esta calculadora, permite determinar las estimaciones de CO₂ de cada uno de los pasajeros en sus viajes aéreos, teniendo en cuenta los trayectos y cantidad de pasajeros en el vuelo (Organización de Aviación Civil Internacional, 2018). Dicha calculadora fue la mejor opción, ya que los datos obtenidos, nos daban tanto la cantidad de pasajeros como los lugares de origen y destino, los cuales fueron pertinentes para calcular las emisiones por cada vuelo corporativos, para posteriormente hacer la suma total y obtener la cantidad de emisiones de GEI producidas por esta actividad.

Refrigerantes

Para las emisiones generadas por el consumo de refrigerantes de los aires acondicionados se utilizó la herramienta RAC Tools desarrollada por el Greenhouse Protocol. Esta herramienta permite realizar inventarios completos y confiables, ya que los métodos han sido probados por expertos para minimizar las incertidumbres, cabe resaltar que, cada herramienta cuenta con un documento de orientación que proporciona un paso a paso sobre el uso de cada herramienta. Para este caso se utilizó la herramienta denominada “Equipos de refrigeración y aire acondicionado”, específicamente la sección enfocada sobre uso de estos equipos. (GreenHouse Gas Protocol, 2015)

Nota: Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Anexo 3. Preguntas y respuestas de la encuesta utilizada para la cuantificación de emisiones por movilidad terciaria

Pregunta	Variable	Estudiamntes	Docentes	Administrativos
Medio de transporte utilizado	Intermunicipal	1%	0%	1%
	Servicio Colectivo (Bus)	29%	11%	22%
	Carro compartido pasajero	9%	0%	0%
	Carro individual	13%	34%	14%
	Bicicleta	2%	14%	8%
	Carro compartido conductor	2%	0%	0%
	Motocicleta compartida (pasajero)	3%	0%	7%
	Motocicleta compartida (conductor)	3%	10%	8%
	Motocicleta propia (Uso individual)	12%	11%	33%
	Taxi	16%	17%	6%
	Caminata	9%	2%	0%
Numero de veces que va a la universidad por semana	1	6%	0%	0%
	2	3%	0%	0%
	3	6%	2%	0%
	4	64%	2%	6%
	5	16%	80%	84%
	6	4%	16%	60%
Distancia recorrida diaria en los desplazamientos hacia la universidad	Menor a 5 km	31%	40%	43%
	6-14 km	49%	50%	68%
	15-23 km	12%	6%	24%
	24-32 km	5%	1%	11%
	Mayor a 32 km	3%	3%	4%
Tipo de Combustible	Diesel	13%	7%	10%
	Gasolina	87%	93%	90%

Nota: Obtenido de (Caro Jiménez & Parrado Parrado, 2020).

Anexo 4. Consumos de energía kWh/Mes para el año 2019

MES	kWh
Ene	74.025
Feb	85.472
Mar	145.274
Abr	146.923
May	125.771
Jun	142.017
Jul	95.256
Ago	98583
Sep	132.495
Oct	149.351
Nov	142.814
Dic	126.466
Total	1.464.447
Prom	122.037


Nota: Datos de consumo de energía eléctrica proporcionados por el área de sistemas de gestión ambiental de la universidad, por (Universidad Santo Tomás, 2020c).


Anexo 5. Vuelos Corporativos para el año 2019

Relación vuelos corporativos 2019	
Pasajeros	Trayecto
116	Bogotá-Villavicencio, Villavicencio-Bogotá
45	Villavicencio- Bogotá, Bogotá- Villavicencio
37	Bogotá- Villavicencio
15	Villavicencio-Bogotá
7	Villavicencio-Bucaramanga, Bucaramanga- Villavicencio
4	Villavicencio-Bogotá-Manizales, Manizales-Bogotá- Villavicencio
4	Bogotá-Manizales, Manizales-Bogotá
3	Bogotá- Bucaramanga, Bucaramanga, Bogotá
2	Bogotá- Barranquilla, Barranquilla-Bogotá
2	Bogotá- Medellín, Medellín- Bogotá
2	Villavicencio-Yopal
2	Bogotá- Manizales
2	Ibagué-Bogotá- Villavicencio, Villavicencio- Bogotá- Ibagué
2	Bogotá-Cali, Cali- Bogotá
2	México- Bogotá, Bogotá- México
2	Bogotá- Chile, Chile- Bogotá
2	Bogotá- Panamá, Panamá- Bogotá
1	Villavicencio- Medellín, Medellín- Villavicencio
1	Villavicencio- Bucaramanga
1	Villavicencio- Manizales, Manizales- Villavicencio
1	Yopal-Bogotá
1	Medellín- Bogotá- Villavicencio
1	Bogotá- Pereira, Pereira-Bogotá
1	Bogotá-Alemania, Alemania-Bogotá
1	Santiago de Chile- Temuco la araucana, Temuco la araucana-Santiago de Chile
1	Bogotá-Buenos Aires, Buenos Aires-Bogotá
1	Lima-Bogotá-Medellín, Medellín-Lima
1	Brasil-Bogotá- Villavicencio, Villavicencio-Bogotá-Brasil
1	Bogotá-Brasil, Brasil-Bogotá
1	Lima-Bogotá- Villavicencio, Villavicencio-Bogotá-Lima
1	Panamá-Bogotá, Bogotá-Panamá


Nota: Vuelos nacionales e internacionales para el año 2019, por (Universidad Santo Tomás, 2020c).

Anexo 6. Cotización de cuatro tipos de vidrio fotovoltaico de la empresa ONYX Solar.

					
LVF005	m ²	Módulo de vidrio arquitectónico fotovoltaico.			
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
Materiales					
mt35ony040dhaK1a	m ²	Módulo solar fotovoltaico, grado de transparencia del 30%, para integración arquitectónica en fachada de edificio, suministrado en piezas de 1245x1242 mm y 1,55 m ² , con una potencia máxima (Wp) de 28 W/m ² , formado por vidrio exterior templado de 6 mm de espesor, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, vidrio intermedio Float de 3,2 mm de espesor, células de capa fina de silicio amorfo, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, y vidrio interior templado de 6 mm de espesor, con caja de conexiones eléctricas estándar y accesorios de montaje. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.	1,000	186,23	186,23
Subtotal materiales:					186,23
2					
Mano de obra					
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	1,101	19,42	21,38
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	1,101	17,86	19,66
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,100	19,42	1,94
mo102	h	Ayudante electricista.	0,100	17,86	1,79
Subtotal mano de obra:					44,77
3					
Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	231,00	4,62
Coste de mantenimiento decenal: 35,34€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		235,62

					
LVF005	m ²	Módulo de vidrio arquitectónico fotovoltaico.			
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
Materiales					
mt35ony030dhaK1a	m ²	Módulo solar fotovoltaico, grado de transparencia del 20%, para integración arquitectónica en fachada de edificio, suministrado en piezas de 1245x1242 mm y 1,55 m ² , con una potencia máxima (Wp) de 34 W/m ² , formado por vidrio exterior templado de 6 mm de espesor, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, vidrio intermedio Float de 3,2 mm de espesor, células de capa fina de silicio amorfo, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, y vidrio interior templado de 6 mm de espesor, con caja de conexiones eléctricas estándar y accesorios de montaje.	1,000	183,30	183,30
Subtotal materiales:					183,30
2					
Mano de obra					
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	1,101	19,42	21,38
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	1,101	17,86	19,66
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,100	19,42	1,94
mo102	h	Ayudante electricista.	0,100	17,86	1,79
Subtotal mano de obra:					44,77
3					
Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	228,07	4,56
Coste de mantenimiento decenal: 34,89€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		232,63

					
LVF005	m ²	Módulo de vidrio arquitectónico fotovoltaico.			
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
Materiales					
mt35ony020dhaK1a	m ²	Módulo solar fotovoltaico, grado de transparencia del 10%, para integración arquitectónica en fachada de edificio, suministrado en piezas de 1245x1242 mm y 1,55 m ² , con una potencia máxima (Wp) de 40 W/m ² , formado por vidrio exterior templado de 6 mm de espesor, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, vidrio intermedio Float de 3,2 mm de espesor, células de capa fina de silicio amorfo, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, y vidrio interior templado de 6 mm de espesor, con caja de conexiones eléctricas estándar y accesorios de montaje. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.	1,000	181,35	181,35
Subtotal materiales:					181,35
2					
Mano de obra					
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	1,101	19,42	21,38
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	1,101	17,86	19,66
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,100	19,42	1,94
mo102	h	Ayudante electricista.	0,100	17,86	1,79
Subtotal mano de obra:					44,77
3					
Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	226,12	4,52
Coste de mantenimiento decenal: 34,60€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		230,64

					
LVF005	m ²	Módulo de vidrio arquitectónico fotovoltaico.			
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
Materiales					
mt35ony010dhaK1a	m ²	Módulo solar fotovoltaico, opaco, para integración arquitectónica en fachada de edificio, suministrado en piezas de 1245x1242 mm y 1,55 m ² , con una potencia máxima (Wp) de 58 W/m ² , formado por vidrio exterior templado de 6 mm de espesor, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, vidrio intermedio Float de 3,2 mm de espesor, células de capa fina de silicio amorfo, capa adhesiva de PVB de 0,76 mm de espesor, transparente, y vidrio interior templado de 6 mm de espesor, con caja de conexiones eléctricas estándar y accesorios de montaje. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.	1,000	176,48	176,48
Subtotal materiales:					176,48
2					
Mano de obra					
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	1,101	19,42	21,38
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	1,101	17,86	19,66
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,100	19,42	1,94
mo102	h	Ayudante electricista.	0,100	17,86	1,79
Subtotal mano de obra:					44,77
3					
Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	221,25	4,43
Coste de mantenimiento decenal: 33,85€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		225,68

Nota: Obtenido de (Onyx Solar, 2020a).

Anexo 7. Características de los vidrios fotovoltaicos que ofrece ONYX Solar.

OSCURO						
CONFIGURACIÓN ESPESOR (mm) **	SHGC	Valor U m ²	Valor U pies ²	Reflexión de luz externa	Transparencia	La punta del Poder
	%	** W / m ² K	Btu / h pies ² F	%	%	(Wp / m ²)
3,2 + 4	22%	5,7	1,00	7,6%	0,0%	57,6
6T + 3,2 + 6T * (ver notas)	23%	5,2	0,92	7,3%	0,0%	57,6
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T ** (también válido para 4 + 4)	6%	2,7	0,48	7,3%	0,0%	57,6
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T de baja emisividad	5%	1,6	0,28	7,3%	0,0%	57,6
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 6T de baja emisividad	5%	1,2	0,21	7,3%	0,0%	57,6
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 4 / 12Argon / 6T de baja emisividad	5%	1,0	0,18	7,3%	0,0%	57,6

BAJA TRANSPARENCIA						
CONFIGURACIÓN ESPESOR (mm) **	SHGC	Valor U m ²	Valor U pies ²	Reflexión de luz externa	Transparencia	La punta del Poder
	%	** W / m ² K	Btu / h pies ² F	%	%	(Wp / m ²)
3,2 + 4	29%	5,7	1,00	7,6%	10,0%	40
6T + 3,2 + 6T *	29%	5,2	0,92	7,3%	10,0%	40
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T	11%	2,7	0,48	7,3%	10,0%	40
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T de baja emisividad	9%	1,6	0,28	7,3%	10,0%	40
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 6T de baja emisividad	9%	1,2	0,21	7,3%	10,0%	40
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 4 / 12Argon / 6T de baja emisividad	9%	1,0	0,18	7,3%	10,0%	40

TRANSPARENCIA MEDIA						
CONFIGURACIÓN ESPESOR (mm) **	SHGC	Valor U m ²	Valor U pies ²	Reflexión de luz externa	Transparencia	La punta del Poder
	%	** W / m ² K	Btu / h pies ² F	%	%	(Wp / m ²)
3,2 + 4	34%	5,7	1,00	7,6%	20,0%	34
6T + 3,2 + 6T *	32%	5,2	0,92	7,3%	20,0%	34
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T	14%	2,7	0,48	7,3%	20,0%	34
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T de baja emisividad	12%	1,6	0,28	7,3%	20,0%	34
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 6T de baja emisividad	12%	1,2	0,21	7,3%	20,0%	34
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 4 / 12Argon / 6T de baja emisividad	12%	1,0	0,18	7,3%	20,0%	34

ALTA TRANSPARENCIA						
CONFIGURACIÓN ESPESOR (mm) **	SHGC	Valor U m ²	Valor U pies ²	Reflexión de luz externa	Transparencia	La punta del Poder
	%	** W / m ² K	Btu / h pies ² F	%	%	(Wp / m ²)
3,2 + 4	41%	5,7	1,00	7,6%	30,0%	28
6T + 3,2 + 6T *	37%	5,2	0,92	7,3%	30,0%	28
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T	19%	2,7	0,48	7,3%	30,0%	28
6T + 3,2 + 6T / 12Air / 6T de baja emisividad	17%	1,6	0,28	7,3%	30,0%	28
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 6T de baja emisividad	17%	1,2	0,21	7,3%	30,0%	28
6T + 3,2 + 6T / 12Argon / 4 / 12Argon / 6T de baja emisividad	17%	1,0	0,18	7,3%	30,0%	28

Nota: Obtenido de (Onyx Solar, 2020b).

Anexo 8. Boceto de certificado por realizar buenas prácticas ambientales.



Nota: Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Anexo 9. Cotización de luz LED con paneles solares para el alumbrado exterior del Campus



Pag. 1 / 1

ELECTRICOS IVM ELECTRONICA SAS		COTIZACION
Nit : 901232653 - 3	VILLAVICENCIO	No 504
Dir : CALLE 35 25 85		FECHA 13/10/2020
Tel 6628088		

Cliente : RIVERA XIMENA Dirección : centro Teléfono :	Nit. : 1121948084 Ciudad : VILLAVICENCIO
--	---

Código	Nombre	Cant.	Unidad	V/Unit.	Desc.	Subtotal
LAMBOSOL	LAMPARA LED 80W 6500K CON PANEL SOLAR	50.00	UNIDAD	299,000.00	0.00	14,950,000.00

Entrega :	0	SUBTOTAL	DESCUENTO	IVA	TOTAL
Validez :	10	12,563,025	0	2,386,975	14,950,000

Condiciones : CONTADO
Observaciones:

ELABORO	REVISO	AFROBO	AUDITO	REGIBIDO

Nota: Obtenido de (Eléctricos IVM Electronica SAS, 2020).



ELECTRICOS AVAL S.A.S

NIT :901.117.651-7 REGIMEN COMUN

CALLE 35 N. 27-33 Villavicencio - Meta

TEL 6711313-6621407 CEL 3202718016

Correo:electricosaval@hotmail.com

Nombre : VENTA MOSTRADOR	Nit: 1	COTIZACION Nro: 05936
Razon Soc : VENTA MOSTRADOR	Tel :	Fecha : 13/10/2020
Direccion :	Fax :	Vend : PEDRO AGUILAR

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VR.SIN IVA	% IVA	TOTAL
LAM60WSO	LAMPARA LED 60W LED SOLAR	50.00	235,294.11	19 %	14,000,000

SON: CATORCE MILLONES DE PESOS CON 00 CENTAVOS M/CTE	SUBTOTAL	11,764,706
CONDICIONES DE PAGO : CONTADO	DESCUENTO	0
VALIDEZ DE LA COTIZACION: 30 DIAS	IVA	2,235,294
OBSERVACIONES :	NETO	14,000,000

Recibi: Nombre: _____
 Firma
 C.C. No.



ELECTRICOS AVAL S.A.S

NIT :901.117.651-7 REGIMEN COMUN

CALLE 35 N. 27-33 Villavicencio - Meta

TEL 6711313-6621407 CEL 3202718016

Correo.electricosaval@hotmail.com

Nombre : VENTA MOSTRADOR	Nit: 1	COTIZACION Nro: 05937
Razon Soc : VENTA MOSTRADOR	Tel :	Fecha : 13/10/2020
Direccion :	Fax :	Vend : PEDRO AGUILAR

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VR. SIN IVA	% IVA	TOTAL
PASO340	PANEL SOLAR 340W 24V	250.00	790,000.00	0 %	197,500,000
SB12200	BATERIA SECA 12VDC - 200AMP	25.00	1,218,487.39	19 %	36,250,000
INV2000CS	INVERSOR ONDA PURA12V DC 2000W CARSPA	18.00	1,200,000.00	0 %	21,600,000
SCE60E	REGULADOR SOLAR 60 AMPERIOS ECO	18.00	80,000.00	0 %	1,440,000

SON: DOSCIENTOS CINCUENTA Y SEIS MILLONES SETECIENTOS NOVENTA MIL PESOS

CONDICIONES DE PAGO : CONTADO

VALIDEZ DE LA COTIZACION: 30 DIAS

OBSERVACIONES :

SUBTOTAL	251,002,185
DESCUENTO	0
IVA	5,787,815
NETO	256,790,000

Recibí: Nombre: _____
 Firma
 C.C. No.

Nota: Obtenido de (Eléctricos Aval S.A.S, 2020).

Anexo 10. Cantidad de refrigerante R410A según el modelo del aire

Modelo del aire acondicionado	Cantidad de aires acondicionados	Cantidad de refrigerante(kg)
ARUV80BT3	17	140,5
ARUV100DT3	2	14
ARUV100DTS4	2	13
ARUV120DT3	7	45,5
ARUV120DTS4	2	12,8
ARUV140DT3	3	25,5
ARUVU140DTS4	2	13
ARUV160DT3	2	17
ARUV160DTS4	4	26
ARUV180DTS4	2	10
ARUV200DT3	1	5
ARUV200DTS4	1	7,5
Total	45	329,8

Nota: Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020).

Anexo 11. Emisiones por diferentes medios de transporte, correspondiente a la movilidad terciaria

MEDIO DE TRANSPORTE	CATEGORÍA	TIPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE CONSUMIDO (gal)	COMBUSTIBLE QUEMADO (TJ)	EMISIONES GEI (kg)			Total kg de CO ₂ eq	Total Ton de CO ₂ eq
					CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Bus	Estudiantes	Diesel	46985,70	6,41	475810,40	533,58	106,72	476450,70	476,45
	Docentes		1636,25	0,22	16569,82	18,58	3,72	16592,12	16,59
	Administrativos		2284,80	0,31	23137,50	25,95	5,19	23168,64	23,17
Taxi	Estudiantes	Gas	33113,73	0,55	30720,92	33113,73	3311,37	67146,03	67,15
	Docentes		3173,33	0,05	2944,03	3173,33	317,33	6434,69	6,43
	Administrativos		716,80	0,01	665,00	716,80	71,68	1453,48	1,45
Motocicleta	Estudiantes	Gasolina	4601,13	0,58	39945,90	17,42	10,45	39973,76	39,97
	Docentes		503,83	0,06	4374,13	1,91	1,14	4377,18	4,38
	Administrativos		758,71	0,10	6586,93	2,87	1,72	6591,52	6,59
Vehículo Particular	Estudiantes	Gasolina	19241,76	2,41	167052,17	72,84	43,70	167168,71	167,17
	Docentes		2766,75	0,35	24020,23	10,47	6,28	24036,99	24,04
	Administrativos		733,09	0,09	6364,51	2,78	1,67	6368,95	6,37
Vehículo Particular	Estudiantes	Diesel	2584,21	0,35	26169,57	29,35	5,87	26204,79	26,20
	Docentes		171,81	0,02	1739,83	1,95	0,39	1742,17	1,74
	Administrativos		67,20	0,01	680,51	0,76	0,15	681,43	0,68
Total de CO₂ eq por el desplazamiento de la comunidad universitaria								868391,18	868,391

Nota: Realizado por (Carrillo Cadena & Rivera Torres, 2020)

Anexo 12. Portabicicletas

Como se muestra a continuación, ese fue el modelo con el que se realizó las cotizaciones teniendo en cuenta que es un portabicicletas básico y su inversión no es tan grande en comparación con otros que ofrecen más servicios. Se considera que este es el más apropiado para la ejecución de dicha estrategia, teniendo en cuenta que requiere de una inversión y con esto solo se obtendrá beneficios ambientales, en la reducción de las emisiones. Es un portabicicletas metálico de seis puestos, inoxidable, fácil instalación y se ajusta a diferentes superficies.

