

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO E HÍDRICA PARA LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA SEDE CAMPUS,
CAJICÁ, COLOMBIA

Leydi Natalia Becerra Sanchez

Paula Valentina Urrego Dávila

Universidad Militar Nueva Granada

Notas de los autores

Leydi Natalia Becerra Sanchez, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada

Paula Valentina Urrego Dávila, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada

La correspondencia relacionada con esta investigación debe ser dirigida a Leydi Natalia Becerra Sanchez y Paula Valentina Urrego Dávila, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá



CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO E HÍDRICA PARA LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA SEDE CAMPUS,
CAJICÁ, COLOMBIA

Trabajo de grado presentado por
Leydi Natalia Becerra Sanchez
Paula Valentina Urrego Dávila
como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Ambiental

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Ambiental
Cajicá, Colombia
2021

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO E HÍDRICA PARA LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA SEDE CAMPUS,
CAJICÁ, COLOMBIA

Leydi Natalia Becerra Sanchez

Paula Valentina Urrego Dávila

APROBADO:

Ing. Oscar Javier Bernal López, M.Sc.

Tutor

Ing. Diana Margarita Hernández Avilés

Cotutora

Nombres del primer jurado

Firma

Nombres del segundo jurado

Firma

Nota de advertencia

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus estudiantes en sus proyectos de trabajo de grado, sólo velará por la calidad académica de los mismos, en procura de garantizar su desarrollo de acuerdo con la actualidad del área disciplinar respectiva. En el caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, el estudiante – autor asumirá toda la responsabilidad y saldrá en defensa de los derechos. Para todos los derechos la universidad actúa como un tercero de buena fe”. (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995)

Agradecimientos

A la Universidad Militar Nueva Granada por permitirnos llevar a cabo nuestros estudios de pregrado de Ingeniería Ambiental

Al Ing. Oscar Javier Bernal López, M.Sc. por su tiempo, disposición y conocimiento en la realización de la tesis.

A la Ing. Diana Margarita Hernández Avilés, por su tiempo, disposición y conocimiento en la realización de esta tesis.

A todos los estudiantes, docentes y directivos de la Facultad de Ingeniería, por su tiempo y disposición en el diligenciamiento de las encuestas.

Dedicatoria

Dedicamos esta tesis a nuestros padres, por sus sacrificios y esfuerzos todos estos años; por habernos forjado para ser las personas que somos hoy en día, por nunca dudar en nuestras capacidades y motivar constantemente nuestras metas.

A nuestros abuelos y familia por sus consejos y su apoyo incondicional

A todos nuestros compañeros y docentes con los que compartimos por 5 años momentos de angustia, estrés y ante todo felicidad.

A Dios por permitirnos culminar esta etapa de nuestras vidas.

Tabla de contenido

Resumen.....	3
Abstract.....	5
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL.....	7
1.1 Planteamiento del problema.....	8
1.2 Justificación	10
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.	13
1.4 Alcance	13
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	14
CAPÍTULO 3: MARCO DE REFERENCIA.....	25
3.1 Marco conceptual.....	25
3.2 Marco teórico	33
3.2.1 Cambio climático	33
3.2.3 Huella de carbono	35
3.2.3 Protocolo de Kyoto	40
3.2.4 Huella hídrica.....	44
3.2.5 Desarrollo sostenible.....	51
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA, DESARROLLO, MATERIALES Y MÉTODOS	54
4.1 Metodología para el cálculo de la huella de carbono.....	55
4.1.1 Definición y establecimiento de límites organizacionales	57
4.1.2 Identificación de emisiones de GEI	61
4.1.3 Elección del año base	64
4.1.4 Cuantificación de las emisiones de GEI.....	64

Validación	69
4.2 Metodología para el cálculo de la huella hídrica	71
4.2.1. Definición de los objetivos y alcances	72
4.2.2. Cálculo de la huella hídrica.....	75
4.2.3. Evaluación de sostenibilidad.....	82
4.2.4. Formulación de respuesta.....	83
CAPÍTULO 5: RESULTADOS.....	85
5.1. Cálculo de la huella de carbono	90
5.1.1. Determinación del alcance I.....	90
5.1.2. Determinación del alcance II	95
5.1.1. Determinación del alcance III	100
5.2.3. Huella de carbono total	113
5.2. Cálculo huella hídrica	115
5.2.1. Huella hídrica directa	115
5.2.2. Huella hídrica indirecta	119
5.2.3. Huella hídrica total.....	132
5.3. Alternativas para la reducción de huella carbono y huella hídrica	135
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	146
REFERENCIAS.....	151
Anexos	168
Anexo 1. Preguntas de las encuestas en Microsoft Forms.....	168
Anexo 2. Resultados de la encuesta con su cálculo de la HdC y HH	178
Anexo 3. Factores de conversión para huella hídrica	178

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Gases de efecto invernadero. Continuación en la siguiente página.....</i>	37
Tabla 2. <i>Los países con mayor exportación e importación de agua virtual.....</i>	49
Tabla 3. <i>Alcance de las emisiones de GEI con actividades y procesos relacionados de la Facultad de Ingeniería, CAMPUS, UMNG</i>	61
Tabla 4. <i>Principales fuentes de emisión de la UMNG.....</i>	63
Tabla 5. <i>Metodología recopilación de datos. Continuación en la siguiente página.</i>	66
Tabla 6. <i>Parámetro estadístico Z dependiendo del nivel de confianza</i>	70
Tabla 7. <i>Fuentes de información para evaluar la HH. Continuación en la siguiente página.....</i>	76
Tabla 8. <i>Cantidad de la población por programa de la Facultad de Ingeniería hasta el 2020... </i>	85
Tabla 9. <i>Ficha técnica de la encuesta realizada por la plataforma Microsoft Forms. Continuación en las siguientes páginas.....</i>	87
Tabla 10. <i>Valor de los parámetros tenidos en cuenta para el tamaño de la muestra</i>	90
Tabla 11. <i>Vehículos propios de la UMNG campus.....</i>	91
Tabla 12. <i>Cálculo de la Huella de carbono del consumo de combustible diésel</i>	92
Tabla 13. <i>Cálculo de la Huella de carbono del consumo de combustible gasolina.....</i>	93
Tabla 14. <i>Cálculo de la huella de carbono del consumo de agua potable</i>	96
Tabla 15. <i>Cálculo de la huella de carbono del consumo de energía.....</i>	98
Tabla 16. <i>Cálculo de la huella de carbono del Papel Usado durante los años 2018 y 2019....</i>	101
Tabla 17. <i>Cálculo de la huella de carbono de los residuos sólidos durante el 2019</i>	102
Tabla 18. <i>Huella de carbono por consumo de alimentos para la Facultad de Ingeniería.....</i>	104

Cálculo de la Huella de Carbono e Hídrica para la Facultad de Ingeniería Campus UMNG

Tabla 19. <i>Descripción estadística huella de carbono por consumo de alimentos.....</i>	107
Tabla 20. <i>Huella de carbono de la movilización del personal de la Facultad por programa académico</i>	110
Tabla 21. <i>Estadística descriptiva HdC para uso de transporte de la Facultad de Ingeniería ...</i>	111
Tabla 22. <i>Huella de carbono por alcance evaluado para la Facultad de Ingeniería</i>	114
Tabla 23. <i>Cálculo de la huella hídrica del consumo de agua potable</i>	116
Tabla 24. <i>Parámetros de calidad del agua para DBO₅ de la PTAR Sede Campus Cajicá.....</i>	118
Tabla 25. <i>Cálculo de la huella hídrica del papel usados durante los años 2018 y 2019</i>	120
Tabla 26. <i>Cálculo de la huella hídrica del consumo de energía</i>	122
Tabla 27. <i>Cálculo de la huella hídrica del consumo de combustible diésel.....</i>	125
Tabla 28. <i>Cálculo de la huella hídrica del consumo de combustible gasolina</i>	126
Tabla 29. <i>Huella hídrica por consumo de alimentos en la Facultad de Ingeniería</i>	128
Tabla 30. <i>Descripción estadística de HH para el consumo de alimentos en la Facultad de Ingeniería.....</i>	130
Tabla 31. <i>Huella hídrica para el 2019 por categoría evaluada</i>	133
Tabla 32. <i>Estrategias de mitigación y compensación propuestas para la disminuir la HdC y la HH. Continuación en las siguientes páginas.....</i>	142

Índice de figuras

Figura 1. <i>Recopilación de las actividades totales de CO₂ para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Hasanuddin</i>	17
Figura 2. <i>Variables contempladas en el cálculo de la Huella Hídrica de la Universidad Nacional de Costa Rica 2012-2016</i>	21
Figura 3. <i>Fuentes y límites de emisiones para el caso de Santiago de Cali (Colombia)</i>	23
Figura 4. <i>Efecto Invernadero natural</i>	35
Figura 5. <i>Definiciones según la ISO 14064-1 y requisitos</i>	40
Figura 6. <i>Tipos de Huellas Hídrica</i>	46
Figura 7. <i>Componentes de la huella hídrica</i>	47
Figura 8. <i>Dimensiones del desarrollo sostenible</i>	51
Figura 9. <i>Fotografía satelital Sede Campus Universidad Militar Nueva Granada</i>	55
Figura 10. <i>Metodología para el cálculo de la Huella de Carbono</i>	56
Figura 11. <i>Enfoques límites organizacionales</i>	58
Figura 12. <i>Límites organizacionales Facultad Ingeniería, Sede campus-Cajicá</i>	59
Figura 13. <i>Metodología para el cálculo de la huella hídrica</i>	72
Figura 14. <i>Límites del sistema para el cálculo de la huella hídrica</i>	74
Figura 15. <i>Balance hídrico de una organización</i>	78
Figura 16. <i>Balance hídrico para la Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá-Cundinamarca</i>	132
Figura 17. <i>Infografías medidas de mitigación, compensación y reducción de la HdC y HH</i>	140

Índice de gráficas

Gráfica 1. <i>Mercado de agua virtual</i>	50
Gráfica 2. <i>Representación porcentual de los miembros de la Facultad de Ingeniería</i>	86
Gráfica 3. <i>Huella de carbono total por tipo de combustible para los años 2018 y 2019</i>	94
Gráfica 4. <i>Huella de carbono por consumo de agua potable para la Facultad de Ingeniería</i>	97
Gráfica 5. <i>Huella de carbono por consumo de energía la Facultad de Ingeniería de la Sede Campus en la UMNG para los años 2018 y 2019</i>	99
Gráfica 6. <i>Huella de carbono en porcentaje por zona de consumo de alimentos</i>	105
Gráfica 7. <i>Huella de carbono porcentual de la Facultad de Ingeniería</i>	115
Gráfica 8. <i>Huella hídrica por consumo de agua potable para la Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá-Cundinamarca</i>	117
Gráfica 9. <i>Huella hídrica por consumo de energía Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá- Cundinamarca, para los años 2018 y 2019</i>	123
Gráfica 10. <i>Huella hídrica total por tipo de combustible para los años 2018 y 2019</i>	127
Gráfica 11. <i>Huella hídrica por porcentaje del consumo de alimentos en las zonas evaluadas</i> .	129
Gráfica 12. <i>Huella hídrica porcentual por fuente de consumo de agua</i>	134

Lista de abreviaturas

HdC: Huella de carbono

HH: Huella hídrica

m³: Metro cúbico

L: Litro

kg: Kilogramo

Ton: Toneladas

Gm³/yr: Gigámetro cúbicos por año

Cl: Cloro

Br: Bromo

F: Hierro

C: Carbono

H₂O: Agua

N₂O: Óxido Nitroso

CO₂: Dióxido de carbono

CO₂eq: Dióxido de carbono equivalente

CH₄: Metano

CO: Monóxido de carbono

HFC: Hidrofluorocarbonos

O₃: Ozono

PFC: Perfluorocarbonos

SF₆: Hexafluoruro de azufre

°C: Grados Celsius

GEI: Gases de efecto invernadero

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

PCG: Potenciales de calentamiento global

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

IPCC: Expertos sobre Cambio Climático

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

UMNG: Universidad Militar Nueva Granada

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

ONU: Organización de las Naciones Unidas

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

WFN: Water Footprint Network

SDA: Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá

NDC: La Contribución Determinada a Nivel Nacional

COP: La Conferencia de las Partes

Resumen

El presente trabajo de investigación estimó la huella de carbono y la huella hídrica para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada Sede Campus ubicada en Cajicá Cundinamarca, resultado de las actividades de prestación de servicios de educación superior, lo anterior con el fin de plantear estrategias para minimizar y reducir las emisiones de gases efecto invernadero y consumo de agua.

Para la cuantificación de la huella de carbono se optó por utilizar la metodología expuesta por la IPCC y la ISO 14064 del 2014; por su parte la huella hídrica fue evaluada a partir de la metodología de *“The Water Footprint Assessment”* determinando así la huella desde los consumos directos e indirectos; cabe mencionar que para ambos tipos de huellas la información primaria se recolectó a través de la aplicación de una encuesta en línea a todo el personal de la Facultad. Así pues, se obtuvo que las mayores actividades que aportan a la huella de carbono son el consumo de agua potable con un 37%, el transporte del personal fuera de los límites de la institución con un 33% y el consumo de alimentos con un 21% con respecto a una huella de carbono total de 4.946,95 Ton CO₂ eq/año). En cuanto a la huella hídrica se obtuvo un valor de 1.089.818,6 m³/año, del cual el 66% solo corresponde al consumo de alimentos, seguido del uso de energía eléctrica por parte de la Facultad de ingeniería con un 23%.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos se establecieron estrategias de mitigación, compensación y reducción para minimizar el aporte que la Facultad genera frente a estos dos

indicadores ambientales, con el propósito de que un día la universidad sea sostenible y amigable con el ambiente.

Palabras claves: Huella de carbono, huella hídrica, indicadores, gases de efecto invernadero, consumos de agua.

Abstract

This research work estimated the carbon footprint and water footprint for faculty of engineering the Universidad Militar Nueva Granada Campus located in Cajicá Cundinamarca, due of the activities of providing higher education services. The study pretends to propose strategies to minimize and reduce greenhouse gas emissions and water consumption of the faculty.

For the quantification of the carbon footprint, we chose to use the methodology set forth by the IPCC and ISO 14064 of 2014. The water footprint was evaluated based on the methodology of *"The Water Footprint Assessment"*, thus determining the footprint from the direct and indirect consumption; it is worth mentioning that for both types of footprints the primary information was collected through the application of an online survey to all the faculty's personnel. Thus, it was obtained that the largest activities that contribute to the carbon footprint are the consumption of drinking water with 37%, the transportation of personnel outside the limits of the institution with 33% and the consumption of food with 21% compared to a total carbon footprint of 4,946.95 Ton CO₂ eq/year). Regarding the water footprint, a value of 1,089,818.6 m³/year was obtained, of which 66% corresponds only to food consumption, followed using electricity by the faculty engineering with 23%.

Finally, based on the results obtained, mitigation, compensation and reduction strategies were established to minimize the contribution that the faculty generates with respect to these two

environmental indicators, with the purpose that in the future the university in general will be sustainable and environmentally friendly.

Key words: Carbon footprint, water footprint, indicators, greenhouse gases, water consumption.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL

Dos de los grandes desafíos que actualmente enfrenta la humanidad son, el cambio climático y el abastecimiento de agua; el primero influenciado por la concentración de gases efecto invernadero (GEI) que ha contribuido a la aceleración del calentamiento global aumentando así la temperatura media de la tierra y el segundo debido a la escasez del recurso hídrico, contaminación y no tratamiento de este. Es por esto, que actualmente muchas organizaciones tienen como meta incluir diferentes medidas ambientales para la reducción, mitigación y control de los efectos negativos de las pertinentes actividades que en estas se realizan.

Dentro de las herramientas destinadas a medir el consumo de recursos y la emisión de contaminantes se encuentran las metodologías de la huella de carbono (HdC) y la huella hídrica (HH), (indicadores de sostenibilidad ambiental que informan sobre la contribución de una determinada actividad al calentamiento global y la cantidad de agua consumida en la producción de bienes de consumo o durante el uso de un determinado servicio) así mismo representan el soporte para la toma de decisiones sobre las mejoras con las que se procura mitigar el impacto ambiental provocado por estas.

Con el presente trabajo de investigación se pretende calcular el impacto ambiental generado de las actividades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), por medio del cálculo de su HdC y HH. Así, se espera contribuir con el proceso de

sostenibilidad de la universidad, por lo que se proyecta que la comunidad neogranadina (estudiantes, docentes, directivos y personal administrativo) acoja las prácticas para hacer uso apropiado de los recursos, disminuyendo las emisiones relacionadas con el transporte, el consumo de alimentos, energía, agua y la generación de residuos.

1.1 Planteamiento del problema

A diario el planeta pide ayuda para hacer frente a las grandes transformaciones que está sufriendo. Según la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, 2020) la temperatura media de la tierra ha aumentado 1,8 grados Fahrenheit (0,98°C) desde la década de 1880. Dentro de los efectos del calentamiento global tenemos fenómenos climáticos extremos como sequías e inundaciones, variaciones en el clima, desertificación, erosiones agravantes y pérdida generalizada de biodiversidad (National Geographic, 2010). Algunas consecuencias sociales por este fenómeno son desplazamientos poblacionales (por el aumento del nivel del mar, las inundaciones y la erosión de las costas), reducción de las producciones agrícolas y agravamiento de la salud de la población (malaria, dengue, *etc*).

Según la Organización de Naciones Unidas (ONU), la falta de acceso al agua potable ocasiona la muerte anual 780.000 personas en el mundo, por lo que enfatiza el gran desafío que tiene la humanidad en el abastecimiento del recurso hídrico debido a la disminución de este y el aumento exponencial de la población (ONU, 2019). Sin embargo, no se han tomado las medidas suficientes para abordar esta problemática.

Este trabajo abordará la problemática de la falta de información con respecto a las diferentes actividades que se llevan a cabo en la UMNG y generan un impacto ambiental por los altos consumos de agua y emisiones de gases efecto invernadero. Si no se identifican las actividades que mayor impacto generan, no se logrará plantear herramientas eficientes de reducción y minimización. Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, se hace urgente encontrar herramientas que cuantifiquen dichos impactos; es así como nace el interés de aportar soluciones para contribuir de alguna forma a la mejora de estos escenarios: impulsando a profundizar en estas áreas, ideando formas para mitigar, disminuir y eliminar las consecuencias que estas generan al ambiente.

En este trabajo de investigación se estimará la HdC y la HH de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada Sede Campus, como muestra representativa para contribuir a la formulación de planes de mitigación, control y reducción del impacto que las actividades de la comunidad neogranadina generan en esta Sede; para finalmente hacer de ésta una institución sostenible. Para ello se partirá de la pregunta de investigación:

¿Cuál es la huella hídrica y la huella de carbono que generan toda la población de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada Sede Campus Cajicá por la realización de actividades académicas, administrativas y de investigación?

Lo anterior, se debe a que se cree que estos indicadores son mayores a los calculados por parte de otras universidades que han aplicado estas mismas herramientas de cuantificación de impactos, pues el Campus Nueva Granada, cuenta con instalaciones como planta de tratamiento de agua residual (PTAR), humedales artificiales y centro de acopio de residuos sólidos, que aumentan las emisiones de GEI y generan un mayor consumo de agua. Por ejemplo, los humedales construidos son utilizados ampliamente para depurar aguas residuales con eficiencias superiores al 90%, sin embargo, durante el proceso de degradación de la materia orgánica hay generación de GEI, convirtiéndose así pues en fuentes de emisión. Así mismo las PTAR's emiten CO₂ y CH₄ en los procesos de tratamiento, contribuyendo estas instalaciones cerca del 5% de las fuentes de metano global (Parra *et al.*, 2010). Para el caso de los consumos de aguas, dichas instalaciones demandan grandes cantidades de agua para actividades de abastecimiento, funcionamiento y mantenimiento; por lo cual se genera un mayor uso de este recurso.

1.2 Justificación

El consumo excesivo de los recursos naturales para satisfacer las necesidades humanas que se ha dado en las últimas décadas ha conllevado a la escasez de estos (Durango *et al.*, 2019), debido principalmente al cambio climático, el crecimiento poblacional y una mayor presión sobre ellos. Por lo cual, es necesario empezar a tomar medidas para optimizar y gestionar un adecuado uso sobre los recursos del planeta. En este sentido, surgen los indicadores de HdC y HH como herramientas que cuantifican el impacto de las actividades humanas sobre el ambiente.

Las instituciones de educación superior son a pequeña escala una de las comunidades que genera grandes impactos sociales y ambientales por su alta densidad poblacional afectando directamente el consumo de recursos naturales como lo son el agua, aire y combustibles fósiles (consumo de energía y movilidad). El consumo que se da por las actividades que se realizan en estos lugares, genera un impacto en el ambiente al emitir GEI y al disminuir el recurso hídrico.

La dotación neta hace referencia a la cantidad de agua mínima requerida para satisfacer las necesidades básicas de una persona. De acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS – 2000), en el título A “Aspectos Generales de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico” se presenta la dotación neta de un habitante la cual se establece en el rango de 100 a 150 litros por habitante día (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Colombia, 2000), sin embargo, estos valores tienen en cuenta todas las actividades que a diario realiza una persona. Como ya se ha mencionado, este estudio solo tendrá en cuenta las actividades que se llevan a cabo dentro de la universidad, por lo tanto, se asume que este valor es mucho más bajo que el determinado en el RAS. Al revisar varios estudios científicos realizados en varias universidades que se encuentra en Colombia como por ejemplo la Universidad Nacional de Colombia Universidad Javeriana y Universidad de La Salle se determina que el que la dotación neta en estas instituciones se encuentra en un rango de 25 a 30 litros por habitante día (Universidad Nacional de Colombia, 2015), en consecuencia, se espera que los resultados obtenidos en este estudio se establezcan dentro del rango previamente mencionado.

La Universidad Militar Nueva Granada es una institución de educación superior que según su política ambiental debe garantizar la protección y la conservación del ambiente, a fin de brindar un entorno óptimo para toda su comunidad. La institución reconoce que su alto número de empleados, estudiantes y vehículos pueden ocasionar altas tasas de generación de gases efecto invernadero y consumo del recurso hídrico. Sin embargo, en la actualidad la institución no cuenta con un sistema que cuantifique el impacto que genera su comunidad sobre los ecosistemas por las diferentes actividades que se realicen en sus instalaciones. A partir de esto nace la necesidad de diagnosticar para saber que está ocurriendo y tomar acciones que puedan reducir o mitigar impactos directos e indirectos de modo tal que la institución sea ambientalmente sostenible y contribuya positivamente a la sociedad.

Esta investigación obtendrá los primeros resultados de la huella de carbono y la huella hídrica en la UMNG Sede Campus Cajicá. De esta manera, se pretende apoyar en la incorporación de herramientas de planificación y gestión ambiental, permitiendo que la institución tenga acceso a un instrumento técnico y metodológico que asistan a la identificación y desarrollo de acciones que contribuyan a un modelo sostenible.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

- Cuantificar la huella de carbono y la huella hídrica para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada Sede Campus Nueva Granada.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la Sede Campus Nueva Granada.
- Calcular la huella de carbono de las actividades que se realizan dentro de la Facultad.
- Estimar la huella hídrica directa e indirecta a partir de los consumos de agua propios de las actividades que se realizan dentro de la Facultad.
- Proponer estrategias de prevención, mitigación y compensación para la reducción de la huella de carbono y la huella hídrica.

1.4 Alcance

La presente investigación estudió la huella de carbono y la huella hídrica de estudiantes, docentes y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería del Campus de UMNG ubicada en el municipio de Cajicá- Cundinamarca. Para esto, solo se tuvo en cuenta las emisiones generadas y el consumo de agua de la población de esta Facultad, excluyendo todo el personal perteneciente a los departamentos de ciencias básicas y aplicadas los cuales son biología, física, matemáticas y química (materias que se toman en los primeros semestres de las carreras pertenecientes a la Facultad); igualmente no se tendrá en cuenta al personal del área de humanidades.

Cabe aclarar que debido a la contingencia por la que atraviesa el país, en su mayor parte, el estudio tendrá en cuenta datos teóricos aportados por diferentes fuentes bibliográficas como bases virtuales, además de datos previamente obtenidos por diferentes estaciones de muestreo con las que cuenta la universidad y encuestas.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

La problemática frente al cambio climático ha llevado a que diferentes instituciones y organizaciones tomen medidas sobre la generación de los gases de efecto invernadero y la contaminación sobre el recurso hídrico. De esta manera, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático en 2007 manifestó la iniciativa de introducir el cálculo de la HdC y la HH, con el propósito de cuantificar el impacto que se ocasiona sobre el ambiente y sus recursos naturales por las diferentes actividades que realizan los seres humanos (IPCC,2007).

A nivel mundial, muchas instituciones educativas están orientadas a disminuir sus impactos ambientales a causa de las actividades diarias que se llevan a cabo en estas mismas. De acuerdo con Dávila *et al.* (2012), “la realización de cualquier actividad, producto o servicio para la satisfacción del ser humano tienen equivalencia en dióxido carbono”. Por esta razón, los campus universitarios no son la excepción, pues toda la comunidad educativa y operaciones que realicen pueden generar GEI. Por otro lado, el recurso hídrico es esencial en el abastecimiento de las necesidades de la población estudiantil, docente, administrativa y en el mantenimiento del campus universitario (riego de jardines, por ejemplo). En muchas ocasiones algunos campus universitarios son considerados pequeñas ciudades, donde la determinación de los impactos ambientales relacionados con las actividades que en estas utilizan metodologías similares a las que se realizan en ciudades con una mayor densidad poblacional.

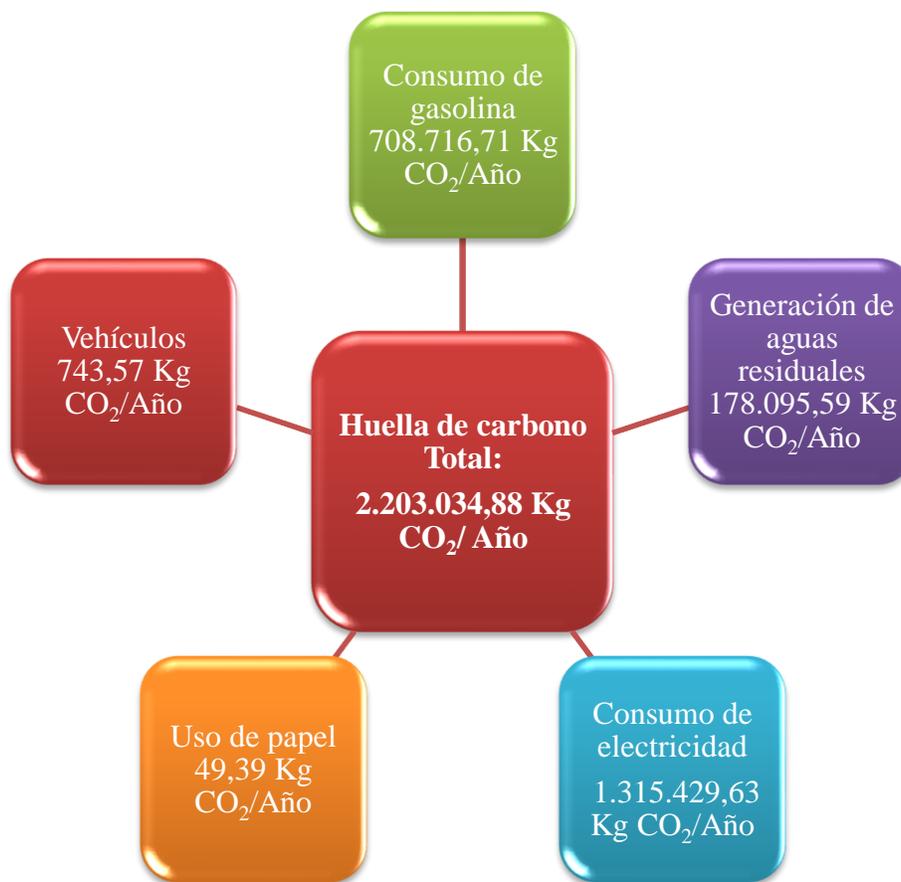
El proyecto “University of Pennsylvania Carbon Footprint” de la Universidad de Pennsylvania realizó un inventario completo de todas las emisiones de GEI, con el fin de determinar la huella de carbono para todo el campus, que incluye 141 edificios y 40.000 miembros de la comunidad universitaria. Este estudio comprendió la evolución del campus desde el 1990 hasta el 2006, y estimó los datos de emisiones de huella de carbono que pueden ser alcanzados hasta el 2020 en caso de no adoptar medidas al respecto, todo ello comparado los compromisos firmados en el acuerdo de Kioto (TCCCBSSES, 2007).

Así mismo, la Escuela de Middlebury, en Vermont con el proyecto “Carbon Neutrality at Middlebury College: A Compilation of Potential Objectives and Strategies to Minimize Campus Climate Change” determinó su huella de carbono, por medio de la realización de un inventario de emisiones basados en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero del Instituto de Recursos Mundiales y los Líderes del Clima de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Los resultados obtenidos de este proyecto demostraron que para el 2003 las emisiones de GEI fueron 22.000 Ton de CO₂eq que comprenden las emisiones de calefacción/refrigeración del campus, vehículos propiedad de la universidad, consumo de electricidad, viajes de negocios y desechos al vertedero. Como medidas de mitigación, plantearon un sistema de instalación de gasificación de biomasa para disminuir y posteriormente neutralizar sus emisiones (Hanley *et al.*, 2003). Otras universidades comprometidas con el cuidado al ambiente han realizado estudios semejantes con el propósito de acercarse cada vez más al concepto de carbono neutral, son la

universidad de Yale, la Universidad de Georgetown (Zhang *et al.*, 2009) y la Universidad de Colorado (Kinsley & De Leon, 2009).

Indonesia es uno de los países del sudoeste asiático que se ha comprometido para el 2030 reducir en un 29% sus emisiones de gases efecto invernadero. Por lo cual en busca de saber cuáles son los sectores que mayores emisiones generan, varias instituciones y organizaciones tanto públicas como privadas han optado por medir sus huellas ambientales. Tal es el caso de la Universidad de Hasanuddin en Gowa (Indonesia) que evaluó la huella de carbono en la Facultad de Ingeniería. La investigación se llevó a cabo del 4 al 13 de marzo del 2019 en donde se recopiló información de manera directa e indirecta, teniendo en cuenta las actividades que se evidencian en la Figura 1 para la Facultad de Ingeniería. Los resultados de este estudio indicaron que la mayor HdC se da por el consumo de energía con un valor de 1.315.429,63 Kg CO₂/Año, por lo cual la universidad optó por implementar algunas medidas de mitigación frente a este indicador tales como la puesta en marcha de una planta energética que reduzca el consumo de electricidad generando así una HdC de 164.428,7 Kg CO₂/Año (Zakaria *et al.*, 2020).

Figura 1. Recopilación de las actividades totales de CO₂ para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Hasanuddin



Nota. En esta figura se presentan los resultados obtenidos en el caso de estudio para la Universidad de Hasanuddin (Indonesia) dependiendo del tipo de actividad que se ha evaluado.

Fuente. Autoría propia

Diferentes variables contabilizan la huella hídrica de una organización impulsando así el crecimiento de estas en el ámbito ambiental; el consumo de energía, combustible empleado para el transporte y la generación de electricidad son algunas de las variables para medir este indicador. Un estudio que se llevó a cabo en la Universidad Valaya Alongkorn Rajabhat (Tailandia), demostró que esta institución genera una alta huella hídrica debido principalmente a la gran demanda energética de sus instalaciones y el consumo de combustibles por transportes de uso oficial, de igual manera se tuvo presente la metodología de Makonnen y Hoekstra para incluir la generación de energías por hidroeléctricas como un aporte a la huella hídrica. Al comparar la huella hídrica generada por tipo de combustible se demostró que es mayor para los vehículos que usan gasolina con un valor de 16.039.612 litros frente a los de diésel que fue de 1.515.240 litros, ambos para el 2018. Estos resultados demostraron que el proceso de producción de gasolina contribuye mayormente al consumo de agua por parte de la universidad (Kandananond, 2019).

La universidad de Talca en Chile ha llevado un continuo monitoreo de las emisiones que generan y aportan a la huella de carbono de esta institución desde el 2012. En un estudio realizado por Yañez *et al.* (2020) para esta institución ilustró la trayectoria de este indicador en sus cinco campus de forma directa e indirecta, siguiendo la metodología del Protocolo de gases Efecto Invernadero de la IPCC, separando así las actividades en los tres tipos de alcances de la HdC. Los resultados de estas estimaciones demostraron que la universidad produce aproximadamente 20,69 Ton CO₂ eq por persona, en donde las emisiones directas por combustible, calefacción, transporte fuera del sitio y autobuses institucionales, pertenecientes al alcance I generan el mayor aporte. En

conclusión, este estudio proporcionó una guía comparativa frente a la huella de carbono que puedan generar otras instituciones y organizaciones nacionales e internacionales.

La determinación de la huella de carbono y la huella hídrica no solo se aplica para las industrias que son una de las mayores fuentes de contaminación junto con las fuentes móviles (automóviles), sino también, se pueden aplicar para el caso de una institución educativa. Dávila *et al.* (2012), determinaron la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur (Ecuador), en donde se empleó el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Los resultados obtenidos en este estudio presentan que para el 2012 la huella de carbono fue de 874 ton CO₂eq, en donde determinaron que este valor puede llegar a neutralizarse a través del establecimiento de políticas internas para disminuir la emisión de los gases de efecto invernadero que la universidad genera.

Los diferentes tipos de huellas ambientales también son cuantificadas a pequeña escala como: colegios, microempresas, viviendas, individuos o un grupo de estos. Tal es el caso del estudio realizado por Silva *et al* (2017) que determinó la Huella Hídrica de alumnos para la Escuela Murilo Braga en Campina Grande (Brasil) en el 2016, el cual se llevó a cabo con una muestra poblacional de 40 estudiantes que fueron seleccionados de forma aleatorio. La metodología empleada para este caso consistió en la aplicación de encuestas que contemplaban 5 preguntas objetivas y 26 subjetivas, teniendo en cuenta los gastos de los estudiantes en tres categorías: alimentos, uso doméstico y consumo de bienes. Los resultados obtenidos en este estudio presentaron que el mayor

aporte a la Huella Hídrica se daba por el consumo de alimentos con un valor de 4.519,45 L día⁻¹, en especial los productos cárnicos. En este caso concluyeron que a pesar de que el consumo de alimentos sea el que mayor gasto de agua genera, no se puede disminuir en gran proporción comparada con las otras dos categorías de la encuesta, dado que es difícil controlar el consumo de sus estudiantes; en cambio sí optaron por implementar medidas de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico dentro de sus instalaciones.

Los tipos de huellas hídricas (HH verde, HH azul y HH gris) pueden ser evaluadas al mismo tiempo para una industria, organización e institución, sin embargo, estas pueden ser medidas de manera independiente dependiendo del enfoque que el investigador desee. Tal es el caso del estudio realizado por Chavarría *et al.*, (2020) en la Universidad Nacional en Costa Rica, en donde el objetivo era cuantificar y calcular exclusivamente la huella hídrica azul de esta institución educativa teniendo en cuenta las actividades que se evidencian en la Figura 2 del periodo de estudio 2012-2016, aplicando la metodología de Hoekstra y Chapagain. Como resultados se obtuvieron que la universidad logró alcanzar una reducción casi del 9% de su huella hídrica azul, pasando de 966.432 m³ en 2012 a 891.976 m³ en 2016. Finalmente, la universidad adoptó el mecanismo de medición de este indicador para todos los años en adelante una vez finalizado el estudio.

Figura 2. *VARIABLES CONTEMPLADAS EN EL CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA UNIVERSIDAD*

Nacional de Costa Rica 2012-2016



Nota. Esta figura evidencia las actividades y servicios evaluados para el cálculo de la huella hídrica azul de la institución educativa, además del valor promedio de este indicador durante los años de 2012 a 2016.

Fuente. Autoría propia

La Universidad Pública Federal en Porto Alegre (Brasil), dentro de su marco de Gestión Ambiental, determinó la Huella Hídrica de los insumos utilizados en la composición de los menús del restaurante de su institución en una quincena. Como resultados se obtuvo que la Huella Hídrica por plato de comida es de 2.099,1 L en donde se encontró que el 65,5% de la materia prima es integrada por productos de origen vegetal, sin embargo, esto solo aporta al 22,1% de la HH; mientras que a pesar de que los productos de origen animal sólo representan el 34,5% de las materias primas son los que mayor Huella Hídrica generan con valor porcentual de 77,9%. Por lo anterior este estudio permitió que la Universidad Pública Federal optara por elaborar menús que generen hábitos alimenticios más sostenibles a fin de disminuir su consumo de agua en la elaboración de estos (Strasburg & Jahno, 2015).

Colombia es un país que en comparación con otros países de Latinoamérica y del mundo, tiene deficiencias en temas de ambiente. Sin embargo, algunas instituciones del país han logrado establecer medidas de compensación y mitigación frente a su aporte al cambio climático. En un informe realizado por el equipo de Servicios Ambientales S.A (2016), se evaluó la HdC y la HH de Santiago de Cali (Colombia) en tres distintos niveles que se interrelacionan entre sí (Ver Figura 3), en donde a través de estos indicadores a nivel municipal y a nivel local, se planearon estrategias de reducción de emisiones de GEI (en el marco de la mitigación) y gestión del agua (en el marco de la adaptación) en ambos niveles.

Figura 3. Fuentes y límites de emisiones para el caso de Santiago de Cali (Colombia)



Nota. Esta figura representa los tres niveles de alcance organizacional evaluado para el estudio de caso de Santiago de Cali con el propósito de medir los indicadores ambientales de huella de carbono y huella hídrica.

Fuente. Modificado de Servicios Ambientales S.A (2016)

Para el caso de la huella de carbono se realizó un inventario de emisiones establecido por el protocolo global para emisiones GEI a nivel comunidad, en donde se obtuvo que la HC para Cali fue de 3.793.711 Ton de CO₂eq, siendo el sector de transporte la fuente generadora del 51% de

estas emisiones. Por otra parte, la metodología utilizada para la cuantificación de la huella hídrica fue la establecida por Hoekstra (2002), que contempla tres enfoques que se presentan a continuación, huella hídrica azul, huella hídrica gris y huella hídrica verde. Además, se tuvo en cuenta la aplicación del estándar internacional incluido en el Manual de evaluación de la Huella Hídrica (WFN,2010). Los resultados obtenidos demostraron que la HH directa total de Cali para el 2015 fue igual a 181.250.768 m³, de los cuales el mayor aporte se debe a HH gris (HHgris) y azul (HHazul) con un porcentaje del 84% y 15%, respectivamente. Finalmente se fomentaron políticas públicas orientadas hacia la creación de un modelo sostenible para el crecimiento de la ciudad con respecto a la mitigación del cambio climático.

En cuanto a las instituciones de educación superior en Colombia, un estudio realizado por Leyton *et al.* (2015) en la Universidad Autónoma de Occidente, se calculó la huella hídrica como indicador de sostenibilidad para el mejoramiento de programas de ahorro y uso eficiente del agua. El resultado obtenido 30.640,25 m³ /año, donde el mayor aporte fue generado por la HH gris con un 59% y el restante la HH azul. Con base a estos resultados, se propusieron estrategias sostenibles, entre las cuales se destacan la recuperación de aguas pluviales y la reducción de consumo de agua potable, contribuyendo al fortalecimiento de la cultura ambiental. Por último, en la universidad Militar Nueva Granada, solo se ha realizado un estudio del cálculo de la huella de carbono exclusivo para la Villa Académica de la universidad, el cual se estimó para las emisiones de alcance I y II del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, con el fin de crear estrategias de mejoramiento para la reducción de emisiones de estos gases (Ruiz, 2013).

CAPÍTULO 3: MARCO DE REFERENCIA

3.1 Marco conceptual

En esta sección se presentan los conceptos más relevantes para el desarrollo del documento

Agua virtual: “Es el agua medida contenida en un producto, es decir, un bien o servicios, en relación con el volumen de agua dulce utilizada en las diferentes fases de su cadena productiva”.

(Silva *et al*,2017)

Ambiente: “Conjunto de elementos que interactúan entre sí, Designa genéricamente todos los sistemas posibles dentro de los cuales se integran los organismos vivos”. (Lopez *et al*, 2006)

Ambiente: “Conjunto de elementos biológicos y físicos en el que se desarrolla la vida de los seres vivos”. (Malacalza,2013)

Cambio climático: “Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), este se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) lo define como

cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas”. (IDEAM, 2020)

Campus sostenible: Instituciones de educación superior que mejoran la eficiencia energética del campus, conservan los recursos y aumentan la calidad del ambiente educando a los estudiantes sobre la importancia y el beneficio de un ambiente sostenible para crear un ambiente de aprendizaje saludable. (Lim, M. and Gasim H, 2019)

Centro de acopio: “Sitio de almacenamiento temporal de residuos recuperables, donde estos son clasificados y separados de acuerdo con su naturaleza en plástico, cartón papel, vidrio y metales, para su pesaje, compactado, empaque, embalaje y posterior venta o disposición final correspondiente.” (Uninorte, 2015)

Contaminación: “Presencia de materia o energía cuya naturaleza, ubicación o cantidad produce efectos ambientales no deseados”. (Springer, 2007)

Contaminación ambiental: “Introducir al medio cualquier factor que anule o disminuya la función biótica”. (Jaramillo H & Zapata M, 2008)

Contaminante: “Sustancia proveniente de agentes químicos y/o biológicos, que al hacer contacto con la atmósfera y cualquier recurso natural altera su composición ocasionada una afectación en la salud humana y el ambiente”. (Jaramillo & Zapata, 2008)

Desarrollo sostenible: “Desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando así un equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del ambiente y el bienestar social”. (Acciona, 2020)

Dióxido de carbono (CO₂): “Más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. Este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales. Dentro del ciclo natural del carbono, el CO₂ juega un rol principal en un gran número de procesos biológicos”. (Benavides, 2007)

Análisis de la huella de carbono: “Medición de los procesos de emisión de GEI, fuentes, composición y cantidades”. (Franchetti and Apul, 2013.)

Emisión: “Sustancia en cualquier estado físico liberada de forma directa o indirecta al aire, agua, suelo o subsuelo” (Jaramillo & Zapata, 2008)

Emisiones de gases de efecto invernadero: “Masa total de un GEI liberado a la atmósfera en un determinado periodo”. (NTC ISO 14064-1 de 2018)

Emisión directa de gases de efecto invernadero: “Emisión de GEI proveniente de fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por la organización”. (NTC ISO 14064-1 de 2018)

Emisión indirecta de GEI: “Emisión de GEI resultante de las operaciones y actividades de una organización, pero proveniente de fuentes de GEI que no pertenecen ni son controladas por la organización”. (NTC ISO 14064-1, 2018)

Estrategias de mitigación: “Aplicación de políticas dirigidas a reducir las emisiones de GEI y mejorar los sumideros mediante el análisis de las causas o fuentes de emisiones y el posterior planteamiento de soluciones”. (Melero Hernández *et al.*, 2013)

Factor de emisión: “Cantidad promedio de contaminantes emitidos por una fuente contaminante por unidad de material producido”. (Springer, 2007)

Gases de Efecto Invernadero: “Componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero”. (IDEAM, 2020)

Gases de efecto invernadero directos:” Son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados”. (IDEAM, 2020)

Gases de efecto invernadero indirectos: “Son gases que al entrar en contacto con la atmósfera sufren una transformación convirtiéndose así en GEI directos”. (Benavides, 2007)

Gestión ambiental: proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible. (Red de Desarrollo Sostenible de Colombia, 2012)

Gestión del agua: “Conjunto de actividades que se llevan a cabo para hacer un uso sostenible y adecuado de este recurso”. (AEC, 2020)

Huella de carbono: “Cálculo de la cantidad total de CO₂ emitida directa o indirectamente de una serie de actividades, como el consumo de electricidad, las actividades mineras, el uso de papel y plástico, el proceso de producción de alimentos y bebidas, las actividades de construcción, movilización de vehículos y otras acciones asociadas con la vida diaria”. (IPCC, 2007)

Huella hídrica: “Es un indicador importante del uso de agua por actividades humanas, respecto al volumen total de agua utilizada durante la producción y consumo de bienes y servicios, así como el consumo directo de agua por los seres humanos”. (WFN,2010)

Huella hídrica azul: “Indicador de uso consuntivo de agua dulce superficial o subterránea, es decir, agua evaporada, agua que se incorpora a un producto y agua que no vuelve en el periodo de tiempo”. (WFN, 2002)

Huella hídrica gris: “Volumen de agua que se requiere para asimilar una carga” (WFN, 2002)

Huella hídrica per cápita: “Volumen total de agua utilizado para producir los bienes y servicios que un individuo consume. Se puede estimar en un contexto individual o colectivo considerando el contenido en cada uno de los bienes o servicios consumidos por una familia o espacio geográfico como ciudad, región o país”. (Strasburg & Jahno,2015).

Huella hídrica verde: “Se refiere al volumen de agua proveniente de las precipitaciones sobre la tierra que no provocan escorrentía para las aguas subterráneas. Sin embargo, que se mantengan en el suelo o en la superficie vegetal”. (WFN, 2002)

Metano: “Es un GEI que se produce por fuentes fósiles y no fósiles, que al ser liberado a la atmósfera antes de que se quemara es perjudicial para el ambiente”. (Benavides, 2007)

Monóxido de carbono: “Es un GEI indirecto que se genera cuando el carbono contenido en los combustibles es quemado incompleta y posteriormente es oxidado a CO₂ a través de procesos naturales”. (Benavides, 2007)

Óxidos de nitrosos: “Es un gas de efecto invernadero (GEI), cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero”. (Benavides, 2007)

Ozono: “Es un gas presente en la estratosfera superior, el cual protege la Tierra de niveles perjudiciales de radiación ultravioleta y en concentraciones más bajas en la troposfera”. (Benavides, 2007)

Protocolo de gases efecto invernadero : “Establece prácticas de cálculo y de informe de emisiones confiables que ayudan a las ciudades implementar una línea base de emisiones, con el propósito de elaborar metas de mitigación, planes de acción climática más específicos y ejecutar un seguimiento del progreso a través del tiempo”. (Russell *et al.*, 2012)

Protocolo de Kioto: “Es un pacto internacional firmado por 84 naciones en 1997, con el fin de mitigar las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) que generan el calentamiento global”. (Malacalza,2013)

Planta de tratamiento de aguas residuales: “Estructura física que de tratamiento de aguas residuales a través de la incorporación de procesos físicos, químicos y biológicos a fin de remover contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el uso humano cotidiano del agua”. (Metcalf & Eddy, 2013)

Recursos naturales no renovables: “Son aquellos recursos naturales que no pueden tardar varios años en recuperarse y regenerarse, tales como los combustibles fósiles y minerales”. (Spanevello *et al.*, 2013)

Recursos naturales renovables: “Son aquellos componentes de la naturaleza que tienen la capacidad de regenerarse por procesos naturales. Algunos de estos son el agua, el suelo, la flora y la fauna”. (Spanevello *et al.*, 2013)

Residuo: “Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso producto de una actividad humana, que su poseedor decide abandonar”. (MinAmbiente,2005)

Residuos orgánicos: “Son todos aquellos desechos biológicos producto de restos de comida y restos vegetales”. (MinAmbiente,2005)

Residuos sólidos: “Residuos generados de cualquier actividad humana los cuales pueden ser reciclados o recuperados dependiendo su composición y estado”. (MinAmbiente,2005)

Reutilizar: “Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados sin necesidad de hacer un tratamiento de transformación”.(MinAmbiente,2005)

Sostenibilidad: “Equilibrio entre el bienestar social, crecimiento económico y protección al ambiente”. (Malacalza,2013).

Sumideros de carbono: “Es un depósito natural o artificial por el que se extrae y remueve los gases de efecto invernadero de la atmósfera. Entre ellos encontramos los bosques, los océanos y suelos que capturan el dióxido de carbono” (Gupta,2016).

Vapor de agua: “Es el GEI más abundante de la atmósfera, que se genera por la evaporación o ebullición del agua en estado líquido o sólido que se encuentra en la tierra” (Benavides, 2007)

3.2 Marco teórico

3.2.1 Cambio climático

El Cambio climático es un fenómeno de variación en el sistema climático del planeta que persiste en el tiempo. Este fenómeno se ha dado de forma natural por miles de años, obedeciendo las variaciones solares, variaciones orbitales, composición de la atmósfera, divisiones geológicas, corrientes oceánicas, entre otros; permitiendo así el desarrollo de los animales y especies vegetales que se han ido adaptando a las condiciones climáticas de su entorno (IPCC,2007). En relación con el término de cambio climático se da el concepto de calentamiento global, que a pesar de si bien

están estrechamente ligados o relacionados, no son lo mismo. Según la IPCC (2007), el calentamiento global representa solo “el aumento de la temperatura media de la tierra” mientras que el cambio climático engloba la temperatura y las condiciones climáticas del planeta.

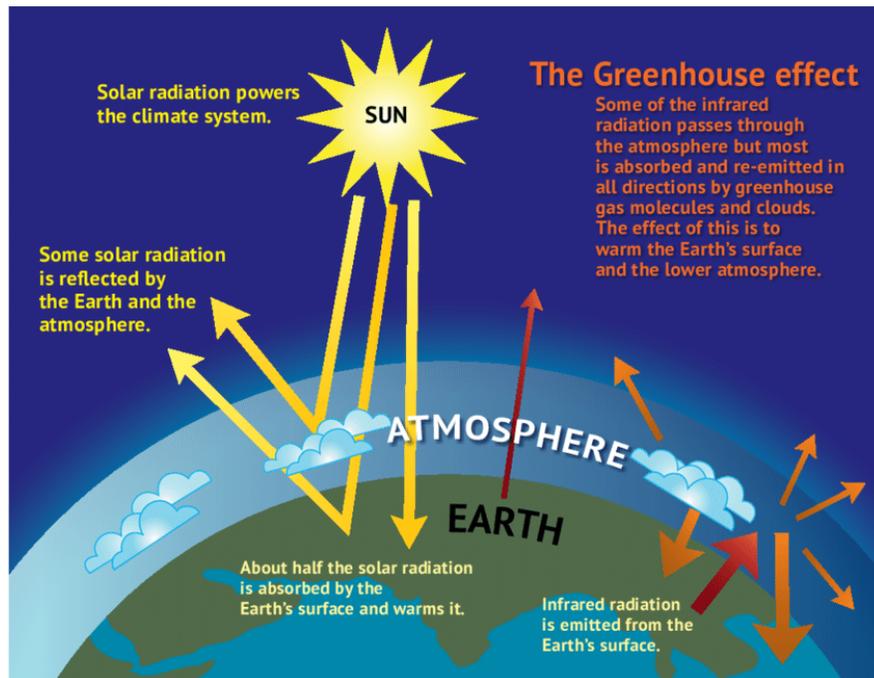
Ahora bien, el problema con el cambio climático radica en el calentamiento global, ya que la temperatura media de la tierra está aumentando de manera desproporcional frente a otras variaciones del clima que se han dado a lo largo de los miles de años. Según el informe especial del IPCC la temperatura de la tierra a aumentando en 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, una de las causas de esto es el efecto invernadero. El efecto invernadero al igual que el cambio climático es un suceso natural que permite mantener las condiciones óptimas para la vida en la tierra, en la atmósfera se encuentran diferentes tipos de gases que permiten que esto suceda, tales como: el vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y ozono (O₃), a estos se les denomina gases de efecto invernadero (IDEAM, 2020). Sin embargo, en los últimos años han venido aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero por actividades antrópica que se van acumulando en la atmósfera (ONU,2019), lo cual ocasiona una retención del calor y posteriormente un aumento de la temperatura media del planeta.

De acuerdo con la CMNUCC (2004), se entiende como cambio climático a la alteración del clima de forma directa o indirecta generado de manera antropogénica alterando la composición de la atmósfera durante períodos de tiempo comparables. Por otro lado, IPCC (2007) define el cambio

climático como “cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas”.

Ahora bien, como se muestra en la Figura 4 el equilibrio radiativo de la atmósfera afecta el clima de la tierra, fenómeno que se entiende como efecto invernadero.

Figura 4. *Efecto Invernadero natural*



Fuente. Tomado de (IPCC,2007)

3.2.3 Huella de carbono

El análisis de la HdC es la medición de los procesos de emisión de GEI, fuentes, composición y cantidades. En general, la frase "huella de carbono" suele ser vagamente utilizada para indicar el

alcance de las emisiones de GEI resultantes de una persona o las actividades de una organización. También es posible estimar las huellas de carbono de naciones, eventos, productos o servicios. La palabra carbono se usa porque el CO₂ es el GEI predominante emitido por las acciones de los humanos. Sin embargo, otras emisiones de GEI, incluido el CH₄ y N₂O, tienen contribuciones significativas al calentamiento global. Para normalizar otras emisiones diferentes a CO₂ se deben tener en cuenta los potenciales de calentamiento global (PCG), para que los resultados de la huella de carbono se informen como masa de CO₂ equivalente (CO₂eq). (Franchetti and Apul, 2013.)

Global Footprint Network define la HdC como *“la demanda de bio-capacidad precisa para secuestrar, mediante fotosíntesis las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles”* (Wiedmann & Minx, 2008). Así mismo, el ministerio de ambiente (2020) define a la huella de carbono como un “indicador que busca cuantificar la cantidad de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (directas e indirectas), medidas en emisiones de CO₂ equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades humanas”.

Gases de efecto invernadero

La Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá D.C., define a los Gases de Efecto Invernaderos como: “Componente gaseoso de la atmósfera, tanto natural como antropogénico que absorbe y emite radiación a longitudes de onda específicas, dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes.” (PIGA, 2015).

Principales GEI

Una de las formas de clasificar los principales GEI es a partir de su origen: naturales y antropogénicos, tal y como se evidencia en la Tabla 1; dentro de los antropogénicos se encuentran el vapor de agua, el CO₂, el N₂O, el CH₄ y el O₃. En este mismo grupo se encuentran los halocarbonos (compuestos no comúnmente liberados, pero de importancia que contienen Cl, Br, F y C, cada uno de estos actúa como un potencial GEI en la atmósfera reduciendo así la capa de ozono en la atmósfera). Así mismo encontramos a los Hidrofluorocarbonos (HFC) los Perfluorocarbonos (PFC) y los Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Tabla 1. *Gases de efecto invernadero. Continuación en la siguiente página*

Gas	Liberación	Fuente
Dióxido de Carbono (CO₂)	“Quema de combustibles fósiles (Carbón, Gas, petróleo, etc.). Este también es responsable de mantener la temperatura constante en la tierra, más sin embargo en la actualidad ha causado en un 76% del calentamiento global pronosticado para los próximos años”	Antropogénica
Vapor de Agua (H₂O)	“Evaporación, Ebullición del agua líquida o sublimación del hielo”	Natural

Continuación de la Tabla 1

Gas	Liberación	Fuente
Metano (CH₄)	“Combustión de combustible fósil, asimismo, se produce en los pozos de petróleo, minas de carbón del aire libre, cultivos de arroz. En los Últimos años ha crecido un 115% por el sector ganadero y el aumento de residuos urbanos”	Antropogénico
Óxidos Nitrosos (N₂O)	“Centrales energéticas que usan carbón, así como en los automóviles y el uso de los fertilizantes. En la actualidad su concentración es la más alta del milenio”	Antropogénico
Ozono (O₃)	“Quema de combustibles fósiles entre el nivel del mar y 10 kilómetros de altitud”	Antropogénico
Halocarburos		
SF₆	“Producción de magnesio”	Antropogénico
PFC	“Producción de aluminio por electrólisis”	Antropogénico
HFC	“Empleado en aerosoles, refrigeradores y dispersión de espuma de uso industrial y doméstico”	Antropogénico

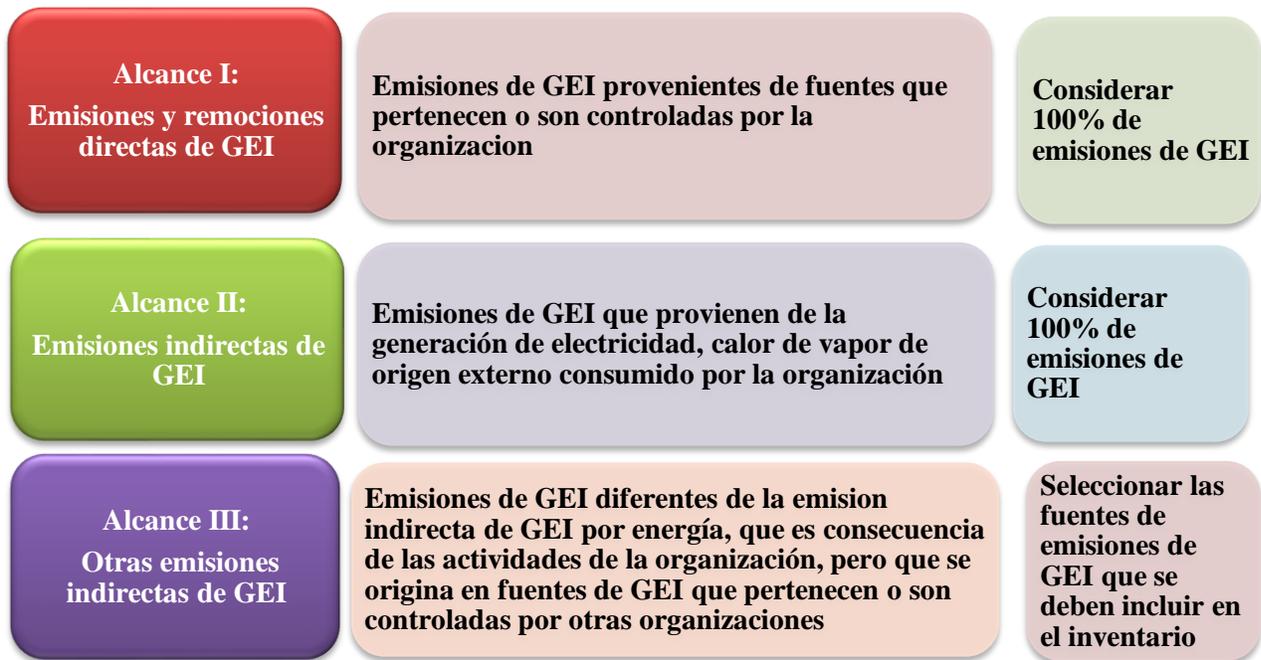
Nota: Esta tabla presenta los principales GEI, esta información se clasifica en sus principales fuentes de emisión: antropogénica y natural; a su vez, se presentan las actividades (dependiendo de su fuente) que emiten mayoritariamente los mencionados gases.

Adaptado de Colque & Sánchez, 2007.

“La HdC es un indicador capaz de medir los impactos provocados por las actividades del hombre en el entorno, medido en términos de emisiones de GEI. Por lo tanto, la HdC representa una importante herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia para el logro de la sustentabilidad de las organizaciones.” (Espíndola & Valderrama, 2012). Ahora bien, uno de los beneficios de esta medición según la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA) “generar valor agregado en la entidad, redireccionar la implementación de tecnologías que permitan disminuir las emisiones de GEI, procurar la disminución de consumos energéticos reduciendo costos ambientales, comprender y manejar los riesgos asociados a los GEI, e identificar oportunidades de reducción, entre otros”. Finalmente, “El cálculo de la huella de carbono tiene beneficios tanto a nivel de Gobierno, empresa privada o productor y para la sociedad civil en general” (Min agricultura & CIAT, 2014).

Dentro de los principales tipos de enfoques metodológicos para el cálculo de HdC se tiene: empresa y producto. Medir la HdC en una empresa se basa en formular una base de datos en donde se presenten consumos directos e indirectos de bienes y servicios de una organización para realizar un inventario de emisiones en términos de emisiones de CO₂ equivalentes (Nuñez & Monroy, 2012). El Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) en su inventario nacional y departamental de gases de efecto invernadero publicado en 2016 cataloga a los GEI en tres grupos (Ver Figura 5).

Figura 5. Definiciones según la ISO 14064-1 y requisitos



Nota. En esta figura se presentan los tres tipos de alcances de la huella de carbono, teniendo en cuenta el tipo de emisión de forma directa e indirecta.

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Ihobe, 2012)

3.2.3 Protocolo de Kyoto

En el 1992 fue adoptada la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), siendo un proceso intergubernamental, ratificada y apoyada por 33 naciones de América Latina y el Caribe, con el propósito de hacer frente a los desafíos del cambio climático; sin embargo, fue hasta 1994 que esta convención entró en vigor. Desde 1995, anualmente se ha llevado a cabo La Convención de las Partes (COP), siendo la máxima autoridad

de decisión frente a los acuerdos, compromisos, mandatos y protocolos, con el fin de cumplir los objetivos de la CMNUCC. Dicho órgano estableció compromisos más específicos de acuerdo con los desafíos que se vinculan al cambio climático, entre ellos el Protocolo de Kyoto, en 1997 (Gupta,2016).

El Protocolo de Kyoto entró en vigor en el 2005 con el principal objetivo limitar o reducir las emisiones de gases efecto invernadero de los países industrializados, impulsando políticas y leyes sobre estas naciones y sus empresas para que adquirieran un compromiso con el ambiente. Para el año 2012 se concluyó el primer período de compromisos del Protocolo de Kyoto con el objetivo principal de reducir las emisiones en un 5% en comparación con los niveles de 1990, para ese mismo año se aprobó la Enmienda de Doha que estableció el segundo período de compromisos que empezaría a regir desde el 2013 hasta el 2020. De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2004), el protocolo se centra en cinco aspectos importantes que son el compromiso sobre las emisiones, mecanismos de ejecución, la reducción de los GEI, la contabilidad de las emisiones y el cumplimiento de políticas. (Gobierno Nacional, 2020).

A través de las COP's se realiza un seguimiento a los compromisos y cumplimientos de los objetivos de cada país involucrado en dicho protocolo formulando además nuevas metas de cumplimiento para los siguientes años en vigor. Las metas del segundo período del Protocolo de Kyoto fueron establecidas hasta diciembre del 2020 las cuales se esperaban evaluar en el COP 26,

sin embargo, debido a la pandemia por COVID – 19 esta convención fue aplazada para noviembre de 2021; dentro de este periodo de tiempo cada país generó el informe de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) en las cuales se presentan las metas cumplidas por cada gobierno y se establecen los nuevos objetivos a cumplir (Gobierno Nacional, 2020).

Compromiso sobre las emisiones

Las partes vinculadas deben adquirir compromisos que puedan compensar las emisiones de GEI que emiten a la atmósfera para poder reducir o limitar sus emisiones con respecto a los niveles base establecidos en la Convención del Marco de Naciones Unidas (año base 1990), aclarando el tipo de sector que se ha de controlar.

Mecanismos de ejecución

El protocolo con el propósito de generar medidas de cumplimiento frente a este da lugar a tres mecanismos eficaces en relación con los costos económicos y al ambiente.

- **Ejecución conjunta**

Esta medida acoge los proyectos que tengan como objetivo reducir las emisiones de GEI o consigan asimilación de las emisiones haciendo uso de sumideros de carbono, en otros países. La ejecución conjunta tiene una generación de bajos costos de implementación en países donde las emisiones son bajas y su economía está en transición, por lo cual este mecanismo de ejecución permite que los países desarrollados o industrializados busquen alianzas y convenios con los países

subdesarrollados o en vía de desarrollo fortaleciendo su economía y mitigando las emisiones de GEI.

- **Comercio de derechos de emisión**

Otro mecanismo de adquisición de sumideros de carbono es el establecimiento de comercios de derechos de emisión, en donde existe una parte interesada en adquirir cierta cantidad de atributos sobre una parte receptora para reducir más fácil sus emisiones en cumplimiento con los estatutos del protocolo de Kyoto. Dichos atributos le permiten a una de las partes interesadas adquirir sumideros de carbono sin la necesidad de establecer convenios y alianzas sobre el territorio sino más bien derechos sobre este.

- **Mecanismo para un desarrollo limpio**

Este mecanismo establece el fortalecimiento del sector privado de una nación, a través de la implementación o transformación de sus procesos a tecnologías ambientalmente sostenibles; contribuyendo no únicamente a la disminución de emisiones de gases efecto invernadero en la atmósfera sino también al fortaleciendo su economía.

Reducción de los gases efecto invernadero

Los países vinculados al protocolo se comprometen a realizar esfuerzos corporativos para reducir las emisiones de GEI con el propósito de colaborar a limitar en lo posible los efectos que cada uno de ellos genera y su aporte al cambio climático. De igual manera, todas las partes involucradas deben comunicar de manera anual informes al Comité de Cumplimiento de las

Naciones Unidas sobre las emisiones generadas por cada uno de los sectores de producción con los que cuente, al igual que las estrategias y mecanismos para el año siguiente de la presentación del informe.

Cumplimiento de políticas

El protocolo establece procedimientos en caso de posible incumplimiento por parte de los países involucrados, junto con las acciones de cumplimiento con las que se comprometen a realizar planes de acción que compensen las emisiones que hasta la fecha del informe no han sido controladas. La Convención será el ente encargado de vigilar la actuación del país o la organización frente a los nuevos compromisos y objetivos establecidos, al igual que los requisitos técnicos estructurales de la intervención.

3.2.4 Huella hídrica

La Huella Hídrica (HH) es un indicador del consumo y contaminación de agua dulce, generado por las diversas actividades humanas de forma directa e indirecta; también se puede entender como el volumen total de agua utilizado durante la producción y consumo de bienes y servicios (WFN, 2002). Este término se relaciona con el concepto de agua virtual, que consiste en medir el agua contenida en un producto, en relación con el volumen de agua dulce utilizado en las diferentes fases de su cadena productiva.

La HH es un indicador multidimensional que puede ser cuantificado para un individuo, organización y comunidad. El tipo de consumo que genere cada uno de estos actores influye en la huella hídrica, por lo cual se contemplan dos tipos de consumo: Huella directa y huella indirecta. En donde la huella directa es el volumen de agua consumida o contaminada en las diferentes actividades que se llevan a cabo por acciones propias y la huella hídrica indirecta es el volumen de agua consumida o contaminada al producir los diferentes bienes y servicios durante todo proceso de producción o de la cadena de suministro (Valencia, 2016) .De acuerdo con Servicios Ambientales S.A (2016) la metodología de HH contempla tres tipos de Huellas, los cuales se pueden apreciar en la Figura 6.

Figura 6. Tipos de Huellas Hídrica

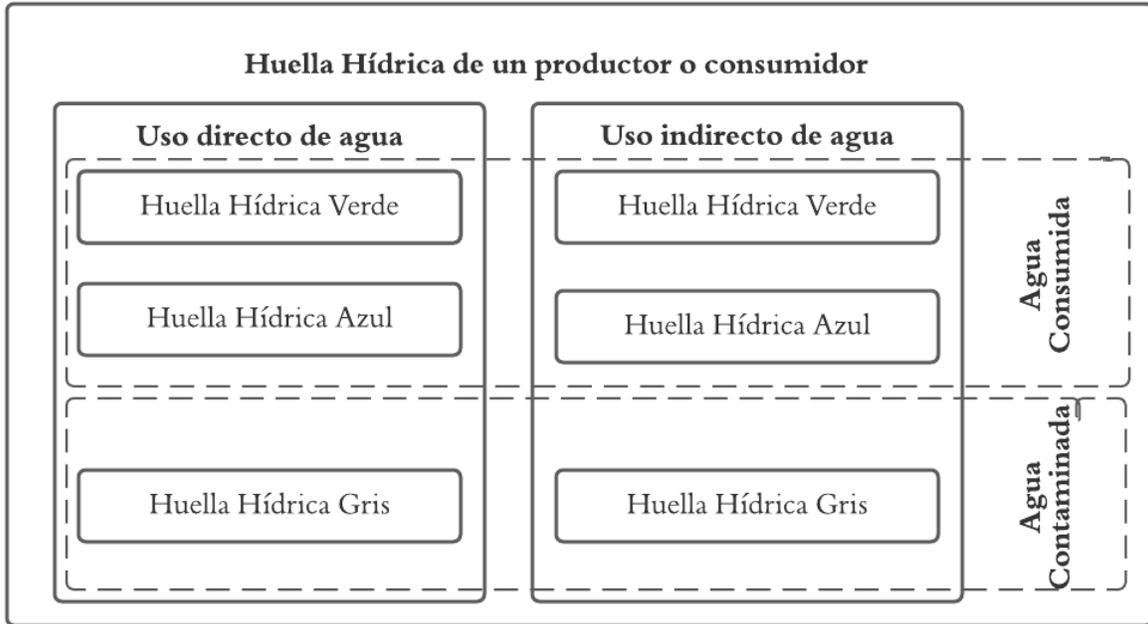


Nota. En esta figura se puede evidenciar los tres tipos de HH, huella hídrica gris, huella hídrica azul y huella hídrica verde; cada una de ellas depende de diferente fuente de consumo del recurso hídrico.

Fuente: Autoría propia

Por otra parte, los tres tipos de huella hídricas pueden relacionarse con los enfoques de HH directa e indirecta, como se puede representar en la Figura 7.

Figura 7. Componentes de la huella hídrica



Nota. En esta figura se puede apreciar los dos tipos de uso del recurso hídrico de forma directa e indirecta. Cada uno de ellos engloba los tres tipos de huellas hídricas, HH Verde, HH azul y HH gris, en donde los primeros tienen en cuenta el agua que consume el ser humano y el último es agua que contamina.

Fuente. Adaptado de (Mekonnen & Hoekstra, 2011)

Agua virtual

Otro indicador de consumo de agua que se relaciona con el concepto de HH es el término de agua virtual. El agua virtual fue incluida por el investigador y profesor del King's Collage de Londres John Anthony Allan en 1993, el concepto hace referencia el volumen de agua consumido

o requerido en las etapas de producción, embalaje y transporte de un bien o servicio, por lo cual se tiene en cuenta que si una nación exporta o importa determinado producto está influyendo en el consumo de agua virtual de este (Allan, 1993).

Por otra parte, el concepto de agua virtual se desarrolló con el propósito de entender cómo los países con escasez de agua suplen las necesidades de sus habitantes. De acuerdo con la definición de este término propuesta por Winpenny en 1997 y el informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, el concepto de escasez de agua se define como “El punto en el que el consumo de los usuarios afecta al suministro o calidad del agua, de forma que la demanda no puede ser completamente satisfecha” (FAO, 2013).

Es así como el comercio mundial de bienes ha generado que países que tienen limitado el recurso hídrico sean apoyados por el recurso hídrico de otro país a fin de satisfacer las necesidades básicas de su población (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Los países con mayor exportación e importación de agua virtual

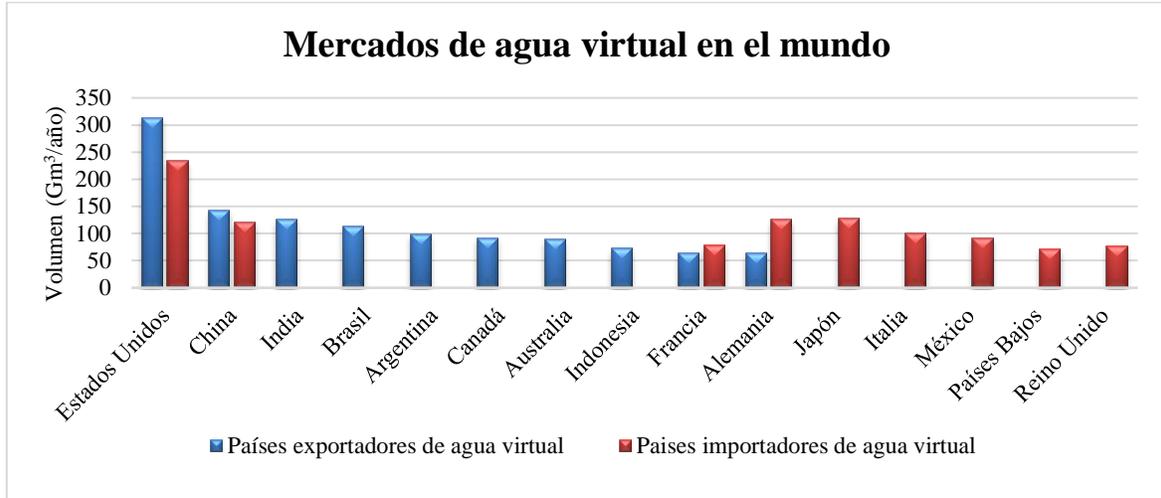
Los países con mayor exportación de agua virtual (1996-2005)		Los países con mayor importación de agua virtual (1996-2005)	
País	Volumen exportación neta (Gm ³ /yr)	País	Volumen importación neta (Gm ³ /yr)
Estados Unidos	314	Estados Unidos	234
China	143	Japón	127
India	125	Alemania	125
Brasil	112	China	121
Argentina	98	Italia	101
Canadá	91	México	92
Australia	89	Francia	78
Indonesia	72	Reino Unido	77
Francia	65	Países Bajos	71
Alemania	64		

Nota: En esta tabla se presenta el volumen de exportación e importación de agua virtual en unidades de (Gm³/yr) en los países que en ella se muestran.

Fuente: Adaptación de (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

En la Gráfica 1 se puede evidenciar el mercado de agua virtual a nivel mundial, dependiendo del volumen de agua que importan y exportan los principales países que generan este comercio global.

Gráfica 1. Mercado de agua virtual



Fuente: Autoría propia

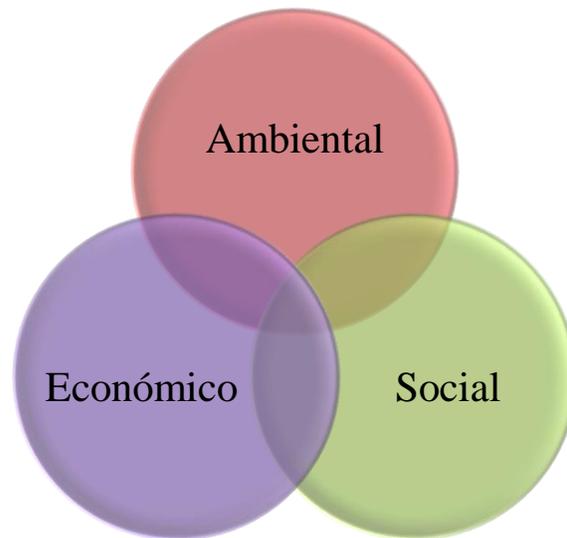
En algunas ocasiones se tiende a confundir el término de escasez de agua (definido anteriormente) con el concepto de estrés hídrico. Según la FAO (2013), en su informe sobre temas hídrico, el estrés hídrico se refiere a los síntomas de la escasez o desabastecimiento de agua cuando su demanda es más alta que la cantidad disponible; por lo cual se aumenta la competencia y los conflictos entre los usuarios, se disminuye la calidad y fiabilidad del recurso.

La mayoría de los países desarrollados han establecido planes nacionales sobre el manejo adecuado de sus recursos hídricos, ya que la mayoría sufren de estrés hídrico, por lo cual se ven en la necesidad de buscar en los países que aún no afronta en gran medida esta problemática; es ahí donde los comercios de agua virtual empiezan a mostrar su importancia e influencia para resolver problemas geopolíticos en las naciones del mundo.

3.2.5 Desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible fue aplicado por primera vez en el informe Brundtland (1987) también conocido como Nuestro Futuro Común (Our Common Future, en inglés) este término engloba tres campos que permiten el desarrollo de una sociedad los cuales son lo ambiental, económico y social (Ver Figura 8). Por lo cual el desarrollo sostenible fue definido como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Figura 8. *Dimensiones del desarrollo sostenible*



Nota. En esta figura se evidencian los tres tipos de enfoques del desarrollo sostenible que abarcan lo ambiental, económico y social, generando así una interrelación entre ellos para la toma de decisiones.

Fuente. Modificado de (Pane *et al.*, 2018)

Objetivos de desarrollo sostenible

En el 2015, casi treinta años después de la introducción del concepto de desarrollo sostenible, los líderes mundiales establecieron un conjunto de objetivos globales a fin de asegurar la prosperidad para las generaciones futuras, erradicar la pobreza y proteger al planeta. En total son diecisiete (17) objetivos mundiales, cada uno con meta de cumplimiento específica a alcanzar en los siguientes 15 años; es decir con límite de vigencia para el 2030.

6. A fin de garantizar el acceso de la población mundial al agua potable disminuyendo así el



estrés hídrico que se está presentando en la actualidad. De aquí a 2030, se pretende aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en los diferentes sectores, además de fortalecer la cultura ambiental en comunidades locales para mejorar la gestión del agua. (Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo,2015).

7. Para el 2030, se pretende garantizar el acceso del servicio de energía, a través de la



implementación de energías renovables. De igual manera se busca aumentar la cooperación internacional para facilitar la implementación de energías limpias y tecnologías avanzadas, que permitan aumentar la eficiencia energética en especial para los países en vía de desarrollo. (Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo,2015).

12. Con el propósito principal de disminuir la huella ecológica en las actividades de producción de bienes y servicios, haciendo un uso eficiente de los recursos naturales.



Para el 2030, se pretende que las grandes empresas y las transnacionales logren una gestión sostenible en las cadenas de producción y suministro. Además de que países en desarrollo fortalezcan sus modelos sostenibles en base a los de los países desarrollados (Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo,2015).

13. El cambio climático es una realidad a la que se está enfrentando la humanidad en la



actualidad, con el propósito de disminuir el impacto frente a este fenómeno el objetivo 13 junto con otros objetivos de desarrollo sostenible pretender tomar acciones como políticas, estrategias y planes nacionales que mitiguen la aceleración de este fenómeno natural (Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo,2015).

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA, DESARROLLO, MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue realizada en la Universidad Militar Nueva Granada Sede Campus Cajicá, ubicada en el Kilómetro 2 vía Cajicá - Zipaquirá. Esta Sede de la Universidad cuenta con diferentes Facultades tales como la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, la Facultad de Ciencias Económicas, la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Derecho, la Facultad de Estudios a Distancia y la Facultad de Relaciones Internacionales, Estrategias y Seguridad. La población está conformada por docentes, administrativos y estudiantes pertenecientes a las diferentes Facultades. La Facultad de Ingeniería cuenta con 2322 personas hasta el 2020, en donde 2169 son estudiantes (dato obtenido por medio de la estadística de estudiantes matriculados para el año 2020); ahora bien, el valor restante de la población hace referencia a los docentes y administrativos registrados en el censo de control de la Facultad de Ingeniería para este mismo año.

En la Figura 9 se evidencia la imagen satelital de la UMNG Sede campus señalados se presentan los lugares que se tuvieron en cuenta para el estudio, de los cuales se resaltan los edificios con mayor afluencia de estudiantes de la Facultad, la PTAR, centro de acopio, los restaurantes y cafeterías.

Figura 9. *Fotografía satelital Sede Campus Universidad Militar Nueva Granada*



Fuente. Satélites pro (NASA,2020)

4.1 Metodología para el cálculo de la huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono de la institución se realizó con base en los requisitos y directrices del estándar Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). De acuerdo con la metodología del protocolo se aplicaron los siguientes pasos: (1) definición y establecimiento de límites organizacionales y operativos, (2) identificación de fuentes de emisión de GEI, (3) elección del año base, (4) recopilación de datos (5) elección los factores de emisión relevantes y los potenciales de calentamiento global para cada gas de efecto invernadero, (6) cálculo de emisiones de GEI, e (7) Informe de emisiones (Ver Figura 10).

Figura 10. Metodología para el cálculo de la Huella de Carbono



Fuente. Autoría propia

4.1.1 Definición y establecimiento de límites organizacionales

4.1.1.1 Definición y establecimiento de límites organizacionales

Los límites organizacionales determinan las operaciones que son controladas por la institución. Al definir los límites organizacionales, se selecciona un enfoque para luego precisar las operaciones de la institución con el propósito de contabilizar y reportar las emisiones de GEI (WBCSD & WRI, 2012). Es decir, los límites organizacionales determinan las unidades de la institución que se supone deben ser incluidas en el inventario de GEI. (Radonjić & Tompa, 2018)

Dentro de los límites operacionales encontramos dos tipos de enfoque: enfoque accionario y enfoque de control. El enfoque seleccionado para este trabajo de grado fue el de control; dentro de este enfoque “la institución representa el 100% de las emisiones de GEI de las operaciones sobre las que tiene control; no contabiliza las emisiones de GEI de las operaciones en las que tiene participación, pero no tiene control” (WBCSD & WRI, 2012). De acuerdo con este protocolo, se pueden utilizar dos enfoques distintos para consolidar las emisiones de GEI en el enfoque de control: la participación en el capital y control operacional, explicados a continuación (Ver Figura 11):

- Participación en el capital: una institución tiene control financiero sobre una operación, si tiene la facultad de dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos de sus actividades.

- Control operacional: cuando una institución tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas en la operación. Basadas en esta definición, el control operacional se toma como límite organizacional en el desarrollo de este trabajo

Figura 11. *Enfoques límites organizacionales*

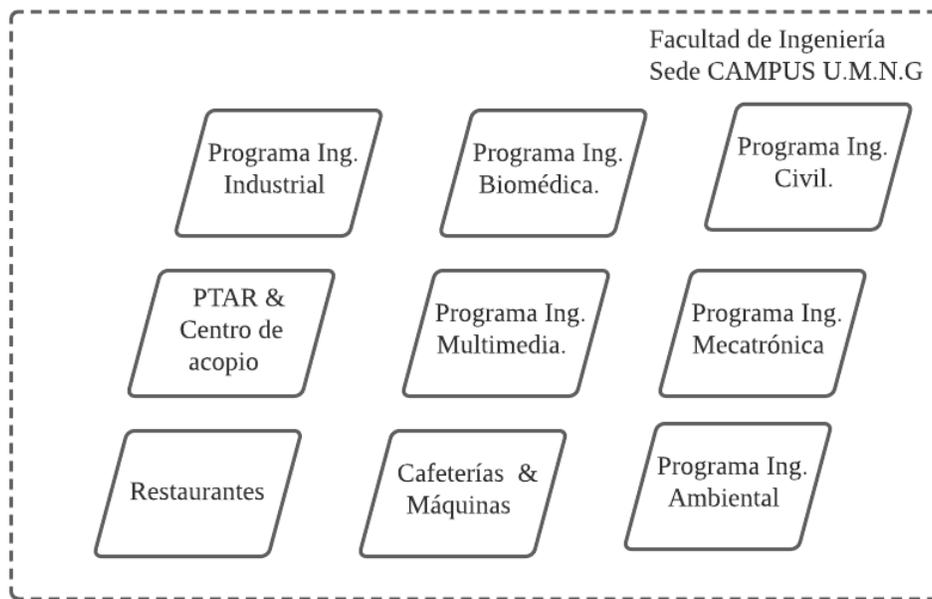


Nota. Esta figura presenta los tipos de enfoques que se consideran para consolidar las emisiones de GEI emitidos por una organización, en donde cada uno de ellos tiene en cuenta los bienes y servicios que esta presta.

Fuente. Adaptación Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 (Ihobe, 2012)

Los límites de la organización en este estudio incluyen todas las instalaciones correspondientes a la Facultad de Ingeniería de la Sede campus de la universidad (Ver Figura 12). Los límites excluyen aquellos lugares que, si bien están en constante uso por los miembros de la Facultad, no son exclusivos de esta, por ejemplo, laboratorios de física o química. Así mismo, se tendrá en cuenta la flota vehicular, sobre la cual la institución tiene control operativo.

Figura 12. Límites organizacionales Facultad Ingeniería, Sede campus-Cajicá



Nota. Esta figura se puede apreciar el área de estudio tenida en cuenta para el presente trabajo, la cual contempla los programas que hacen parte de la Facultad de Ingeniería de la UMNG Sede campus Cajicá; al igual que algunas zonas compartidas de la universidad en general tales como las cafeterías, la PTAR y el centro de acopio.

Fuente. Autoría propia

4.1.1.2 Definición y establecimiento de límites operacionales

A partir de la identificación de los límites organizacionales, se establecerán los límites operacionales; para esto las emisiones serán identificadas y asociadas con sus operaciones, para posteriormente ser categorizadas como emisiones directas e indirectas. En resumen, al establecer los límites operativos, se definen las fuentes de emisión por sumideros de GEI que se incluyen en el inventario. El Protocolo clasifica las emisiones de GEI en tres grupos de 'alcances':

- **Alcance I:** Son las emisiones directas generadas por fuentes propias de la universidad y que están controladas por esta.
- **Alcance II:** Emisiones Indirectas generadas por consumo de electricidad, calor o vapor de origen externo a la universidad, pero consumidas en ella.
- **Alcance III:** Emisiones Indirectas generadas por actividades que se llevan a cabo dentro de la universidad, pero que no ocurren por fuentes propias de la institución.

En la Tabla 3 se presentan los tres alcances de emisiones de GEI de la Facultad de Ingeniería del Campus de la UMNG.

Tabla 3. Alcance de las emisiones de GEI con actividades y procesos relacionados de la Facultad de Ingeniería, CAMPUS, UMNG

Alcance	Actividades
Alcance I (Directo)	<ul style="list-style-type: none">• Instalaciones/ edificios de la empresa• Vehículos de la empresa
Alcance II (Indirecto)	<ul style="list-style-type: none">• Fuentes eléctricas de usos propio• Fuentes de agua potable• Viajes de negocios• Bienes de capital
Alcance III (Indirecto)	<ul style="list-style-type: none">• Actividades asociadas a combustibles y energía• Desechos producidos en las operaciones• Movilización de trabajadores• Alimentación de estudiantes.

Nota: Alcances de emisiones de GEI de la Facultad de Ingeniería del Campus de la UMNG.

Fuente: Autoría propia.

4.1.2 Identificación de emisiones de GEI

Al establecer los límites operativos de la huella de carbono, se identifican también las emisiones de GEI asociadas con las operaciones controladas por la institución; para dar inicio a esta fase de la metodología, es importante mencionar que las emisiones de GEI se producen principalmente por las siguientes categorías de fuentes: 1) Combustión estacionaria (combustión

en equipos estacionarios como calderas, hornos, incineradores, etc.) 2) Combustión móvil (combustión es medios de transporte como automóviles, buses, tren, aviones, etc.). 3) Emisiones de proceso (emisiones de procesos físicos o químicos, como CO₂ eq. de la etapa de calcinación en fabricación de cemento.) y 4) Emisiones fugitivas (emisiones intencionales y no intencionales como fugas en PTAR, pilas, torres de enfriamiento, etc.).

- **Identificación de emisiones alcance I**

Dentro del alcance I se encuentran las emisiones que proceden de fuentes que son propiedad y están bajo el control de la institución. Con base en esta información, se identifican las fuentes de emisión directa en cada una de las cuatro categorías de fuentes enumeradas anteriormente. Dentro de este alcance se determina que las únicas emisiones directas de la Facultad se deben a vehículos propios de la institución y los equipos de refrigeración y aire acondicionado dispuestos en las instalaciones de la Facultad.

- **Identificación de emisiones alcance II**

El alcance II contabiliza las emisiones de GEI de la producción de electricidad que se consume en equipos de propiedad o controlados por la empresa. A partir de esto, el siguiente paso es identificar las fuentes de emisión indirecta del consumo de electricidad.

- **Identificación de emisiones alcance III.**

Dentro del alcance III se identificaron las actividades que generan emisiones indirectas no controladas, entre ellas se encuentran: desplazamiento del personal, viajes de negocios (viajes de

estudiantes, docentes y administrativos de la Facultad a seminarios, congresos, cursos, etc), eliminación de residuos, emisiones incorporadas en la producción de alimentos, bienes de la universidad, etc.

Basado en los alcances considerados para este trabajo de grado, en la Tabla 4 se identifican las principales fuentes de emisión de Gases Efecto Invernadero dentro de la organización a evaluar.

Tabla 4. *Principales fuentes de emisión de la UMNG*

Fuente	Sub fuente	GEI
Generación de Aguas Residuales	Aguas residuales de servicios sanitarios	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
Descomposición de Residuos Sólidos	Residuos sólidos de las instalaciones (oficinas, comedor) Residuos orgánicos producidos por la organización	CH ₄
Consumo de electricidad	Consumo de electricidad proveniente de la red eléctrica	CO ₂
Consumo de combustibles fósiles (Gasolina, Diesel)	Vehículos propios de la organización, vehículos de transporte y distribución, maquinaria.	CO ₂

Nota: En la tabla se presentan las principales fuentes de emisión de la institución.

Fuente: Autoría propia.

4.1.3 Elección del año base

Según el protocolo de GEI, se debe elegir un periodo base teniendo en cuenta la línea de tiempo más reciente y relevante en donde se presenten datos precisos, confiables y completos. El periodo base seleccionado para este estudio se establece en los años 2018-2019, pues debido a la contingencia por la que actualmente se atraviesa (COVID -19) los datos más recientes y confiables son los de 2019. Sin embargo, a lo largo del segundo semestre del 2020 se recolectó la mayor parte de información de manera virtual por medio de una encuesta realizada a la población perteneciente a la Facultad de Ingeniería, la cual proporcionaba datos claves para el estudio. Es importante resaltar que a pesar de que la encuesta estuvo habilitada en el segundo semestre del año 2020 esta fue contestada de acuerdo con las actividades académicas realizadas en el último año académico presencial, es decir el 2019. Por lo anterior se determinó que este año fue fundamental para el análisis de los resultados de modo tal que se seleccionó como año base.

4.1.4 Cuantificación de las emisiones de GEI

Una vez se ha realizado el límite del inventario se calculan las emisiones de GEI, para lo cual se deben seguir los siguientes pasos: 1) Selección de un método de cálculo de emisiones de GEI. 2) Recopilación de datos de actividad y elección de factores de emisión. 3) Aplicación de herramientas de cálculo.

4.1.4.1 Selección del método de cálculo

Algunos de los métodos que pueden ser utilizados en este ítem de la metodología se pueden realizar por medición directa desde la fuente de emisión, a partir de: La realización de mediciones de las concentraciones y flujos de los GEI, y el balance de masas o fundamento estequiométrico; no obstante, son métodos que requieren de una mayor inversión de equipos especializados para su medición por lo cual se vuelven algo complejos para su aplicación. Así pues, la metodología más comúnmente utilizada es la aplicación de factores de emisión documentados para calcular las emisiones de GEI; estos factores se utilizan para vincular la emisión de un gas de efecto invernadero sobre una fuente en particular dependiendo de la actividad que causa la emisión (IPCC, 2020).

4.1.4.2 Recopilación de datos de actividad

Los datos para los diferentes alcances fueron recolectados por medio de información suministrada por la dirección de los programas de la Facultad, el Sistema de Gestión Integral de la Universidad (por ejemplo, se aportó datos de los registros de consumo de agua, energía y residuos) y a partir de una encuesta, la cual estaba dirigida a estudiantes, profesores y personal administrativo; esta encuesta se dividió en dos categorías principales: transporte y alimentación. Esto serviría entonces como una calculadora, de modo tal que se pudiese conocer la cantidad de GEI que se emite por el consumo de alimentos y el uso de transporte dentro de la Facultad. Estos métodos, se presentan a continuación de forma más detallada en la Tabla 5.

Tabla 5. *Metodología recopilación de datos. Continuación en la siguiente página.*

Alcance	Actividad	Fuente
Alcance I	Vehículos de la empresa	Para determinar las emisiones de GEI de los vehículos propios de la institución, se utilizó la distancia total recorrida y el tipo de vehículo. El dato de la cantidad de la flota de vehículos fue obtenido mediante la investigación doctoral en curso realizada por el docente Oscar Javier Bernal
	Consumo de electricidad	Los datos de electricidad se obtuvieron de las facturas mensuales de consumo eléctrico de la universidad. Estos datos fueron obtenidos mediante la investigación doctoral en curso realizada por el docente Oscar Javier Bernal.
Alcance II	Consumo de agua potable	Los datos de consumo de agua potable se obtuvieron de las facturas bimensuales de consumo de agua de la universidad. Estos datos fueron obtenidos mediante la investigación doctoral en curso realizada por el docente Oscar Javier Bernal.
	Alimentación de estudiantes	Encuesta realizada a los estudiantes de la Facultad relacionadas a la procedencia de los alimentos que las personas consumen dentro de la universidad
Alcance III	Transporte fuera de la universidad	Segunda parte de la encuesta, enfocada en el tipo de transporte que los estudiantes, docentes, administrativos y demás personal de la Facultad utilizan para su movilidad en los trayectos de sus casas a la universidad y viceversa

Continuación Tabla 5.

Alcance	Actividad	Fuente
	Producción de residuos sólidos	El Sistema de Gestión Integral de la Universidad aportó registros de la cantidad de residuos generados anualmente
Alcance III	Uso de papel	Datos suministrados por el docente Oscar Javier Bernal López, a partir del contrato de volumetría “Outsourcing de impresión para la Universidad Militar Nueva Granada”, el cual se basa en la realización de un censo estadístico del número de impresiones por cada equipo.

Nota: En esta tabla se presentan las fuentes de información utilizadas para hallar los datos correspondientes a las actividades de la Facultad, tales como las relacionadas con el uso de vehículos pertenecientes a la universidad, consumo de energía, generación de residuos sólidos.

Fuente: Autoría propia.

4.1.4.4 Elección de factores de emisión

$$Emisiones\ de\ GEI = Dato\ de\ la\ actividad * Factor\ de\ emisión \quad (1)$$

“Los datos de actividad son una medida cuantitativa de un nivel de actividad que da lugar a emisiones de GEI” (Ihobe, 2012). Los factores de emisión que fueron utilizados para hallar las emisiones de GEI derivados de las actividades que realiza la Facultad de Ingeniería se hallaron en

diferentes publicaciones las cuales se centran en el cálculo de huella de carbono. En los Anexos 2 y 3 se muestran las actividades y su respectivo factor de emisión.

- Determinación de las emisiones de GEI de Alcance I: se calculan a partir de las cantidades compradas de combustibles comerciales como gas natural utilizando factores de emisión publicados. (WBCSD & WRI, 2012).
- Determinación de las emisiones de GEI de Alcance II: su cálculo se basa en el consumo de electricidad medido y factores de emisión publicados. (WBCSD & WRI, 2012).

Las emisiones de GEI de Alcance III se calcularán principalmente a partir de datos de actividad como el uso de combustible o la distancia recorrida por pasajero y los factores de emisión publicados. (WBCSD & WRI, 2012).

4.1.4.5 Selección de potenciales de calentamiento global

Dentro del cálculo de huella de carbono las cantidades de emisión deben convertirse en los llamados equivalentes de dióxido de carbono (CO₂eq), para ello se utilizan los valores de Potencial de Calentamiento Global, estos van a permitir comparar diferentes GEI sobre una base relativa a una misma unidad: CO₂eq. El Potencial de Calentamiento Global, es un factor que describe el impacto del forzamiento radiativo de una unidad basada en la masa de un GEI dado en relación

con una unidad equivalente de CO₂ durante un período de tiempo determinado. (Radonjič & Tompa, 2018)

Validación

Calculadora de muestra en línea

Dentro de la etapa de validación se utilizó la calculadora en línea llamada SurveyMonkey que permite a los usuarios realizar encuestas por su plataforma digital con una determinada muestra característica a diferentes niveles de confianza dependiendo de las necesidades de sus usuarios; dicha herramienta hace parte de la empresa estadounidense que lleva el mismo nombre.

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, las encuestas y por lo tanto el número representativo de estas son de gran importancia para hallar los pertinentes GEI emitidos por la Facultad de Ingeniería, Sede campus. Esta aplicación se basa en la Ecuación 2. para determinar el tamaño de la muestra.

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{Z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{Z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N}\right)} \quad (2)$$

En donde:

- N es el tamaño de la población: Número total de personas de la población
- e, margen de error: Porcentaje de error de una muestra, es decir en qué medida los resultados de las encuestas representan un buen nivel de confianza. A menor margen de error mayor nivel de confianza.

- p , probabilidad de que ocurra el evento: Probabilidad de éxito, o proporción esperada.
- q , probabilidad de que no ocurra el evento: Probabilidad de fracaso
- Z : Es un parámetro estadístico que depende del nivel de confianza. Este último se define como el grado de certeza, expresado en porcentaje con el que se pretende realizar la estimación. Para lo cual existen una serie de tablas estadísticas que asocian el nivel de confianza al parámetro Z (Tabla 6).

Tabla 6. *Parámetro estadístico Z dependiendo del nivel de confianza*

Nivel de Confianza	Z
99,7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,2
50%	0,674

Nota: Parámetro estadístico Z ; este parámetro depende del nivel de confianza será utilizado.

Fuente: SurveyMonkey, 2020

Cálculo dependiendo del tipo de población

Existen dos tipos de poblaciones para calcular la muestra de una población: población finita y población infinita. La primera está formada por un número limitado de elementos; la segunda está formada por un número extremadamente grande de componentes, donde no se pueden contabilizar todos sus elementos ya que existen en un número ilimitado de estos.

Para determinar la muestra poblacional de una población finita se emplea la Ecuación 3 y para una población infinita la Ecuación 4. Ambas ecuaciones a su vez se componen de los mismos parámetros estadísticos de la Ecuación 2.

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p) * N}{(e^2 * (N - 1)) + Z^2 * p * (1 - p)} \quad (3)$$

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{e^2} \quad (4)$$

4.2 Metodología para el cálculo de la huella hídrica

Para el cálculo de huella hídrica se utilizó la metodología otorgada por Hoekstra *et al.*, 2011 en el libro “The Water Footprint Assessment Manual” en donde se detallan las directrices para la cuantificación de la huella hídrica de un proceso, organización, un grupo de consumidores y productos (Ver Figura 13). Para esto se tendrán en cuenta dos enfoques: Huella hídrica directa y huella hídrica indirecta.

Figura 13. Metodología para el cálculo de la huella hídrica



Nota. En esta figura se evidencian los pasos que se tuvieron en cuenta para la evaluación de la huella hídrica del presente trabajo, los cuales hacen parte de la metodología otorgada por Hoekstra (promotor de este indicador ambiental).

Fuente. Autoría propia

4.2.1. Definición de los objetivos y alcances

Los objetivos y el alcance son los aspectos que permiten que la cuantificación de la huella hídrica cumpla con lo que se espera del estudio, estos deben quedar claramente establecidos y definidos para que el proceso de cálculo sea coherente.

Los objetivos son la razón de ser del estudio y lo que se espera obtener con la realización de este.

Para lo cual es necesario responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el objeto de estudio?
- ¿Por qué se está evaluando la Huella Hídrica?
- ¿Cuáles son los tipos de huellas hídricas a evaluar?
- ¿Qué información se puede obtener?
- ¿Para quienes están dirigidos los resultados?

Por su parte, el alcance del estudio son las estrategias que hay que realizar para poder lograr el objetivo; en este se debe establecer el nivel de detalle requerido para el análisis de la huella hídrica.

4.2.1.1 Límites del sistema.

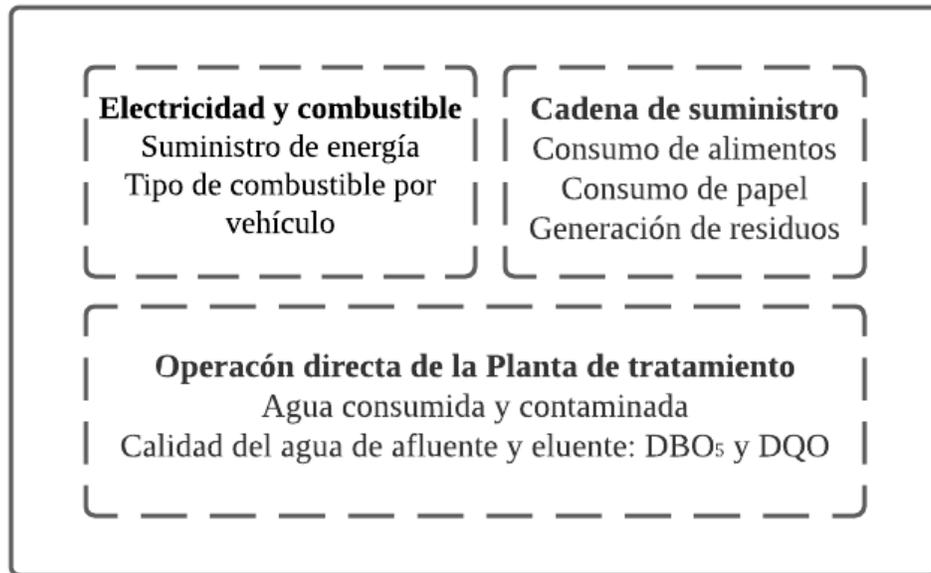
En este aspecto se detallan las etapas y procesos para la evaluación de la huella hídrica, de igual manera se consideran todas las actividades relevantes que realiza la organización o el proceso (entradas y salidas) que aportan un impacto ambiental significativo sobre el recurso hídrico.

Por lo tanto, para este proyecto se han considerado únicamente los Programas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada Sede Cajicá, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Multimedia. Como procesos, la universidad no cuenta con fases de transformación de ningún bien, por lo cual solo se incorporarán todos los servicios que brinda la Facultad como lo son lo académico y administrativo, al igual que los servicios que la universidad ofrece incluyendo así suministro de agua y el tratamiento de las descargas de estas.

El Análisis de Ciclo de Vida utilizado fue puerta a puerta, tal como lo indica Leiva (2016) este “considera únicamente las actividades (proceso productivo) de la empresa a la que se aplica”; así mismo en muchos estudios como por ejemplo el realizado por Mahath et al (2019) seleccionan este enfoque para incluir solamente las actividades que se llevan a cabo dentro de una organización.

Por lo anterior y debido a que solamente se quiere evaluar el impacto de las actividades que realizan los miembros de la Facultad de Ingeniería dentro de la Universidad se estimó la HH bajo este enfoque. Así pues, se consideró únicamente los servicios y actividades que se realizan dentro de la Facultad, como lo son la docencia, la investigación, lo académico, lo recreativo o una relación entre ellas. En la siguiente Figura 14 se muestra de manera simplificada el sistema analizado.

Figura 14. *Límites del sistema para el cálculo de la huella hídrica*



Nota. Esta figura presenta los tres límites tenidos en cuenta para el cálculo de la huella hídrica. El primero de ellos son los servicios que se brindan de energía y transporte, el segundo abarca la cadena de suministro y por último las operaciones de las instalaciones de la universidad.

Fuente. Autoría propia

4.2.2. Cálculo de la huella hídrica

4.2.2.1 Recopilación de la información

En esta sección se describirán las fuentes de información para la realización del estudio. Indicando la información primaria y secundaria para estimar la huella hídrica directa e indirecta de la organización. Para la huella hídrica directa se tuvo en cuenta la información suministrada por el Sistema de Gestión Ambiental de la universidad y datos de calidad del agua de la PTAR. Para la huella hídrica indirecta se recolectó información de la cantidad de papel comprado por la Facultad en el último año, los consumos anuales de agua y energía de la universidad. Además, se llevó a cabo una encuesta para la recolección de información primaria, la cual fue difundida a través de los diferentes programas de la Facultad de Ingeniería.

Dicha encuesta fue realizada a través de la plataforma en línea de Microsoft Forms, esta plataforma permite que los cuestionarios automáticamente se vayan registrando en formato Excel generando así que los datos obtenidos en ella sean ordenados para su análisis y cuantificación. Por su parte la encuesta contaba con dos secciones, la primera parte estaba diseñada para identificar los hábitos alimenticios de todos los encuestados, para lo cual se incluyeron preguntas de la procedencia de los alimentos que las personas consumen dentro de la universidad; como los hogares, el restaurante y las cafeterías de la universidad. La segunda sección se centró en el tipo de transporte que el personal de la Facultad utiliza para su movilidad en los trayectos de sus casas a la universidad y viceversa. Ambas secciones se componen de preguntas cerradas de opción múltiple referentes a los hábitos de los encuestados durante la semana en un periodo académico

presencial. Por último, al igual que en la HdC se hizo uso de las ecuaciones 2,3 y 4 en donde se determinaron la muestra poblacional para que los resultados de dicha encuesta sean característicos.

4.2.2.2 Análisis de inventario

El análisis de inventario permite cuantificar las entradas y salidas importantes de la organización, las cuales pueden aportar de manera significativa al aumento de consumo de agua. Para lo cual es necesario tener en cuenta la cadena de suministro de bienes y servicios, el tratamiento de efluentes de la PTAR correspondientes al número de individuos exclusivos de la Facultad de Ingeniería, así como todas las actividades que requieren un consumo excesivo de agua. Dentro de los datos del inventario se deben incluir el tipo de huella hídrica evaluada, la fuente de información y la forma de estimación, tal como se evidencia en la Tabla 7.

Tabla 7. Fuentes de información para evaluar la HH. Continuación en la siguiente página.

Tipo de HH	Tipo de información	Fuente	Forma de estimación
	Facturas de agua (m ³)	Facturas de agua anuales de la universidad	Consumo de agua de la Facultad
Azul	Identificación y uso de agua por parte de la población	Encuestas diligenciadas por el personal de la Facultad	Caracterización de alimentos por cantidad de agua requerida
	Cantidad de agua de bienes y servicios	Consumos de papel de la Facultad y gasto energético de la misma	Caracterización de kilogramos de papel y kWh de energía

Continuación Tabla 7.

Tipo de HH	Tipo de información	Fuente	Forma de estimación
	Volumen del afluente y efluente	Caudal de agua de la PTAR de la Universidad	
Gris	Concentración de afluente por parámetros de DBO _{5s} y DQO	Datos de calidad de agua de la PTAR de la Universidad	Estimación con base en la bibliografía
	Concentración de efluente por parámetros de DBO _{5s} y DQO	Datos de calidad de agua de la PTAR de la Universidad y límites máximos permisibles	

Nota: En la tabla se encuentran las fuentes de información de las actividades realizadas en la institución que generan un gasto de agua.

Fuente: Autoría propia.

4.2.2.3 Balance hídrico de la organización

Para la validación y revisión de los errores en los datos recolectados se realiza un balance de materia y energía haciendo uso de las leyes de conservación de materia y energía, que indican que lo que entra debe ser igual a lo que sale. El balance hídrico es el paso más importante para el cálculo de la HH de todo el sistema analizado, ya que en este se identifican todas las entradas y salidas de agua que consume la organización o el proceso, en este caso el balance hídrico se realizará con base en los usos de la Facultad de Ingeniería la cual hace parte de la organización que es la universidad en general. A continuación, el Figura 15 se muestra un esquema con las posibles entradas y salidas del caso de estudio.

Figura 15. Balance hídrico de una organización



Nota. Esta figura muestra los flujos que se tuvieron en cuenta para realizar el balance hídrico de la Facultad de Ingeniería de la UMNG Sede campus Cajicá.

Fuente. Autoría propia

En la Figura 15 se evidencian dos tipos de flujos, horizontales y verticales. El primero hace referencia al uso de agua que se obtiene y se vierte de forma directa en el ambiente, como por ejemplo la extracción de agua de una fuente superficial (ríos, lagos, entre otras). Por otra parte, los flujos de agua verticales, son los relacionados con las actividades antrópicas, como es el caso del tratamiento de agua, la generación de energía y el agua de los productos de alimentos que consume la organización a partir de la intervención del ser humano sobre el recurso hídrico.

4.2.2.4 Cálculo de la huella hídrica, aplicando la herramienta de cálculo elegida.

Para el cálculo de HH de la universidad, se tomó la metodología para la determinación de una organización ya que sus funciones se asemejan al proceso funcional de una Universidad, para esta se tiene la HH de la cadena operacional (Directa) y la HH de la cadena de suministro (Indirecta).

La ecuación 5, es la ecuación en general que cuantifica la Huella Hídrica.

$$HH_{total} = HH_{operativa} + HH_{suministro} \quad (5)$$

Huella Hídrica directa

La huella hídrica operativa es igual al agua consumida (huella hídrica azul) y la contaminación del agua que se puede asociar con las operaciones de la institución. Cabe mencionar que la huella hídrica verde no fue tomada en cuenta ya que el estudio se centra únicamente en la Facultad de Ingeniería y no en la universidad en general, por lo cual no se consideran procesos de evaporación y evapotranspiración del recurso hídrico.

Para el caso de la HH azul solo se tuvo en cuenta el porcentaje de agua que es incorporado a la Facultad de Ingeniería por parte de la Universidad Militar Nueva Granada, es decir el agua que es consumida por la población perteneciente a esta dependencia. Para ello fue necesario analizar los datos de agua que en general consumió la universidad en los de 2018 y 2019 y dependiendo del número de estudiantes de la Facultad se determinó el consumo de agua de esta.

Por otra parte, para el cálculo de la huella hídrica gris se empleó la ecuación 6. Para su determinación se consideró el volumen del afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la universidad, así como parámetro de calidad del agua tales como DBO₅ y DQO.

$$HH_{proc,gris} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} = \frac{Effl * c_{effl} - Abstr * c_{act}}{c_{max} - c_{nat}} \quad (6)$$

En donde:

- HH proc,gris: Huella hídrica gris (m³/año)
- Effl: Caudal de agua del efluente que es descargado (m³/año)
- c_{em}: Concentración de la sustancia en el cuerpo del efluente (mg/L)
- Abstr: caudal de agua que es consumida (m³/año)
- c_{act}: Concentración real del contaminante cuando es agua es utilizada (mg/L)
- c_{max}: Concentración máxima aceptable en el cuerpo de agua (mg/L)
- c_{nat}: Concentración del efluente sin intervención antrópica (mg/L)

Huella indirecta

La huella hídrica de la cadena de suministro (consumo de papel, energía y comida) se calculó multiplicando los distintos volúmenes de insumos y productos por sus respectivas huellas hídricas, para lo cual se empleó la Ecuación 7:

$$HH_{cons,ind} = \sum_p (C[p] * HH_{pro}^*[p]) \quad (7)$$

En donde:

- $HH_{cons,ind}$: Huella hídrica del producto o servicio
- $C[p]$: Consumo del producto o servicio (unidad del producto/tiempo)
- $HH_{pro}[p]$: Volumen de agua consumidos por unidad de masa (volumen de agua/unidad del producto)

Consumo de papel

Para el cálculo de la huella hídrica generada por el consumo de papel en la Facultad se tuvo en cuenta el factor de conversión estimado Chapagain *et al.*, (2006), junto con la cantidad de papel que compró la Facultad en el último año, para lo cual se empleó la Ecuación 7.

Electricidad

En cuanto al cálculo de la huella hídrica generado por energía, se utilizaron los factores de conversión estimados por Chapagain *et al.*, (2006), junto con los consumos energéticos de la Facultad de Ingeniería en el último año de estudio, para lo cual se empleó la Ecuación 7.

Alimentos

Para este cálculo se tuvo en cuenta la información de cada uno de los productos abarcados en las encuestas, junto con la composición de los platos de comidas planteados los cuales estaban compuestos de carbohidratos, proteínas, vegetales, frutas, cereales, lácteos, productos azucarados, entre otros. Posteriormente se procedió a calcular la huella hídrica haciendo uso de la Ecuación 7.

Transporte

La huella hídrica para vehículos se da dependiendo del tipo de combustible que utilicen, por lo tanto, se tuvo en cuenta únicamente el tipo de combustible que usan los vehículos exclusivos de la Sede Campus Nueva Granada Cajicá- Cundinamarca y cuanto es el porcentaje de la huella hídrica que consumen estos a nivel de la Facultad de Ingeniería, para lo cual se empleó la Ecuación 7. Este estudio no tuvo en cuenta los vehículos particulares de la población a evaluar, ya que es muy difícil evaluar los datos de la cantidad de combustible que estos vehículos utilizan.

4.2.3. Evaluación de sostenibilidad

La evaluación de la sostenibilidad para la huella hídrica parte de la definición del enfoque a evaluar, es decir si se adopta desde una perspectiva geográfica o una perspectiva de un proceso, producto, organización y consumidor. Desde la percepción geográfica, se determinará la sostenibilidad de la HH en un espacio determinado como cuencas hidrográficas en donde de alguna manera se facilita comparar el uso frente a la disponibilidad del recurso hídrico. Por otra parte, la

perspectiva de un proceso, producto, organización o consumidor se centra en la cantidad de huella hídrica utilizada o consumida en todas las etapas y unidades de la fase productiva. Así pues, el análisis de sostenibilidad efectuado para el caso de estudio se da desde la perspectiva de la organización en donde solo se tuvo en cuenta los tipos de huellas hídricas cuantificadas.

4.2.4. Formulación de respuesta

La última etapa de la cuantificación de la huella hídrica es el planteamiento de estrategias de compensación que disminuyan el impacto ambiental generado por las actividades de un proceso, organización o consumidor frente al recurso hídrico. La formulación de respuestas procede de la evaluación de sostenibilidad previamente realizada, ya que las medidas que se adopten van a depender de la perspectiva analizada. Desde la perspectiva geográfica es necesario establecer una cooperación intergubernamental para tomar acciones frente al impacto que se están ocasionando sobre una fuente superficial o subterránea. Mientras que desde una perspectiva de un proceso, organización o consumidor puede resultar un poco más factible ya que simplemente se miran acciones de respuesta que pueden adoptar los actores involucrados.

4.2.4.1 Formulación de planes estratégicos de manejo hídrico.

La formulación de respuestas para los datos obtenidos en el cálculo de la huella hídrica de la Facultad de Ingeniería, se incluirán planes, programas, actividades, políticas y proyectos a corto, mediano y largo plazo para reducir la Huella Hídrica. De igual manera se propondrán iniciativas

para una mejor cuantificación de este indicador en futuros estudios o proyectos, con el propósito de que cada vez se mejore el nivel de certeza para determinación de este indicador.

Finalmente, las estrategias planteadas en este trabajo serán comunicadas y difundidas en toda la Facultad de Ingeniería con la ayuda de los diferentes programas pertenecientes a esta, al igual que se pretende generar una colaboración y participación de docentes y administrativos que aporten al fortalecimiento de una cultura ambiental sostenible en toda la Facultad, posterior a la finalización del presente trabajo.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

La Sede Nueva Granada Campus Cajicá (Cundinamarca) no solo cuenta con los programas pertenecientes a la Facultad de Ingeniería, es así pues que en total tiene una población de 4.946 personas incluyendo estudiantes, administrativos, docentes y demás personal de la institución, en donde solo 2.322 personas (ver Tabla 8) pertenecen a la Facultad de Ingeniería representando así un 46,95% de la población total.

Tabla 8. *Cantidad de la población por programa de la Facultad de Ingeniería hasta el 2020*

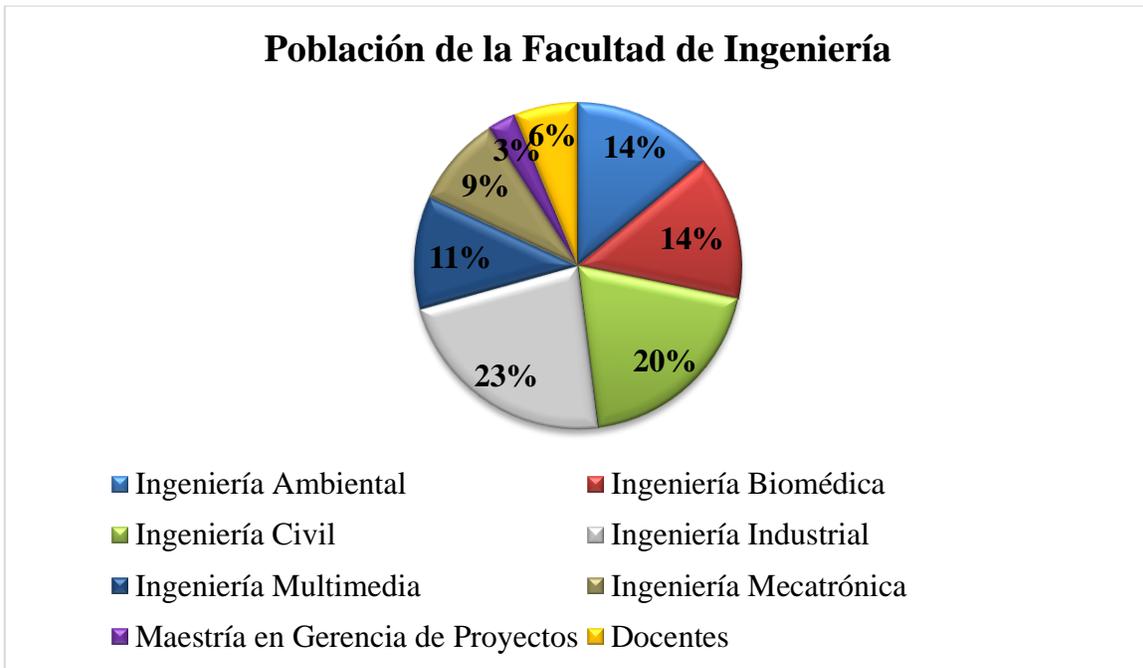
Tipo de población	Número de personas
Ingeniería Ambiental	323
Ingeniería Biomédica	331
Ingeniería Civil	457
Ingeniería Industrial	525
Ingeniería Multimedia	260
Ingeniería Mecatrónica	208
Maestría en Gerencia de Proyectos	65
Docentes	145
Administrativos	8
Total	2.322

Nota. En esta tabla se presenta la distribución del personal de la Facultad de Ingeniería.

Fuente. Autoría Propia

En la Gráfica 2 se evidencia cuánto porcentaje representa cada una de las dependencias en la Facultad de Ingeniería.

Gráfica 2. Representación porcentual de los miembros de la Facultad de Ingeniería



Fuente. Autoría propia

De igual manera este estudio tuvo presente que la mayoría de los datos fueron suministrados para la Sede Campus Nueva Granada en general, mas no se tiene un registro por las diferentes dependencias de esta institución. Por lo cual, para los casos de consumo de electricidad, consumo de agua potable, generación de residuos, consumo de papel y uso de combustible para los vehículos de la institución, se determinaron los valores de huella de carbono y huella hídrica para el total de

la Sede y posteriormente se infirió el valor para la Facultad con base en el porcentaje que esta representa frente al total de la población.

Para el caso de los resultados por consumo de alimentos y uso de transporte, se determinaron por medio de las encuestas realizadas a los miembros de la Facultad de Ingeniería por la plataforma Microsoft Forms. A pesar de que la encuesta estuvo habilitada en esta plataforma casi por un mes la cantidad de respuestas obtenidas apenas fue suficiente para solventar la muestra representativa, cabe aclarar que algunas respuestas no tenían suficiente veracidad para ser evaluadas por lo cual fueron descartadas. En la Tabla 9 se presenta la ficha técnica por grupo de interés.

Tabla 9. *Ficha técnica de la encuesta realizada por la plataforma Microsoft Forms. Continuación en las siguientes páginas.*

Grupo de Interés: Estudiantes	
Tipo de encuesta	Cualitativo
Método de recolección de datos	Encuesta digital: Se envía a todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Sede Campus UMNG por los correos institucionales @unimilitar.edu.co, bajo la dirección de cada uno de los programas pertenecientes a esta Facultad. La herramienta utilizada por el usuario institucional es la plataforma para encuestas online Microsoft Forms.
Tipo de instrumento	La encuesta realizada fue de tipo descriptiva en donde se contaban con preguntas abiertas y cerradas para una mejor interpretación de las respuestas.
Fecha de aplicación	4 de noviembre 2020 al 16 de diciembre 2020

Continuación Tabla 9.

Grupo objetivo	Número de estudiantes 2020- 2 (población) 2.169	Número de estudiantes que diligenciaron la encuesta (muestra) 331
Interés del muestreo	Determinación de los hábitos de los estudiantes en el consumo de alimentos y uso de transportes en la Sede Nueva Granada Campus Cajicá, con el fin de evaluar la Huella de carbono y la Huella hídrica en estos aspectos.	
Grupo de Interés: Profesores		
Tipo de encuesta	Cualitativo	
Método de recolección de datos	Encuesta digital: Se envía a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Sede Campus UMNG por los correos institucionales @unimilitar.edu.co, bajo la dirección de cada uno de los programas pertenecientes a esta Facultad. La herramienta utilizada por el usuario institucional es la plataforma para encuestas online Microsoft Forms.	
Tipo de instrumento	La encuesta realizada fue de tipo descriptiva en donde se contaban con preguntas abiertas y cerradas para una mejor interpretación de las respuestas.	
Fecha de aplicación	4 de noviembre 2020 al 16 de diciembre 2020	
Grupo objetivo	Número de profesores 2020-2 (población) 145	Número de profesores que diligenciaron la encuesta (muestra) 35
Interés del muestreo	Determinación de los hábitos de los profesores en el consumo de alimentos y uso de transportes en la Sede Nueva Granada Campus Cajicá, con el fin de evaluar la Huella de carbono y la Huella hídrica en estos aspectos.	

Continuación Tabla 9.

Grupo de Interés: Administrativos					
Tipo de encuesta	Cualitativo				
Método de recolección de datos	Encuesta digital: Se envía a todos los administrativos de la Facultad de Ingeniería de la Sede Campus UMNG por los correos institucionales @unimilitar.edu.co, bajo la dirección de cada uno de los programas pertenecientes a esta Facultad.				
Tipo de instrumento	La encuesta realizada fue de tipo descriptiva en donde se contaban con preguntas abiertas y cerradas para una mejor interpretación de las respuestas.				
Fecha de aplicación	4 de noviembre 2020 al 16 de diciembre 2020				
Grupo objetivo	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Número de administrativos 2020-2 (población)</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Número de administrativos que diligenciaron la encuesta (muestra)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>	Número de administrativos 2020-2 (población)	Número de administrativos que diligenciaron la encuesta (muestra)	8	5
Número de administrativos 2020-2 (población)	Número de administrativos que diligenciaron la encuesta (muestra)				
8	5				
Interés del muestreo	Determinación de los hábitos de los estudiantes en el consumo de alimentos y uso de transportes en la Sede Nueva Granada Campus Cajicá, con el fin de evaluar la Huella de carbono y la Huella hídrica en estos aspectos.				

Fuente: Datos suministrados por los programas de Ingeniería, 2020

En total se obtuvieron 353 respuestas para la determinación de la huella de carbono y la huella hídrica por consumo de alimentos y uso de transportes. Con base en las respuestas obtenidas en las encuestas se hizo uso de la Ecuación 3, para calcular la muestra representativa (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Valor de los parámetros tenidos en cuenta para el tamaño de la muestra

	N (personas)	p (%)	q (%)	Z	e (%)	Tamaño de la muestra (personas)
Valor	2.322	50	50	1,96	95	330
Total						330

Nota. En esta tabla se evidencian los parámetros que fueron tomados en cuenta para el cálculo del tamaño de la muestra representativa para las encuestas realizadas.

Fuente. Autoría propia

5.1. Cálculo de la huella de carbono

5.1.1. Determinación del alcance I

Consumo de combustibles propios de la organización.

La Facultad de Ingeniería no cuenta con vehículos propios, por lo cual la estimación se realizó a partir de los vehículos propios de la Sede Campus Nueva Granada Cajicá. Cabe mencionar que en este alcance solo tiene a consideración vehículos propios de la empresa, el tren no tiene lugar en este pues hace parte de la concesión Turistren, es decir no hace parte de la flota de vehículos propios de la Universidad. Para el caso de los vehículos evaluados en este alcance, se tuvo en cuenta el consumo por tipo de combustible (diésel y gasolina) como se evidencia en la Tabla 11; estos consumos fueron estimados con base en la información suministrada por las directivas de la institución. De igual manera se tiene presente que los factores de emisión para diésel y gasolina son diferentes debido al origen y composición de cada uno de los combustibles.

Tabla 11. *Vehículos propios de la UMNG campus*

Tipo de vehículo	Número
Buses	3
Automóviles	2
Miniván	1
Camión de platón	1
Volqueta	1
Minicargador	1
Total, de vehículos	9

Nota. En esta tabla se presenta el número de vehículos con los que cuenta la Sede Nueva Granada Campus Cajicá-Cundinamarca.

Fuente. Autoría propia (Bernal,2020)

Como se mencionó anteriormente este estudio caracterizó la huella de carbono por tipo de combustible que emplean los vehículos propios de la institución, por lo cual en las Tablas 12 y 13, se presentan los datos obtenidos del consumo de diésel y gasolina respectivamente. Cabe aclarar que los resultados obtenidos para el consumo de combustibles de la Facultad se tomaron a partir del porcentaje que esta representa frente a la universidad.

Para ambos tipos de combustible se tuvo en cuenta los factores de emisión en unidades de Ton CO₂/gal en estado líquido, de acuerdo con la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos (FECOC) de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). En donde el factor de emisión para diésel es de 0,0088 Ton CO₂ eq/gal y para la gasolina es de 0,010

Ton CO₂ eq/gal; por lo tanto, haciendo uso de la Ecuación 1 se calculó la HdC por tipo de combustible para este aspecto.

Tabla 12. *Cálculo de la Huella de carbono del consumo de combustible diésel*

Razón/ Periodo	Consumo de combustibles en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	Diesel 2018 (gal)	Diesel 2019 (gal)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)
Enero	189	131,91	1,92	1,34	0,90	0,63
Febrero	236,7	144,43	2,41	1,47	1,13	0,69
Marzo	140,4	241,71	1,43	2,46	0,67	1,16
Abril	395,1	201,98	4,02	2,06	1,89	0,97
Mayo	306,9	271,19	3,12	2,76	1,47	1,30
Junio	287,1	151,85	2,92	1,55	1,37	0,73
Julio	87,3	181,55	0,89	1,85	0,42	0,87
Agosto	129,6	168,2	1,32	1,71	0,62	0,80
Septiembre	459,9	318,24	4,68	3,24	2,20	1,52
Octubre	300,6	316,35	3,06	3,22	1,44	1,51
Noviembre	538,2	182,28	5,48	1,86	2,57	0,87
Diciembre	538,2	46,2	5,48	0,47	2,57	0,22
Total	3.609	2355,89	36,74	23,98	17,25	11,26

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

Tabla 13. Cálculo de la Huella de carbono del consumo de combustible gasolina

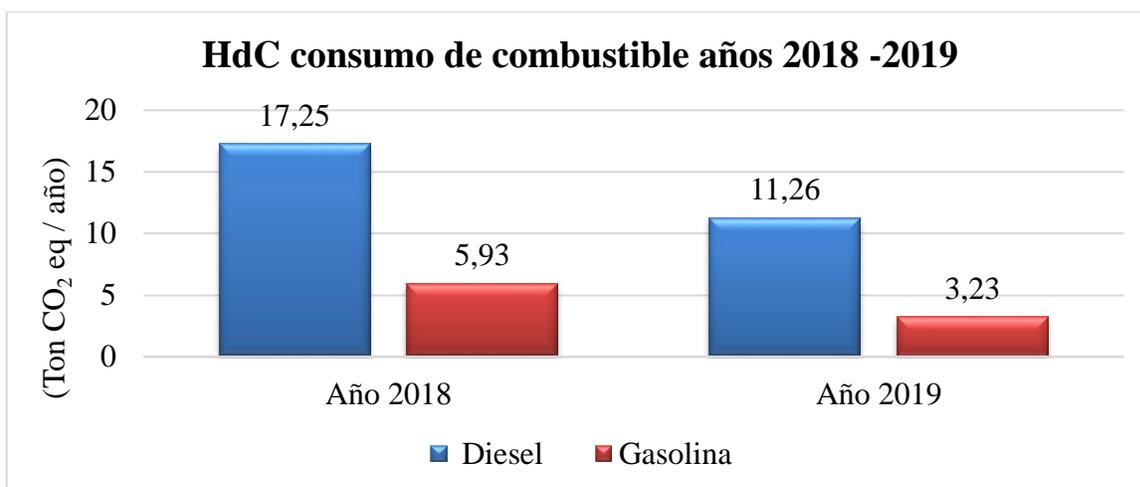
Razón/ Periodo	Consumo de combustibles en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	Gasolina 2018 (gal)	Gasolina 2019 (gal)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)
Enero	273,24	63,77	2,41	0,56	1,13	0,26
Febrero	124,2	143,17	1,09	1,26	0,51	0,59
Marzo	152,72	58,79	1,35	0,52	0,63	0,24
Abril	129,72	59,6	1,14	0,52	0,54	0,25
Mayo	170,2	41,83	1,50	0,37	0,70	0,17
Junio	117,76	57,7	1,04	0,51	0,49	0,24
Julio	22,08	63,3	0,19	0,56	0,09	0,26
Agosto	22,08	35,16	0,19	0,31	0,09	0,15
Septiembre	89,24	39,16	0,79	0,34	0,37	0,16
Octubre	49,68	56,22	0,44	0,50	0,21	0,23
Noviembre	186,76	65,88	1,64	0,58	0,77	0,27
Diciembre	97,52	97,52	0,86	0,86	0,40	0,40
Total	1435,20	782,10	12,64	6,89	5,93	3,23

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

En la Gráfica 3 se presenta la comparación de las huellas de carbono total para los años de 2018 y 2019, por cada uno de los tipos de combustibles empleados por los vehículos de la Facultad de

Ingeniería Sede Nueva Granada Campus; en donde la huella total de combustibles para el 2018 fue de 49,38 Ton CO₂eq/año y para el 2019 fue de 30,87 Ton CO₂eq/año.

Gráfica 3. Huella de carbono total por tipo de combustible para los años 2018 y 2019



Nota. En esta gráfica se evidencia los resultados de HdC total por tipo de combustible para los años de 2018 y 2019.

Fuente. Autoría propia.

Como se observa, la HdC más alta hace referencia a los vehículos que como combustible utilizan Diesel, con un valor de 17,25 y 11, 26 Ton CO₂ eq para los años 2018 y 2019, respectivamente, que al ser comparados con la HdC para vehículos que utilizan gasolina como combustible, los vehículos Diesel generan el 74% para el 2018 y 78% para el 2019 de las emisiones totales que resultan por combustibles en la Facultad; vale la pena mencionar que estos porcentajes se verán afectado directamente por la cantidad de combustible consumido en sus respectivos años,

por ejemplo para el 2018, el gasto de Diesel fue de 1694,32 gal/año y de gasolina 2018 673,78 gal/año, lo que sería 2/5 de la fracción de gasolina con respecto a la de Diesel.

5.1.2. Determinación del alcance II

Consumo de agua potable.

Los datos de consumo de agua potable fueron tomados de los registros de las facturas de agua de la universidad en periodos bimensuales para cada año de estudio (2018 y 2019). La información presentada en esta Tabla 14 tiene como fuente los consumos hechos por la Sede Campus de la Universidad Militar Nueva Granada. De igual manera en esta tabla se presentan los resultados obtenidos de huella de carbono tanto para la Sede Campus Nueva Granada como para la Facultad de Ingeniería, dichos valores se generaron teniendo en cuenta el factor de emisión de tratamiento de aguas potables domésticas de la IPCC, el cual corresponde a un valor de 0,073 TonCO₂eq/año.

Como se observa en la Tabla 14 la HdC por consumo de agua para el 2018 fue de 874,02 Ton CO₂ eq, y para el 2019 fue de 1834,92 Ton CO₂ eq; este aumento de 110 % puede ser explicado por la cantidad de estudiantes nuevos que ingresaron este periodo de tiempo.

Tabla 14. Cálculo de la huella de carbono del consumo de agua potable

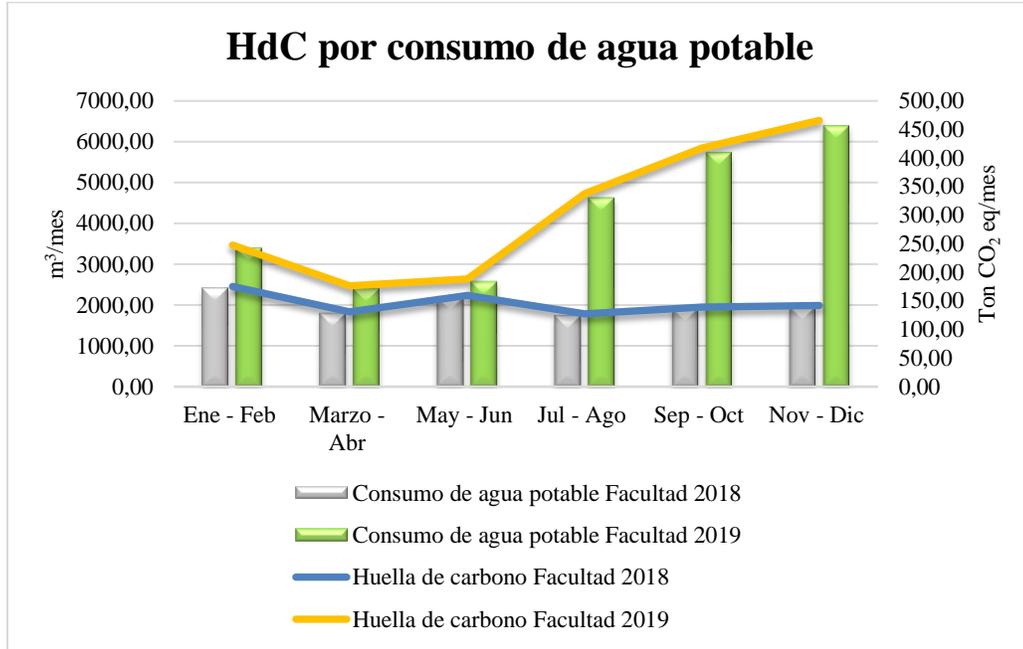
Razón/ Periodo	Consumo de agua potable en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	2018 (m ³)	2019 (m ³)	HdC en 2018 (Ton CO ₂)	HdC en 2019 (Ton CO ₂)	HdC en 2018 (Ton CO ₂)	HdC en 2019 (Ton CO ₂)
Ene-Feb	5116	7238	373,47	528,37	175,33	248,06
Mar-Abr	3811	5148	278,20	375,80	130,61	176,43
May-Jun	4652	5510	339,60	402,23	159,43	188,84
Jul-Ago	3719	9851	271,49	719,12	127,46	337,61
Sep-Oct	4061	12198	296,45	890,45	139,18	418,04
Nov-Dic	4144	13596	302,51	992,51	142,02	465,95
Total	25503	53541	1861,72	3908,49	874,02	1834,92

Nota. En esta tabla se evidencian los resultados del cálculo de la huella de carbono del consumo de agua potable de la Sede Campus Nueva Granada de Cajicá (Cundinamarca).

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

En la Gráfica 4 se evidencia los resultados de HdC relacionados con el consumo de agua de la Facultad en los años 2018 y 2019. La HdC aumenta a medida que el consumo de agua es mayor en la UMNG, para el 2019 en donde los consumos de agua aumentan con respecto al mismo periodo de 2018 (junio a diciembre), las posibles razones pueden ser; el aumento del número de estudiantes, la realización de obras civiles y la habilitación de nuevas instalaciones.

Gráfica 4. Huella de carbono por consumo de agua potable para la Facultad de Ingeniería



Fuente. Autoría propia

Consumo de energía

Los datos de consumo de energía fueron tomados de los registros de las facturas mensuales de energía de la universidad para los años 2018 y 2019. En la Tabla 15 se presentan los resultados obtenidos de huella de carbono por consumo energético para la Sede Campus Nueva Granada como para la Facultad de Ingeniería, dichos valores se generaron teniendo en cuenta el factor de emisión el cual corresponde a un valor de 0,000114 TonCO₂eq/Kwh.

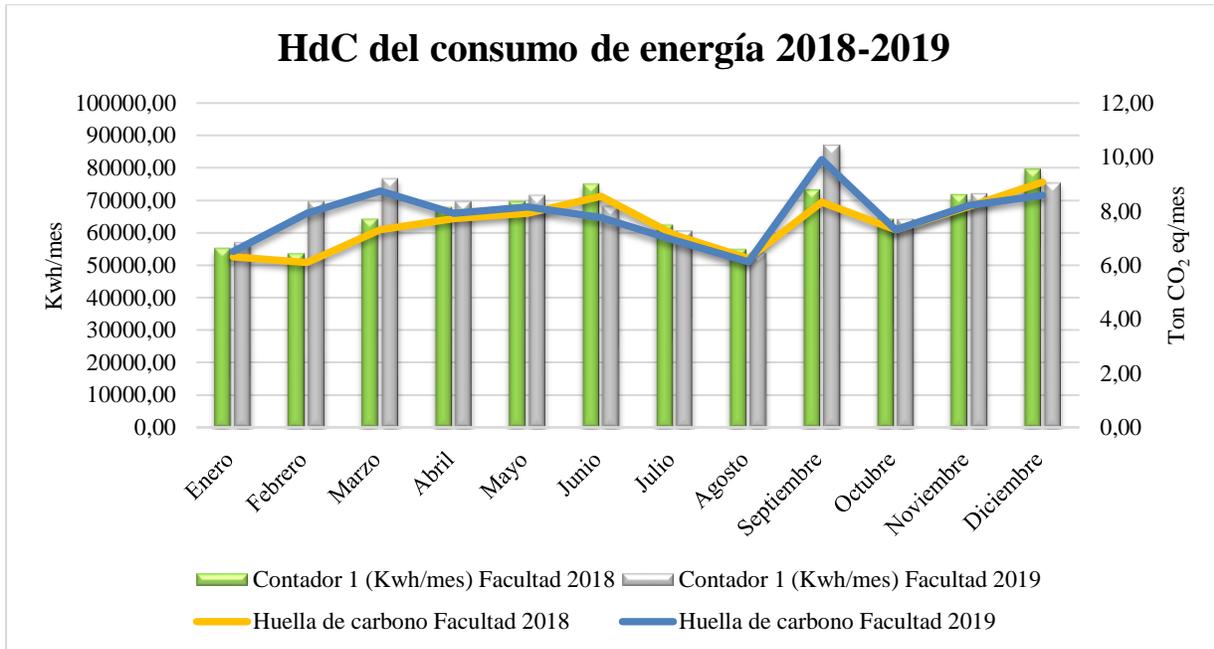
Tabla 15. Cálculo de la huella de carbono del consumo de energía

Razón/ Periodo	Consumo de energía en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	Contador I 2018 (kWh)	Contador I 2019 (kWh)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)
Enero	117800	121600	13,43	13,86	6,30	6,51
Febrero	114000	148200	13,00	16,89	6,10	7,93
Marzo	136800	163400	15,60	18,63	7,32	8,75
Abril	144400	148200	16,46	16,89	7,73	7,93
Mayo	148200	152334	16,89	17,37	7,93	8,15
Junio	159600	145258	18,19	16,56	8,54	7,77
Julio	133000	129200	15,16	14,73	7,12	6,91
Agosto	117000	114434	13,34	13,05	6,26	6,12
Septiembre	155800	185114	17,76	21,10	8,34	9,91
Octubre	136644	136800	15,58	15,60	7,31	7,32
Noviembre	152644	153346	17,40	17,48	8,17	8,21
Diciembre	169600	160428	19,33	18,29	9,08	8,59
Total	1.515.888	1.597.886	172,81	182,16	81,13	85,52

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

Como se puede observar en la Tabla 15 la huella de carbono por consumo energético fue de 81,13 Ton CO₂eq para el 2018 y 85,52 Ton CO₂ eq para el 2019, lo cual significa un crecimiento del 5,41% con respecto al año anterior.

Gráfica 5. *Huella de carbono por consumo de energía la Facultad de Ingeniería de la Sede Campus en la UMNG para los años 2018 y 2019*



Fuente. Autoría propia

En la Gráfica 5 se puede apreciar el patrón de comportamiento de los consumos de energía para los años 2018 y 2019 y las emisiones de CO₂ relacionadas directamente con esta actividad. Como se expone en el diagrama, los meses que más consumo de energía presentan son los mayores emisores de CO₂. Ahora bien, se esperaría que el comportamiento que la gráfica fuera que a medida que los estudiantes no se encontraran en las instalaciones, el consumo energético disminuyera; sin embargo como se muestra en el diagrama los consumos de estos meses (diciembre, enero y julio) no disminuye considerablemente, esto se puede explicar por los cursos intersemestrales, en donde si bien las instalaciones no reciben al 100% de sus usuarios, estas no

dejan de funcionar, es decir, se mantiene un consumo energético (en estos casos más bajos que los funcionan normalmente).

5.1.1. Determinación del alcance III

Análisis del Consumo de papel

Colombia no cuenta con información sobre la huella de carbono que generan los diferentes tipos de papel, por lo cual para la estimación de este indicador se tuvo en cuenta estudios realizados a diferentes empresas internacionales que suministran este producto a Colombia en donde la mayoría de ellas son de Brasil y ninguna tiene como fuente materia prima el papel reciclado. De igual se consultó el peso de una resma de papel de 17 x 22 pulgadas que aproximadamente es de 9 kg, ya que los datos de huella de carbono consultados se dan con base en el peso de una resma de papel; sin embargo, teniendo en cuenta los datos suministrados estos valores fueron convertidos a unidades de toneladas.

Así pues, se hizo uso de la Ecuación 1, teniendo en cuenta que la HdC para una tonelada de papel es de 0,434 Ton CO₂ eq (Empresas Visión Sostenible S.A.S & Ingezinc Ltda, 2015) junto con el peso del papel comprado y usado durante los años 2018 y 2019 en las instalaciones de la Sede Campus Nueva Granada Cajicá- Cundinamarca; cabe mencionar que las principales personas que utilizan este producto son los docentes y administrativos, de los cuales el 3,09% pertenece a la Facultad de Ingeniería con base en los miembros de la universidad en general, es por ello que solo se tiene en cuenta a esta población para determinar la HdC de la Facultad (Ver Tabla 16).

Tabla 16. *Cálculo de la huella de carbono del Papel Usado durante los años 2018 y 2019*

Razón/Período	Consumo de papel en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	Total, gramaje en 2018 (Ton)	Total, gramaje en 2019 (Ton)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2018 (Ton CO ₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO ₂ eq)
Papel Usado	6,387	5,706	19,16	17,12	0,59	0,53
Total	6,387	5,706	19,16	17,12	0,59	0,53

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

La Tabla 16 evidencia los resultados obtenidos de las toneladas de papel generados, además de los valores estimados para huella de carbono emitido en el consumo de este bien tanto para la Sede Campus Nueva Granada de Cajicá (Cundinamarca) como para la Facultad de Ingeniería de esta; en donde la huella de carbono para consumo de papel en los años 2018 y 2019 fue de 0,59 Ton CO₂ eq y 0,53 Ton CO₂ eq, respectivamente.

Generación de residuos sólidos

Para determinar las emisiones de CO₂ eq generados por la producción de residuos sólidos, se utilizaron los datos suministrados por la administración del centro de acopio de la UMNG. El dato utilizado como factor de emisión para la disposición de residuos sólidos fue aportado por la “GUÍA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA

A NIVEL SECTORIAL” (Cámara de Comercio de Bogotá *et al.*, 2013), el cual fue de 0,01283 Ton CO₂ eq/kg de residuo sólido. Este factor fue multiplicado por dicho dato reportado que fue de 43.605 kg al año, de este modo el valor HdC se estimó en 262,64 Ton CO₂ eq para el 2019. Dentro de esta categoría, no se logró hacer una comparación entre los años de 2018 y 2019 pues solo se suministraron datos para 2019 (Ver Tabla 17).

Tabla 17. *Cálculo de la huella de carbono de los residuos sólidos durante el 2019*

Razón/Período	Generación de residuos	Huella de carbono en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá	Huella de carbono de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada
	Total, gramaje en 2019 (kg)	HdC en 2019 (Ton CO₂ eq)	HdC en 2019 (Ton CO₂ eq)
Residuos sólidos	33.698	432,35	202,97
Residuos peligrosos	9.907	127,11	59,67
Total	43.605	559,46	262,64

Fuente. Autoría propia

Consumo de alimentos

En la Tabla 18 se presentan los resultados obtenidos para la determinación de la huella de carbono total que genera la Facultad de Ingeniería en lo que respecta a los alimentos consumidos dentro de las instalaciones de la institución; de este modo esta categoría se subdivide en las zonas en las que el personal de la Facultad adquiere sus alimentos y bebidas: casa, restaurante, cafetería y bebederos.

Para hallar la HdC total en lo que respecta a los alimentos traídos desde casa, en la encuesta se incluyeron varias opciones de la cantidad y tipo de alimentos que una persona promedio traería desde este lugar para consumir en su estancia en la universidad; es decir se presentaron varios alimentos de modo tal, que cada encuestado que lleve comida desde su casa hacia la universidad recreará su menú de almuerzo, refrigerio y algún tipo de bebida. Cada uno de los alimentos situados allí fue multiplicado por su factor de emisión y por la cantidad tal como lo indica la *Ecuación 1*.

En el caso del restaurante, se consideraron los menús que este ofrece teniendo en cuenta las posibles combinaciones que los encuestados regularmente pudiesen tomar (vea estas opciones de menús en el Anexo 1). Para el cálculo de HdC de cada opción ofertada se tuvo presente los principales ingredientes y sus pesos aproximados por plato servido; partiendo del hecho de que para calcular la HdC, de cada opción se deben tener en cuenta sus factores de emisión, y estos a su vez están relacionados directamente con la cantidad del alimento (en la mayoría de los casos encontrada por Kg) fue necesario hacer la conversión a las proporciones indicadas por diferentes páginas nutricionales.

Al igual que en los dos casos anteriores, para la zona de las cafeterías, se consideraron los principales alimentos que el personal de la Facultad pudiese consumir, para ello los productos valorados fueron alimentos categorizados como saludables, pasteleros, comidas rápidas, lácteos y azucarados. En este caso en específico muchos de los factores considerados no fueron encontrados en la literatura, por cual las autoras del proyecto a partir de los ingredientes de cada producto

calcularon los factores, sin embargo, en algunos casos este procedimiento no se pudo realizar por ello esos productos fueron omitidos. Finalmente, para la determinación de la HdC generada por los bebederos se preguntó a cada uno de los encuestados el consumo de agua en estos, teniendo en cuenta únicamente el volumen de agua consumida y la cantidad de veces al día que se hace uso de estos.

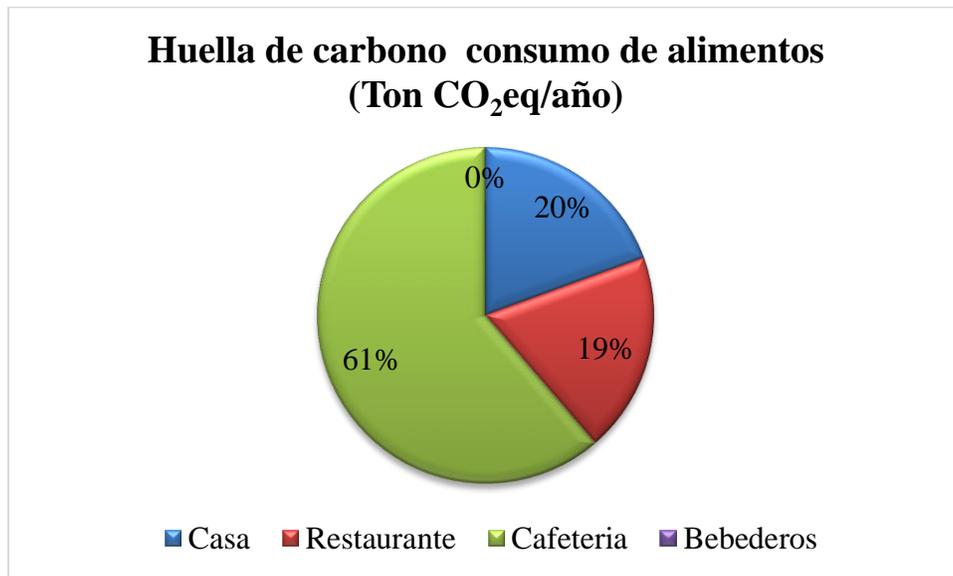
Tabla 18. *Huella de carbono por consumo de alimentos para la Facultad de Ingeniería*

Huella de carbono total por consumo de alimentos (Ton CO₂ eq/año)					
	Casa	Restaurante	Cafetería	Bebederos	Total
Ingeniería Ambiental	84,00	48,55	312,65	0,04	445,25
Ingeniería Biomédica	26,85	33,93	71,99	0,01	132,78
Ingeniería Civil	53,33	52,22	136,01	0,02	241,58
Ingeniería Industrial	11,93	11,27	30,59	0,00	53,80
Ingeniería Multimedia	21,64	45,50	67,29	0,01	134,45
Ingeniería Mecatrónica	10,54	14,33	39,98	0,00	64,85
Maestría en Gerencia de Proyectos	2,81	3,52	7,08	0,03	13,44
Total	211,10	209,32	665,60	0,12	1.086,14

Fuente. Autoría propia

En la Gráfica 6 se presenta la huella de carbono en porcentaje para cada una de las cuatro zonas de consumo de alimentos evaluadas por parte de los miembros de la Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá- Cundinamarca, frente a la huella de carbono total que es de 1.086,14 Ton CO₂eq/año.

Gráfica 6. *Huella de carbono en porcentaje por zona de consumo de alimentos*



Nota. En este diagrama se evidencia cuánto porcentaje aporta cada una de las zonas donde el personal de la Facultad adquiere sus alimentos.

Fuente. Autoría propia

Se evidenció que la mayor huella de carbono por consumo de alimentos de la población evaluada proviene de la adquisición de productos de las cafeterías que se encuentran en las instalaciones de la universidad, estas aportan aproximadamente un 61% a la huella de carbono

total ya que generan 665,60 Ton CO₂ eq/año. De igual manera las cafeterías no son los únicos sitios que contribuyen a la HdC que se da por consumo de alimentos, los alimentos que se traen desde la casa y los que se compran en el restaurante de la universidad producen 211,10 Ton CO₂eq/año y 209,32 Ton CO₂eq/año, respectivamente, lo cual proporciona entre ambos casi un 39% de la HdC total. La huella de carbono por parte del agua que se consume en los bebederos no genera una emisión representativa frente a este indicador como sucede en los otros tres lugares evaluados, dando como resultado tan solo 0,12 Ton CO₂eq/año; sin embargo, se debe tener en cuenta que el agua de grifo si bien tienen una huella de carbono alta se da es el tratamiento de esta, por lo tanto, teniendo presente el alcance de este estudio la HdC para el agua del grifo solo se evaluó en el consumo.

Ahora bien, para categorizar cuales actividades generaron mayor HdC por estudiante se evaluaron los rangos que se presentan en la Tabla 19, dichos intervalos se seleccionaron a partir de la estadística descriptiva que se evidencia en el Anexo 2.

Tabla 19. Descripción estadística huella de carbono por consumo de alimentos

Intervalos		
Límite Inferior (Ton CO₂ eq/año)	Límite Superior (Ton CO₂ eq/año)	Frecuencia (Personas)
0,00	1,80	136
1,81	3,61	101
3,62	5,42	63
5,43	7,22	29
7,23	9,03	9
9,04	10,84	5
10,85	12,65	5
12,66	14,46	2
14,47	16,27	3

Fuente: Autoría propia

De acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 19, la gran mayoría de los estudiantes encuestados presentan una HdC que se encuentra entre los rangos más bajos evaluados, es decir de 0 Ton CO₂ eq/año a 1,80 Ton CO₂ eq/año, la razón de que esto suceda se debe principalmente a que gran parte de los alimentos que consumen los miembros de la Facultad dentro de la universidad provienen exclusivamente de la casa, es decir esta población no compra ningún producto en la universidad, además de que las dietas que consumen contienen solo un producto cárnico.

En segundo lugar, se encuentran 101 estudiantes que generan entre 1,81 Ton CO₂ eq/año y 3,61 Ton CO₂ eq/año, lo cual se debe principalmente a que los alimentos que consumen los miembros de la Facultad en la Universidad son adquiridos en las cuatro zonas evaluadas en este estudio (casa,

restaurante, cafeterías y bebederos), en donde gran parte de los productos consumidos son de origen cárnico sin embargo son consumidos pocas veces a la semana y por ende en el año.

Los miembros de la Facultad que emiten entre 3,62 Ton CO₂ eq/año y 5,42 Ton CO₂ eq/año son 63 personas, este rango se caracteriza por que los productos que se consumen son principalmente aquellos que generan una alta huella de carbono por ejemplo productos cárnicos, bebidas azucaradas y productos empacados. El cuarto rango evaluado corresponde a las emisiones entre 5,43 Ton CO₂ eq/año y 7,22 Ton CO₂ eq/año, en donde este rango comparte las mismas características del rango anterior, sin embargo, se diferencia en el aumento de las cantidades de las cantidades de consumo de los productos por parte de los miembros de la Facultad.

Los últimos cinco rangos que se evidencian en la Tabla 19, se diferencian en las cantidades y las proporciones de los alimentos que los miembros de la Facultad consumen, cabe mencionar que estos últimos rangos son en los que menos personas se ubican, por lo que no generan un gran aporte a la huella de carbono total por consumo de alimentos.

Movilización del personal de la Facultad de Ingeniería

Al igual que en el caso de consumo de alimentos, la movilización de todo el personal de la Facultad de Ingeniería se obtuvo a partir de las encuestas realizadas a la población muestreada. Esta encuesta se dividió el uso de transporte dependiendo del trayecto que las persona utilizan para llegar desde sus hogares a la universidad e inversamente; de igual manera fue importante conocer

el lugar de residencia de la persona y el tipo de transporte que emplea ya sea de tipo público, privado, institucional y sostenible con el ambiente.

Para el caso de los transportes públicos sólo fueron considerados los buses de Transmilenio y los buses intermunicipales, cada uno con su respectivo factor de emisión (Ver Anexo 2). Los factores de emisión para los vehículos privados dependían del tipo de combustible empleado, por ello fue necesario preguntarlo en las encuestas; los transportes institucionales evaluados fueron el tren y las rutas institucionales; finalmente dentro de la clasificación de transportes sostenibles se presentaron todos los que son amigables con el ambiente que no presentan ninguna HdC como es el caso de caminar, bicicletas, patinetas, entre otras (Ver Tabla 20).

Se esperaba obtener los valores exactos de consumo de combustible (Diesel) por capacidad del tren, sin embargo a pesar de que los datos fueron solicitados a la concesión Turistren estos no fueron suministrados, de modo tal que para incluir este medio de transporte el cual se utiliza masivamente por los miembros de la Facultad y es un gran contribuyente de emisiones por el tipo de combustible que utiliza y por su tecnología poco eficiente, este dato se incluyó en la encuesta teniendo en cuenta todo el recorrido del personal.

Tabla 20. *Huella de carbono de la movilización del personal de la Facultad por programa académico*

Programa	Huella de carbono (Ton CO₂ eq/año)
Ingeniería Ambiental	574,66
Ingeniería Biomédica	374,83
Ingeniería Civil	324,66
Ingeniería Industrial	113,22
Ingeniería Mecatrónica	114,06
Ingeniería Multimedia	140,28
Maestría en Gerencia de Proyectos	20,98
Total	1662,69

Fuente. Autoría propia

La Tabla 20 evidencia la huella de carbono por cada uno de los programas pertenecientes a la Facultad de Ingeniería, en donde se obtuvo una HdC total de 1.662,69 Ton CO₂eq/año. Cabe resaltar que se esperaba que las emisiones para el programa de Ingeniería Biomédica fueran mucho menores, dado que la muestra de la población evaluada para este programa fue baja frente a programas como son el caso de Ambiental y Civil, puede que esto se deba a gran parte esa población no viva en municipios cercanos a la universidad sino en otros lugares más distantes o incluso en Bogotá D.C., lo genera aumento de la HdC por la distancia recorrida.

Ahora bien, para categorizar cuales actividades generaron mayor HdC por estudiante se evaluaron los rangos que se presentan en la Tabla 21, dichos intervalos se seleccionaron a partir de la estadística descriptiva que se evidencia en el Anexo 2.

Tabla 21. *Estadística descriptiva HdC para uso de transporte de la Facultad de Ingeniería*

Intervalos		
Límite Inferior (Ton CO₂eq/año)	Límite Superior (Ton CO₂ eq/año)	Frecuencia (Personas)
0,00	3,88	237
3,89	7,76	42
7,77	11,65	31
11,66	15,54	19
15,55	19,43	8
19,44	23,31	6
23,32	27,20	4
27,21	31,09	5
31,10	34,97	1

Fuente: Autoría propia

Como se observa en la Tabla 21, el intervalo que cuenta con mayor cantidad de datos es el de 0 a 3,88 Ton CO₂ eq (con 237 personas); evidentemente, dentro de este rango se presenta el grupo de personas que menos emisiones de CO₂ genera al año. Ahora bien, al analizar los datos, se determina que estos bajos valores se deben principalmente al lugar en el que residen los encuestados, pues en la mayoría de los casos son municipios de la sabana, más específicamente municipios como Zipaquirá, Cajicá y Chía (los lugares más próximos a la universidad). En los pocos casos que se presentan localidades de Bogotá D.C. como Usaquén, Suba y Chapinero son

personas que se transportan en moto, carro o en tren únicamente, pocos días a la semana. En general, gran porcentaje de este grupo utiliza transporte público, en pocos casos vehículos privados.

En el segundo intervalo se ubican 42 encuestados, cada uno de ellos genera entre 3,89 a 7,76 Ton CO₂ eq/año; estos valores al igual que en la categoría anterior, se ven muy afectados por el lugar de residencia y la cantidad de veces que van hacia la universidad en un periodo de tiempo de una semana, La diferencia aquí, radica en que el lugar de residencia no se ubican en la sabana de Bogotá D.C., sino principalmente en las localidades de Suba, Usaquén, Chapinero y Kennedy, se observó que las respuestas de las personas que se ubican en localidades lejanas a la institución(Chapinero, Kennedy y Fontibón) asistían pocas veces a la semana, en estos casos, los estudiantes suelen tomar tren y transporte público). En no más de 5 respuestas, el lugar de la vivienda se hallaba en municipios de Cundinamarca, municipios que se encuentran mucho más alejados a la universidad que los anteriormente mencionados (Machetá, Pacho, Subachoque, Cogua) y en casos como Zipaquirá donde el número de veces que se transportaban hacia la universidad era el mismo que en casos del primer intervalo, se notó que el tipo de gasolina y vehículo que se utilizaba generaba una gran diferencia (vehículos que utilizan Diesel como combustible producen una menor HdC que vehículos de gasolina).

En el siguiente intervalo se observó que el comportamiento de las 31 respuestas conduce a las localidades de Kennedy, Engativá, Fontibón, Barrios Unidos. Suba y Usaquén (con un alto uso de

medios de transporte), al igual que en caso anterior, las personas suelen tomar transporte público y tren. En este rango uno de los encuestados vive en Pacho y lleva su vehículo propio en la mayoría de sus trayectos.

Los 19 integrantes de la Facultad que emiten entre 11,66 Ton CO₂ eq/año y 15,54 Ton CO₂eq/año en esta categoría se caracterizan por vivir en localidades de Bogotá D.C. bastante alejadas a la universidad (San Cristóbal, Antonio Nariño, Kennedy, Engativá y Teusaquillo) con alta frecuencia y principalmente en transporte público e institucional.

En los últimos intervalos se encontraron personas que residen en lugares lejanos a la universidad y que a diferencia de los rangos anteriores deben tomar más veces transporte público, para movilizarse hacia y desde la universidad. Para finalizar, el dato que más huella de carbono genera es el de una estudiante de la Facultad de Ingeniería Ambiental que vive en Engativá y a la semana toma 10 veces transporte público y eventualmente privado.

5.2.3. Huella de carbono total

A continuación, en la Tabla 22 se presentan los resultados compilados para cada una de las categorías evaluadas para el cálculo de la huella de carbono en la Facultad de Ingeniería de la Sede Nueva Granada Campus Cajicá.

Tabla 22. *Huella de carbono por alcance evaluado para la Facultad de Ingeniería*

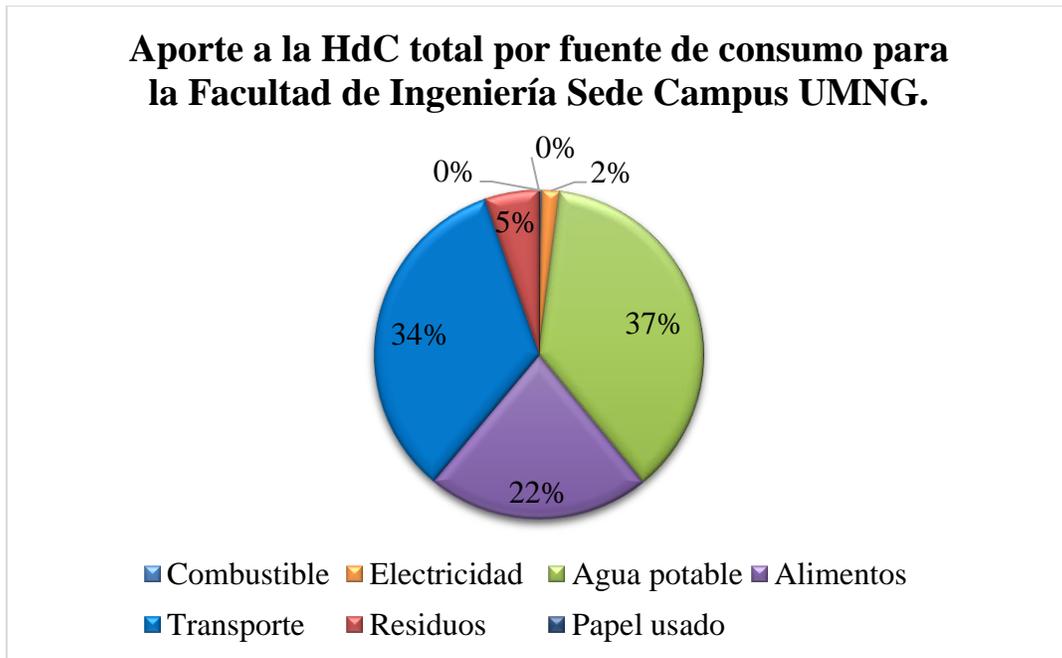
Tipo	Categoría	HdC Ton CO₂ eq/año
Alcance I	Combustible	14,49
	Electricidad	85,52
Alcance II	Agua Potable	1.834,92
	Alimentos	1.086,14
	Transporte	1.662,69
Alcance III	Residuos	262,64
	Papel usado	0,53
Total		4.946,95

Fuente. Autoría propia

De acuerdo con la Tabla 22 la HdC total para la Facultad de Ingeniería en el año 2019 fue de 4.946,95 Ton CO₂ eq/año, de los cuales 60,89 % corresponde al Alcance III, el 38,82% al Alcance II y tan solo el 0,29% al Alcance I. Con respecto a las emisiones del Alcance II y III, el 37,02%, el 21,96% y el 33,61% hacen referencia al uso de agua potable, consumo de alimentos y al uso de transporte por parte de los miembros de la Facultad, respectivamente; ahora bien, como se observa en la Gráfica 7 para los casos de consumo de papel y uso de combustibles de los transportes de la universidad la suma de sus huellas hídricas no logra ni siquiera el 1% de la HdC total de la Facultad, una de sus posibles razones es la poca cantidad de papel que se utiliza (respecto a los otros valores evaluados) y el bajo factor de emisión que presenta el combustible desde el punto de

vista del alcance del estudio. Por otro lado, el uso de la energía eléctrica y la generación de residuos representan el 1,73% y el 5,31% respecto a la HdC total de la Facultad.

Gráfica 7. *Huella de carbono porcentual de la Facultad de Ingeniería*



Fuente: Autoría propia

5.2. Cálculo huella hídrica

5.2.1. Huella hídrica directa

Consumo de agua potable

La información para los consumos de agua potable se obtuvo de la misma forma que para el caso de HdC, en donde la fuente de información son las facturas de agua bimensuales. En la Tabla 23 se presentan los resultados obtenidos de huella hídrica tanto para la Sede Campus Nueva

Granada como para la Facultad de Ingeniería, cabe aclarar que para este indicador los valores de consumo son los mismos de HH, ya que representa el agua que se utiliza en las actividades que se realizan en las instalaciones de la Sede Campus Nueva Granada Cajicá- Cundinamarca.

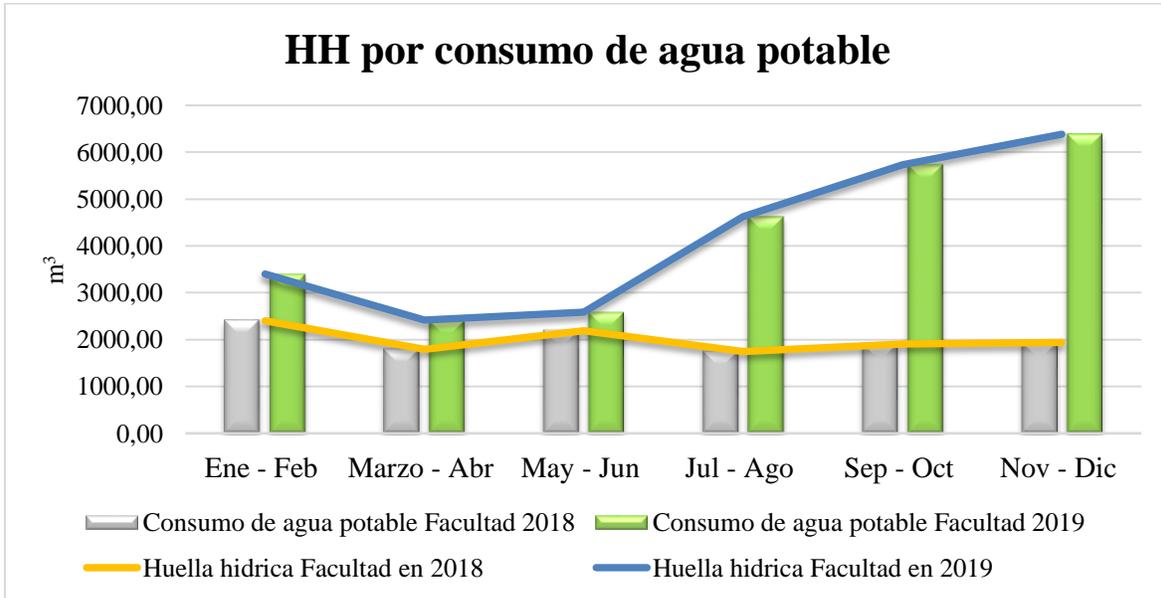
Tabla 23. Cálculo de la huella hídrica del consumo de agua potable

Razón/ Periodo	Consumo de agua potable en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella Hídrica en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella Hídrica de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	2018 (m ³)	2019 (m ³)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)
Ene-Feb	5116	7238	5116	7238	2401,81	3398,03
Mar-Abr	3811	5148	3811	5148	1789,15	2416,83
May-Jun	4652	5510	4652	5510	2183,98	2586,78
Jul-Ago	3719	9851	3719	9851	1745,96	4624,75
Sep-Oct	4061	12198	4061	12198	1906,52	5726,60
Nov-Dic	4144	13596	4144	13596	1945,48	6382,92
Total	25503	53541	25503	53541	11972,90	25135,91

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

Como se observa en la Tabla 23 la HH para la Facultad de Ingeniería por consumo de agua para el 2018 fue de 53.541 m³/año y para el 2019 fue de 25.135, 91 m³/año; generando así pues una este aumento de 110 % puede ser explicado por el aumento del consumo de agua en el segundo periodo del 2019 con respecto al de 2018 (Ver Gráfica 8).

Gráfica 8. Huella hídrica por consumo de agua potable para la Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá-Cundinamarca



Fuente. Autoría propia

Planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad

Tal como se describe en la metodología para la estimación de la HH gris de la PTAR se tuvo en cuenta el estudio realizado por la Sede Nueva Granada Campus Cajicá en el 2019, donde se establecieron los valores de los parámetros de calidad de agua que se presentan en la Tabla 24. El parámetro evaluado para este estudio fue la DBO₅, ya que la mayoría de los estudios considerados en la literatura ofrecen este parámetro como evaluador de la calidad de agua. Dado que el cuerpo receptor del efluente de la PTAR es el río Bogotá, se tomó como límite máximo permisible para

vertimientos lo establecido en la Resolución 0631 de 2015, la cual indica que para aguas residuales domésticas con vertimiento en cuerpos de aguas superficiales es de 50 mg/L para DBO₅. Por otro lado, se tomó la concentración natural del río Bogotá del tramo Tocancipá - Chía que es el correspondiente a la zona en que se ubica la Universidad, dicho valor es de 111 mg/L para DBO₅.

Tabla 24. *Parámetros de calidad del agua para DBO₅ de la PTAR Sede Campus Cajicá*

Parámetro	Valor
Caudal afluente (L/s)	6,11
Caudal efluente (L/s)	1,21
Concentración DBO ₅ afluente (mg/L)	64,1
Concentración DBO ₅ efluente (mg/L)	22,6

Fuente. Adaptado de (Bernal, 2020)

Haciendo uso de la Ecuación 6 y los parámetros establecidos en la tabla anterior, se calculó la huella hídrica gris para universidad en general y posteriormente para la Facultad de Ingeniería con base en el porcentaje que esta representa frente a la Universidad, los resultados obtenidos demostraron una HH de 88.419,90 m³/año. Según Hoeskstra *et al.*, (2010), si la HH gris calculada es menor al caudal de vertimiento a un cuerpo superficial, se considera que hay suficiente agua para asimilar la carga de los contaminantes; sin embargo, para este caso esto no se cumple, ya que

el caudal anual del efluente de la PTAR es de 38.158,56 m³/año. Lo anterior se puede explicar en que actualmente el río Bogotá recibe una fuerte carga de contaminación, debido a las diferentes industrias que se encuentran en la cuenca aguas abajo del tramo de la Universidad, por lo cual el río no se encuentra en las condiciones óptimas para diluir las cargas contaminantes que la institución vierte.

5.2.2. Huella hídrica indirecta

Análisis del consumo de papel

De acuerdo con la literatura Brasil es el principal exportador de pulpa de papel a nivel de Latinoamérica, siendo uno de los principales socios comerciales de este producto en Colombia. La HH de papel para impresión y escritura proveniente de Brasil es de 518,5 m³/ton (Van Oel y Hoesktra, 2012), por tanto, se empleó la Ecuación 7 teniendo en cuenta el valor del peso de papel usado durante los años 2018 y 2019 en las instalaciones de la Sede Campus Nueva Granada Cajicá-Cundinamarca y posteriormente se infirió cuanto es equivalente a la Facultad de Ingeniería para poder obtener así la huella hídrica del papel en los años de estudio (Ver Tabla 25).

Tabla 25. Cálculo de la huella hídrica del papel usados durante los años 2018 y 2019

Razón/Período	Consumo de papel en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella hídrica de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada			
	Total, gramaje en 2018 (ton)	Total, gramaje en 2019 (ton)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)
Papel Usado	6,387	5,706	3.311,7	2.958,6	102,44	91,52
Total	6,387	5,706	3.311,7	2.958,6	102,44	91,52

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

Los resultados obtenidos de HH por consumo de papel en la Sede Campus Nueva Granada de Cajicá (Cundinamarca), permitieron determinar los valores equivalentes de este mismo indicador exclusivos de la Facultad de Ingeniería de esta Sede, generando así pues una huella hídrica a nivel Facultad de 102,44 m³ para el 2018 y 91,52 m³ para el 2019. En relación con estos dos años se pudo denotar una disminución aproximadamente de la HH de 10,66%; lo cual se puede ver explicado en que los consumos de este producto bajaron en el último año evaluado.

Análisis del consumo de energía

Los consumos energéticos fueron estimados a partir de las facturas mensuales (Ver Tabla 26), tal como se describe en el caso de la HdC. Para el caso de la HH se tuvo en cuenta que, en

Colombia, la mayor parte de la energía proviene de las hidroeléctricas representando cerca del 16% del suministro de este servicio a nivel mundial. A pesar de esto no se han realizado estudios que indiquen la HH que se genera únicamente en su consumo por parte de una población, ya que la mayoría de estos se basan es en la transformación de agua a energía por parte de las hidroeléctricas.

Por lo tanto, para este estudio se consideró la HH de la energía ($389,82 \text{ m}^3/\text{año}$ por persona) y el consumo que genera una persona en Colombia al año (1.159 Kwh/año), a partir de esto se estimó que 1 Kwh tiene una HH de $0,33 \text{ m}^3/\text{año}$. Así pues, utilizando dicho valor como factor de caracterización y haciendo uso de la Ecuación 7, se estimó la huella hídrica para la Sede Campus Nueva Granada y posteriormente para Facultad de Ingeniería (alcance de interés).

En la Tabla 26 se presentan los resultados obtenidos para la evaluación de la HH, junto con los consumos de los años de estudio. En donde la hídrica para la Facultad de Ingeniería en los años 2018 y 2019 fue de $239.362,38 \text{ m}^3/\text{año}$ y $252.310,07 \text{ m}^3/\text{año}$, respectivamente, lo cual significó un aumento del 5,41% entre ambos años

Tabla 26. Cálculo de la huella hídrica del consumo de energía

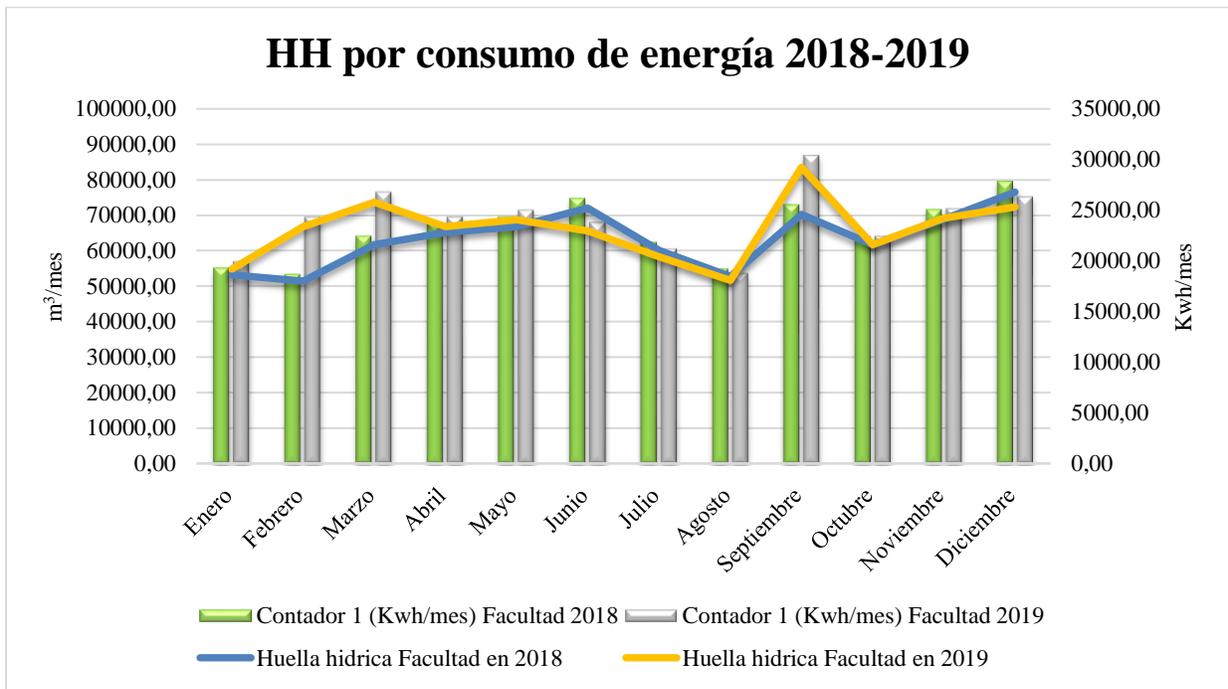
Razón/ Periodo	Consumo de energía en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella Hídrica en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella Hídrica de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	Contador I 2018 (kWh)	Contador I 2019 (kWh)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)
Enero	117800	121600	39621,05	40899,15	18600,91	19200,93
Febrero	114000	148200	38342,95	49845,84	18000,88	23401,14
Marzo	136800	163400	46011,54	54958,23	21601,05	25801,26
Abril	144400	148200	48567,74	49845,84	22801,11	23401,14
Mayo	148200	152334	49845,84	51236,27	23401,14	24053,91
Junio	159600	145258	53680,13	48856,32	25201,23	22936,59
Julio	133000	129200	44733,44	43455,34	21001,02	20400,99
Agosto	117000	114434	39351,98	38488,92	18474,58	18069,41
Septiembre	155800	185114	52402,03	62261,55	24601,20	29229,95
Octubre	136644	136800	45959,07	46011,54	21576,42	21601,05
Noviembre	152644	153346	51340,54	51576,65	24102,86	24213,70
Diciembre	169600	160428	57043,55	53958,62	26780,25	25331,97
Total	1.515.888	1.597.886	509856,31	537435,65	239362,38	252310,07

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

Los resultados obtenidos en la Tabla 26 se presentan en la Gráfica 9 para una mejor comprensión visual de estos; así, se encuentran los consumos mensuales energéticos con sus respectivas HH. Como se puede observar, los meses que presentan menos afluencia de personas,

por ejemplo, por temporada de vacaciones, cómo enero, junio y agosto el consumo de agua disminuye en comparación con los meses de actividad constante viéndose afectada de manera proporcional la HH para esta categoría.

Gráfica 9. Huella hídrica por consumo de energía Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá- Cundinamarca, para los años 2018 y 2019



Fuente. Autoría propia

Consumo de combustibles propios de la organización

Al igual que con la HdC se estimó la HH de los combustibles utilizados por la Facultad de Ingeniería Sede campus UMNG, para esto se hizo uso de los datos aportados por el ingeniero

Oscar Bernal (2020), estos se presentan en las Tablas 27 y 28; estos fueron multiplicados por las huellas hídricas que consume cada tipo de combustible en su uso. Es importante mencionar que para el caso del Diesel, el valor que se presenta en el Anexo 3 se da en unidades de energía consumida por galón de combustible (GJ/gal), sin embargo para realizar la conversión de unidades de GJ/gal a m³/gal se tomaron datos del estudio “The trade-off between carbon and water footprints of European Biofuels” (Berger et al., 2015) en donde se expone que por cada GJ de Diesel se consumen 0,032 m³ de agua.

En la Tabla 27 se evidencian los resultados obtenidos del cálculo de la huella hídrica consumida por el uso de vehículos a diésel propios de la Sede Campus Nueva Granada de Cajicá (Cundinamarca), además de los valores equivalentes para este mismo indicador para Facultad de Ingeniería de esta Sede. De este modo en el 2018 la HH total para la Facultad por uso de combustible Diesel fue de 7,34 m³ y para el 2019 de 4,79 m³, estos valores obtenidos permitieron inferir que a mayor consumo de combustibles de la Sede Campus Nueva Granada Cajicá la huella de la Facultad será mayor.

Tabla 27. Cálculo de la huella hídrica del consumo de combustible diésel

Razón/ Periodo	Consumo de combustibles en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella Hídrica en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella Hídrica de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	Diesel 2018 (gal)	Diesel 2019 (gal)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)
Enero	189	131,91	0,82	0,57	0,38	0,27
Febrero	236,7	144,43	1,02	0,63	0,48	0,29
Marzo	140,4	241,71	0,61	1,05	0,29	0,49
Abril	395,1	201,98	1,71	0,87	0,80	0,41
Mayo	306,9	271,19	1,33	1,17	0,62	0,55
Junio	287,1	151,85	1,24	0,66	0,58	0,31
Julio	87,3	181,55	0,38	0,79	0,18	0,37
Agosto	129,6	168,2	0,56	0,73	0,26	0,34
Septiembre	459,9	318,24	1,99	1,38	0,93	0,65
Octubre	300,6	316,35	1,30	1,37	0,61	0,64
Noviembre	538,2	182,28	2,33	0,79	1,09	0,37
Diciembre	538,2	46,2	2,33	0,20	1,09	0,09
Total	3.609	2.355,89	15,63	10,20	7,34	4,79

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

En la Tabla 28 se evidencian los resultados obtenidos del cálculo de la huella hídrica consumida por el uso de vehículos a gasolina propios de la Sede Campus Nueva Granada de Cajicá (Cundinamarca), además de los valores equivalentes para este mismo indicador para Facultad de Ingeniería de esta Sede. Para el caso de los vehículos que utilizan gasolina como combustible, se

adoptaron los valores de la WFN que indican que “un galón de gasolina requiere de tres a seis galones de agua para su producción”, esto en promedio equivale a 0,017 m³/gal. Por lo tanto, haciendo uso de la Ecuación 7 se determinó que la huella hídrica para los vehículos que utilizan gasolina como combustible en los años 2018 y 2019 fue de 11,45 m³ y 6,24 m³, respectivamente.

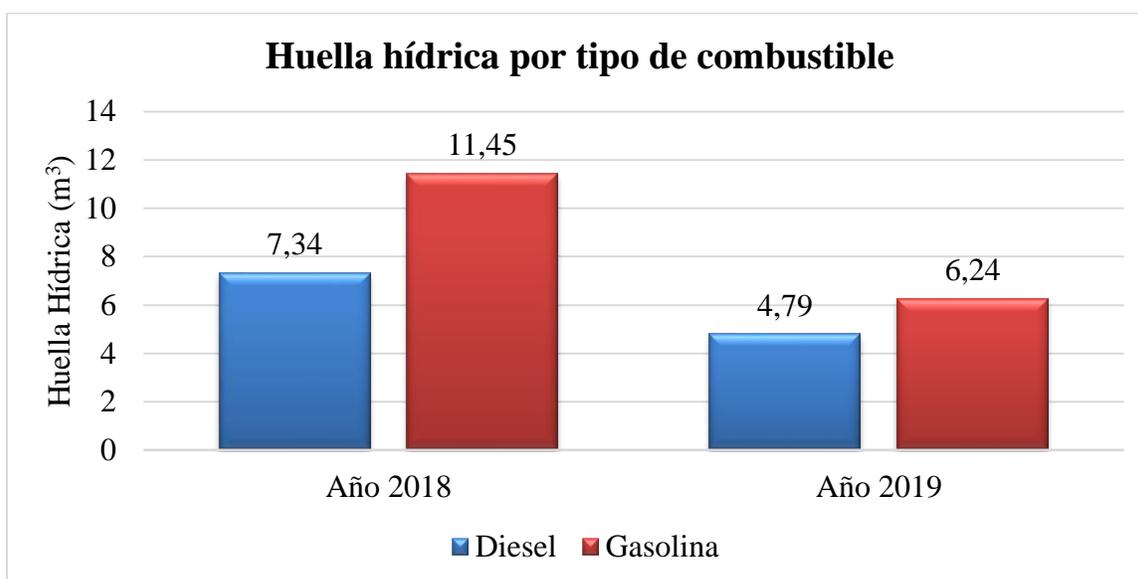
Tabla 28. *Cálculo de la huella hídrica del consumo de combustible gasolina*

Razón/ Periodo	Consumo de combustibles en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella hídrica en la Sede Campus Nueva Granada Cajicá		Huella hídrica de la Facultad de Ingeniería Sede Campus Nueva Granada	
	Gasolina 2018 (gal)	Gasolina 2019 (gal)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)	HH en 2018 (m ³)	HH en 2019 (m ³)
Enero	273,24	63,77	4,65	1,08	2,18	0,51
Febrero	124,2	143,17	2,11	2,43	0,99	1,14
Marzo	152,72	58,79	2,60	1,00	1,22	0,47
Abril	129,72	59,6	2,21	1,01	1,04	0,48
Mayo	170,2	41,83	2,89	0,71	1,36	0,33
Junio	117,76	57,7	2,00	0,98	0,94	0,46
Julio	22,08	63,3	0,38	1,08	0,18	0,51
Agosto	22,08	35,16	0,38	0,60	0,18	0,28
Septiembre	89,24	39,16	1,52	0,67	0,71	0,31
Octubre	49,68	56,22	0,84	0,96	0,40	0,45
Noviembre	186,76	65,88	3,17	1,12	1,49	0,53
Diciembre	97,52	97,52	1,66	1,66	0,78	0,78
Total	1.435,2	782,1	24,40	13,30	11,45	6,24

Fuente. Autoría propia, información obtenida de (Bernal,2020)

En la Gráfica 10 se presenta la comparación de las huellas hídrica total para los años de 2018 y 2019 por cada uno de los tipos de combustibles empleados por los vehículos de la Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá- Cundinamarca; en donde la HH total de combustibles para el 2018 fue de 18,79 m³/año y para el 2019 fue de 11,03 m³/año.

Gráfica 10. *Huella hídrica total por tipo de combustible para los años 2018 y 2019*



Fuente. Autoría propia

Consumo de alimentos

La huella hídrica para el consumo de alimentos fue determinada a partir de la misma encuesta previamente descrita para el cálculo de la huella de carbono; de igual manera se tienen en cuenta los parámetros estadísticos que se observan en la Tabla 10. En la Tabla 29 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la HH por consumo de alimentos.

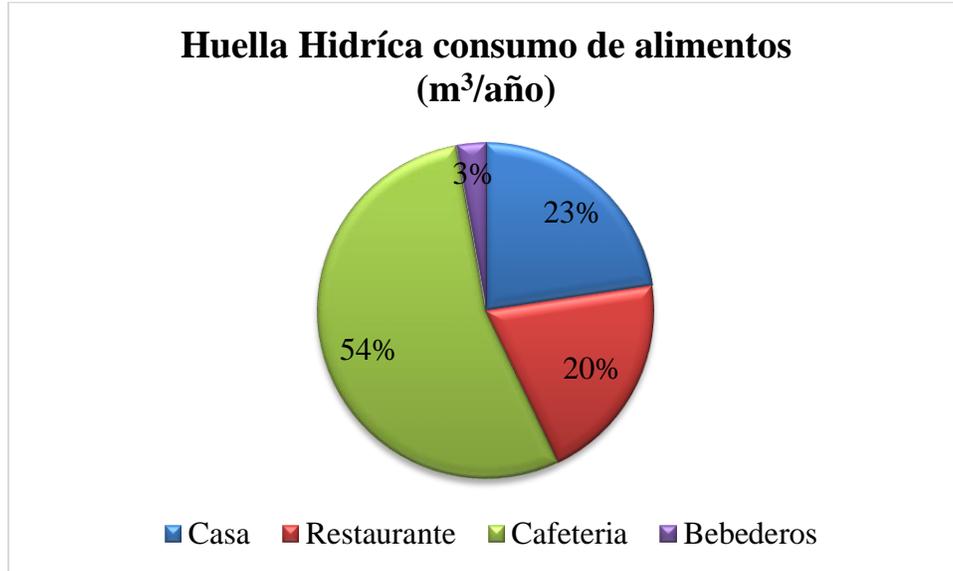
Tabla 29. Huella hídrica por consumo de alimentos en la Facultad de Ingeniería

Sección/ Programa	Huella hídrica total por consumo de alimentos (m ³ /año)				
	Casa	Restaurante	Cafetería	Bebederos	Total
Ingeniería Ambiental	69.995,08	38.233,04	191.686,41	2.535,68	302.450,20
Ingeniería Biomédica	20.558,28	24.269,51	40.962,27	2.671,98	88.462,04
Ingeniería Civil	39.908,36	39.305,82	76.471,29	7.000,15	162.685,62
Ingeniería Industrial	8.182,40	8.914,58	20.452,26	1.280,79	38.830,03
Ingeniería Multimedia	14.645,76	32.845,01	36.324,03	4.946,48	88.761,27
Ingeniería Mecatrónica	8.725,85	209,58	23.265,52	1.810,77	34.011,71
Maestría en Gerencia de Proyectos	1.623,58	3.192,10	3.789,73	43,92	8.649,33
Total	163.639,31	146.969,63	392.951,51	20.289,76	723.850,21

Fuente: Autoría propia

En la Gráfica 11 se presenta la huella hídrica en porcentaje para cada una de las cuatro zonas de consumo de alimentos evaluadas por parte de los miembros de la Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá- Cundinamarca, frente a la huella de carbono total que es de 723.850,21 m³/año.

Gráfica 11. Huella hídrica por porcentaje del consumo de alimentos en las zonas evaluadas



Fuente. Autoría propia

Los resultados obtenidos para la huella hídrica por consumo de alimentos muestran que la cafetería aporta la mayor huella hídrica, con un 54 % aproximadamente a la huella hídrica total, porcentaje que hace referencia al 392.951,51 m³/año. Los alimentos traídos desde casa se encuentran en segundo lugar con un aporte de huella hídrica de 163.639,31 m³/año, lo que representa un 23% a la HH total. Seguido de este, los productos adquiridos en el restaurante de la universidad se encuentran en el tercer lugar consumiendo anualmente 146.969,63 m³, equivalente al 20% de la huella hídrica total del consumo de alimentos. Finalmente, los bebederos al igual que en la huella de carbono son los que menor huella hídrica aportan, pues tan solo el 3% de la huella hídrica total corresponde a esta zona de estudio con un valor de 20.289,76 m³/año.

Ahora bien, para categorizar cuales actividades generaron mayor HH por estudiante se evaluaron los rangos que se presentan en la Tabla 30, dichos intervalos se seleccionaron a partir de la estadística descriptiva que se evidencia en el Anexo 2.

Tabla 30. *Descripción estadística de HH para el consumo de alimentos en la Facultad de Ingeniería*

Intervalos		
Límite Inferior (m³/año)	Límite Superior (m³/año)	Frecuencia (Personas)
0	1616,90	172
1616,91	3233,82	107
3233,83	4850,73	49
4850,74	6467,65	12
6467,66	8084,56	7
8084,57	9701,48	3
9701,49	11318,39	2
11318,40	12935,31	0
12935,32	14552,22	1

Fuente: Autoría propia

Según los intervalos establecidos en la Tabla 30, la gran mayoría de los miembros de la Facultad encuestados presentan una HH que se encuentra entre los rangos más bajos evaluados, es decir de 0 m³/año a 1.616,90 m³/año, la principal característica que se evidencia en este rango es que ellos no consumen ningún producto de las instalaciones de la universidad (restaurante y cafeterías), sin embargo para el caso de los bebederos si hay un consumo muy mínimo por lo cual el aporte por

esta zona es bajo debido a que los volúmenes de agua consumidos son menores frente a las demás zonas de la universidad.

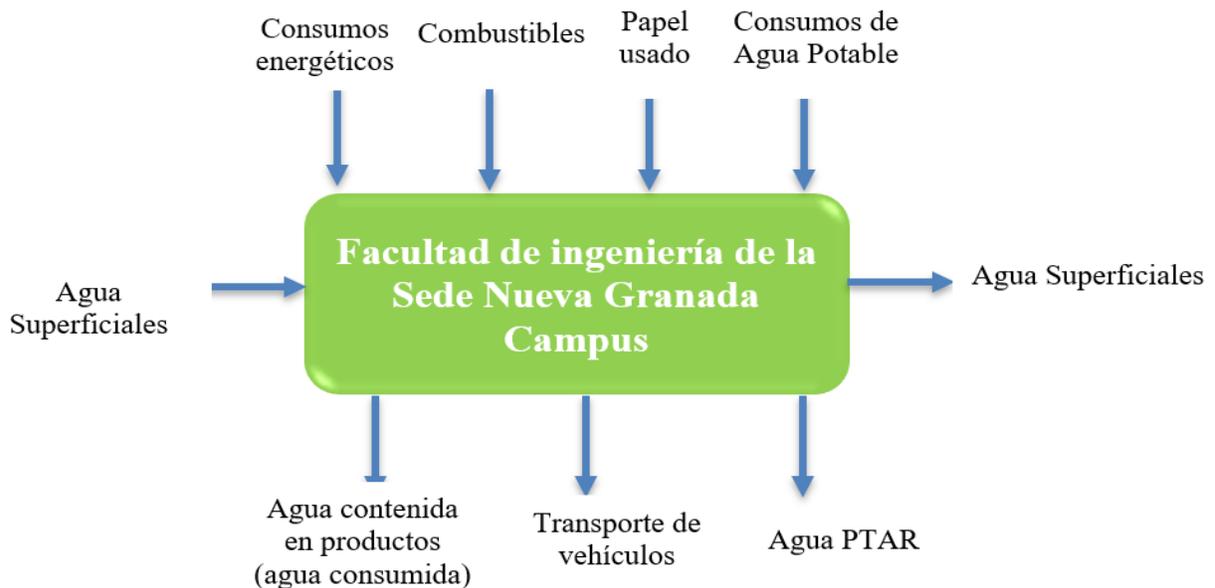
En segundo lugar, se encuentran 107 miembros de la Facultad que consume entre 1.616,91 m³/año y 3.233,82 m³/año, en donde los principales alimentos que se consumen en este rango son los productos cárnicos, lácteos, los carbohidratos y algunas harinas, los cuales a su vez son los que mayores huellas hídricas tienen. De igual manera estos productos son adquiridos en las cuatro zonas evaluadas en este estudio (casa, restaurante, cafeterías y bebederos), sin embargo, son consumidos pocas veces en la semana y por ende en el año, generando así una baja huella hídrica.

En la Facultad hay 49 personas que generan entre 3.233,83 m³/año y 4.850,73 m³ /año, este rango se caracteriza por los productos que consumen son aquellos que generan una alta huella hídrica por ejemplo productos cárnicos, bebidas azucaradas y productos empacados. Por otra parte, los gastos de agua que se encuentran dentro de un intervalo de 4.850,74 m³/año y 6.467,65 m³/año se diferencian de los rangos anteriores en las altas cantidades de consumo de dichos productos. Finalmente, en los últimos rangos estimados no se encuentra gran cantidad de población, por ello sus aportes a la huella hídrica total por consumo de alimentos es inferior frente a los anteriores rangos evaluados.

5.2.3. Huella hídrica total

A continuación, se presentan las entradas y salidas tenidas en cuenta para la contabilización del balance hídrico de la Facultad de Ingeniería. Por lo cual se tiene en cuenta las principales fuentes de consumo que la Facultad utiliza para el abastecimiento de agua potable junto con los demás bienes y servicios que se han evaluado a lo largo de este estudio. Cabe mencionar que estos aspectos son lo que la Facultad utiliza de forma directa e indirecta (Ver Figura 16).

Figura 16. Balance hídrico para la Facultad de Ingeniería Sede Nueva Granada Campus Cajicá- Cundinamarca



Fuente. Autoría propia

El valor total de la huella hídrica para la Facultad de Ingeniería en este estudio se determinó a partir de los consumos de agua en esta, es decir, cadena de suministro (Indirecta) y cadena

operacional (Directa), tal como se evidencia en la Ecuación 5. Así mismo, se tuvieron presente los dos tipos de huella hídrica que abarca el alcance del estudio, los cuales fueron HH azul y HH gris, en donde esta última sólo representa la HH que se generó en la PTAR, las demás categorías evaluadas corresponden a la Huella hídrica azul algunos por consumo directos e indirectos. Una vez obtenidos los valores de las huellas hídricas para cada una de las categorías evaluadas, se compilaron los resultados del último año (2019) como se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Huella hídrica para el 2019 por categoría evaluada

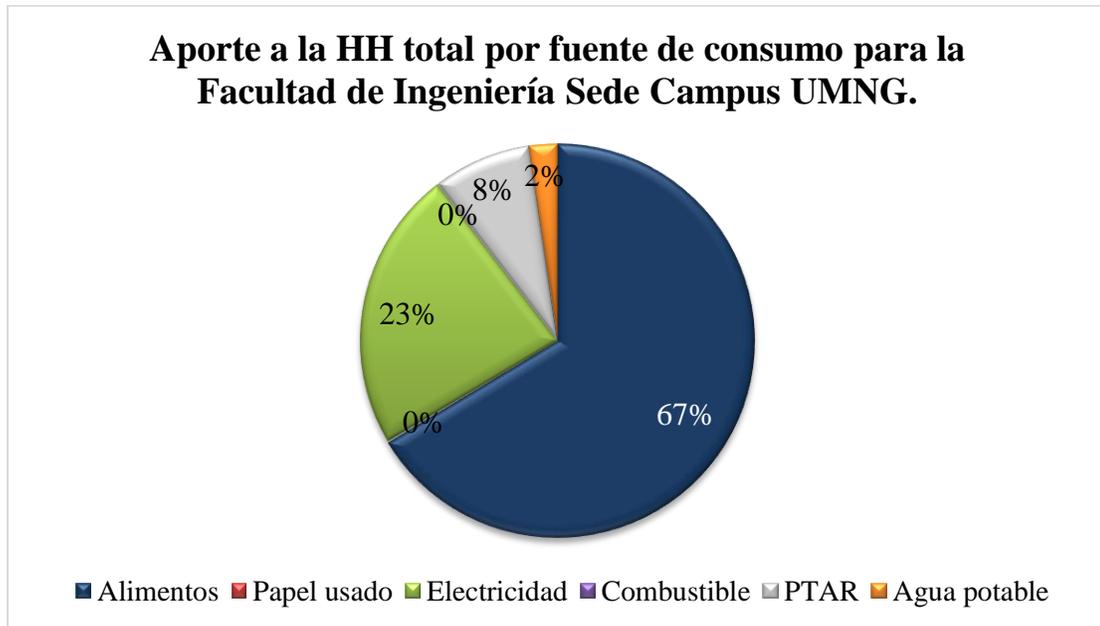
Tipo de HH	Categoría	HH (m ³) año 2019	
		Universidad	Facultad
	Alimentos	-	723,850,21
HH indirecta	Papel usado	2958,56	91,52
	Electricidad	537435,65	252.310,07
	Combustible	23,50	11,03
HH directa	PTAR	188339,71	88419,8975
	Agua Potable	53541	25135,9082
HH total		1.089.818,6	

Fuente. Autoría propia

De acuerdo con la Tabla 31 la HH total para la Facultad de Ingeniería en el 2019 fue de 1.089.818,6 m³, de los cuales 89,58 % corresponde a la HH indirecta y tan solo el 10,42% a la HH directa. De esta la huella hídrica indirecta el 66,42% y el 23,15% hacen referencia al consumo de

alimentos y a la energía respecto a la huella hídrica total; ahora bien, como se observa en la Gráfica 12 para los casos de consumo de papel y uso de combustibles de los transportes de la Universidad la suma de sus huellas hídricas no logran ni siquiera el 1% de la HH total de la Facultad, una de sus posibles razones es la poca cantidad de papel que se utiliza (respecto a los otros valores evaluados) y el bajo factor de emisión que presenta el combustible desde el punto de vista del alcance del estudio. Por otro lado, las fuentes de consumo de agua de la huella hídrica directa solo representan el 8,1% del agua de la PTAR y el 2,3% el gasto de agua potable respecto a la HH total de la Facultad.

Gráfica 12. *Huella hídrica porcentual por fuente de consumo de agua*



Fuente. Autoría propia

5.3. Alternativas para la reducción de huella carbono y huella hídrica

Una vez identificadas, categorizadas y calculadas las emisiones de CO₂ y los consumos de agua que resultan de las actividades del personal de la Facultad, se plantearon una serie de estrategias dentro de un plan de mitigación y compensación para la reducción de la Huella de carbono y la huella hídrica.

Para el caso de la HdC los indicadores que más emisiones generaron fueron el del consumo de agua (Alcance I), alimentos (Alcance II) y transporte (Alcance III) con un porcentaje de 37.04%, 21,92% y 33,56% respectivamente, para el valor total de HdC de la Facultad. En el caso de HH, las categorías que mayor aporte presentaron fueron: alimentos, que contribuye con el 66,34 % de la HH total y la electricidad con un 23,12%. Ahora bien, como se explicó en los resultados, los valores tanto para HdC como para HH estimados en este estudio se ven afectados directamente por los consumos de sus dependientes categorías, por lo que vale la pena mencionar que la mayoría de estas estrategias están direccionadas a la reducción de dichas actividades que mayores emisiones de gases y consumos de agua generan para cada uno de los indicadores.

Consumo de alimentos

En primera instancia se debe hacer un llamado al personal de la Facultad sobre los alimentos que consumen, con el propósito de que disminuyan principalmente el consumo de productos de origen animal, ya que estos productos requieren de un mayor gasto de agua para su producción y generan mayores emisiones de GEI.

Con relación a los alimentos adquiridos dentro de las instalaciones de la Universidad, la institución debe optar por incluir más productos de origen vegetal dentro de los menús de las cafeterías y restaurantes; ya que estos dos sitios son controlados directamente por la organización. De igual manera se recomienda la adquisición de productos locales, a fin de reducir las emisiones que se generan en el transporte de estos hacia la Universidad.

Electricidad

La electricidad, en cuanto a la HdC tan solo aporta el 1,75% al valor total, sin embargo, para el caso de la HH este servicio contribuye con el 23% de la huella total. Por lo tanto, para ambos casos se proponen estrategias elementales como lo son desconectar los aparatos electrónicos cuando no se estén utilizando y apagar las luces de las oficinas de la Facultad una vez terminada la jornada o incluso debido a la iluminación de los edificios donde se encuentran estas instalaciones, no hacer uso frecuente de la energía sino es necesaria. Otras alternativas que ya requieren de una mayor inversión son la compra de equipos (computadores, impresoras, televisores, entre otros) con sistemas de ahorro de energía para la Facultad de Ingeniería.

Uno de los puntos en los que se quiere hacer énfasis en esta alternativa es que para que estas acciones “elementales” funcionen óptimamente deben haber encargados que se realicen un control en cada instalación; de este modo nace otra de las alternativas propuestas: Crear un equipo en la Facultad (o universidad en el mejor caso) que se encargue de establecer todas las normas y

directrices para alcanzar las metas de sostenibilidad y adaptación al Cambio Climático expuestas en documento para la UMNG.

Finalmente, si bien es cierto que la universidad cuenta con fuentes de energía renovables para la disminución del consumo energético por fuentes no renovables, no lo hace al 100% y muy probablemente los pocos generadores de energía sostenible en nuestra universidad (paneles solares), carecen del mantenimiento y correcto manejo para su uso eficiente. De este modo se propone hacer uso adecuado de esta fuente de energía, además de la implementación de nuevos sistemas colectores y búsqueda de otras fuentes (energía eólica), ya que las instalaciones del campus lo permiten, a fin de que se puedan cubrir con el 100 % del requerimiento energético de nuestras instalaciones.

Transporte

Una de las principales causas de las altas emisiones de CO₂ por el transporte, es que la Universidad se encuentre a las afueras de Bogotá D.C., exactamente a 26,8 Km de distancia de la zona urbana de esta; por lo que una alta población de estudiantes de la universidad que vive en la ciudad debe recorrer un mayor trayecto que una persona que vive en un municipio aledaño a la universidad, así pues, sus emisiones para la HdC serán mayores.

El Carpooling “es la práctica de compartir el uso de un automóvil por dos o más personas, generalmente para viajar juntos durante las horas pico hacia el trabajo o un centro educativo”

(Conesa *et al.*, 2012). Es por esto que se propone a la Facultad y por lo tanto a la Universidad implementar un programa en donde los miembros que lleven activamente sus vehículos presten el servicio de transporte para su mismo personal, en donde todo sea supervisado por la institución (vigencias de pases de conducción y soat activo) por medio de encuestas previas; posterior a la identificación de los prestadores, por aplicaciones como WhatsApp o Telegram se realizará la inscripción tanto para el conductor como el pasajero, (datos personales y vehiculares, ruta y punto de encuentro), para ello se espera que por lo menos el 80% de las Facultad cuente con el link de ingreso a los grupos de las apps. Así se espera reduzcan las emisiones al disminuir la cantidad de vehículos transitando.

Otra de las alternativas planteadas en este aspecto es incentivar el uso de bicicletas en los estudiantes que viven principalmente en el municipio de Cajicá, según la Cámara de comercio de Bogotá “montar en bicicleta ahorra 1,5 Kg. de CO₂ emitidos al día a la atmósfera por cada 5 Km”. Además de la realización de campañas de divulgación y promoción de “Movilidad segura con el uso de bicicleta” algunos de los incentivos pueden ser la aplicación de descuentos en el costo de la matrícula anualmente.

Consumo de agua

Los usos de agua por parte del personal de la Facultad es el cuarto parámetro contribuyente a la HH, por lo cual algunas de las estrategias que se proponen como medidas compensatorias y reductoras buscan una colaboración por parte del Sistema de Gestión Ambiental de la universidad

y las directivas de la Facultad. La primera alternativa es la difusión de información sobre el manejo adecuado del recurso hídrico por medio de carteles, afiches e infografías a través de los correos institucionales, en donde se especifiquen algunas medidas básicas como lo son el cierre de grifos, descargue innecesario de los sanitarios y uso controlado del agua de los bebederos de la institución. Además, se propone a las directivas de la Facultad y de cada programa, realizar charlas educativas sobre la protección de los recursos naturales como principal fuente de abastecimiento, a fin de generar conciencia ambiental en todo el personal de la Facultad.

Otras alternativas:

Si bien la generación de residuos no fue uno de los mayores emisores de CO₂, se espera que la UMNG en veras de ser una universidad sostenible con el ambiente y su comunidad, realice todo tipo de acciones para prevenir y minimizar sus desechos, de este modo se proponen realizar campañas de sensibilización para primeramente prevenir la generación de residuos y posteriormente realizar un adecuado reciclaje.

En la universidad Santo Tomás, Sede Aguas claras Villavicencio se propone un programa denominado “La USTA Villavicencio recicla”, en el cual quien participe obtiene puntos que al acumularse pueden ser redimidos en las cafeterías, papelerías, restaurantes y parqueaderos de la universidad: “una persona de servicios generales es la encargada de recibir el material y realizar el respectivo registro de los puntos con el número de cédula del usuario, cada botella entregada será igual a 1 punto y con la acumulación de varios puntos podrá acceder a diferentes descuentos”

(Carrillo & Rivera, 2020). Este programa se puede implementar en la Facultad con la ayuda del Equipo de Estudios de Sostenibilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Universidad Militar Nueva Granada (alternativa planteada anteriormente), así se estima que la reducción de emisiones es de 1,5 kg CO₂ por kg reciclado (Carrillo & Rivera, 2020).

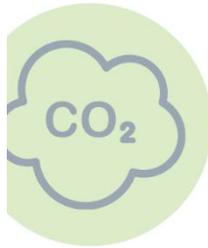
De igual manera es importante que todo el personal de la Universidad en general conozca en qué consiste los indicadores de huella de carbono y huella hídrica, con el propósito de que aporten con las soluciones para la disminución de emisiones de GEI y uso adecuado del agua. A continuación, se presentan dos infografías ejemplo en donde se definen estos dos indicadores junto con las medidas de mitigación, compensación y reducción para cada uno de ellos (Ver Figura 17); se espera trabajar de la mano con la Universidad para fomentar espacios en donde se pueda brindar esta información además de mesas de socialización para gestionar documentos de este tipo (fácil entendimiento para el lector).

Finalmente, las alternativas de mitigación y compensación que se proponen para disminuir la huella de carbono y la huella hídrica de la Facultad de Ingeniería y de la Universidad en general se pueden evidenciar de forma resumida en la Tabla 32. Así mismo es de suma importancia que estas estrategias sean llevadas a cabo para la reducción oportuna de estos dos indicadores en los próximos años.

Figura 17. *Infografías medidas de mitigación, compensación y reducción de la HdC y HH*

HUELLA DE CARBONO

¿Qué es? *Cómo se mide?*
 Para qué se mide?
 Cómo disminuir mi HdC?



¿QUÉ ES?

Indicador que busca cuantificar la cantidad de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (directas e indirectas), medidas en emisiones de CO2 equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades humanas

¿CÓMO SE MIDE?

Se determinan todas las actividades que generan gases efecto invernadero (GEI), llevando a cabo un inventario de estos. Posteriormente se cuantifican dichas actividades con base en los hábitos de consumo.



PARA QUÉ SE MIDE?

La medición de la huella de carbono permite a las personas y organizaciones conocer realmente la cantidad de GEI que generan para implementar estrategias de reducción que contribuyan a un la mitigación del cambio climático

REDUCIR MI HUELLA DE CARBONO

- Dile sí al deporte: promueve la movilidad sostenible (bicicleta, patines, patineta), camina lo mas que puedas.
 - Comparte tu viaje hacia la universidad con otros compañeros cuando vengas en tu vehículo.
 - Evita los envases de plástico de un solo uso, ¡RECICLA!
 - Reduce tu consumo de carne.
 - Reduce tu consumo de agua, se eficiente con los recursos.
 - Planta un árbol.
- SON ALGUNAS DE LAS ALTERNATIVAS QUE PUEDES TOMAR



¡DISMINUYE TU HUELLA HÍDRICA!

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN

Los principales factores que aumentan la HH en la institución son el consumo de productos (alimentos) y el uso de la electricidad.

Uso de electricidad

- Energías Alternativas (paneles solares)
- Equipos con sistemas de ahorro de energía
- Uso adecuado de los equipo eléctricos, apagarlos siempre si no están en uso
- No hacer uso frecuente de la energía sino es necesaria

Consumo de alimentos

- Productos de origen vegetal
- Adquisición de productos locales
- Implementación de la economía circular

DISMINUCIÓN HUELLA HÍDRICA UMNG

Una universidad para todos y en pro del medio ambiente, ayúdanos a disminuir tu aporte a la huella hídrica

BIOENERGIA
Energía Renovable, Biogas

BIOPRODUCCIÓN
Bioplásticos, Biomateriales, Ingredientes Alimentarios

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Gestión de Residuos
- Aprovechamiento residuos orgánicos
- Minimizan impactos ambientales
- Disminución de la contaminación marina
- Conservación de la diversidad

IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Es un sistema cerrado de aprovechamiento de recursos donde prima la reducción de los elementos

PRINCIPIOS
Residuos=Recursos

- Reutilización
- Reciclaje
- Reparación

Energías Renovables

Fuente. Autoría propia.

Tabla 32. Estrategias de mitigación y compensación propuestas para la disminuir la HdC y la HH. Continuación en las siguientes páginas.

Aspecto	Medida estratégica	Objetivo	Acciones propuestas	Indicadores
Agua potable	Uso racional del recurso hídrico que se suministra a la universidad	Ahorro del agua en las actividades académicas del personal de la Facultad	<ul style="list-style-type: none"> • Informar a la comunidad neogranadina por medio de blogs informativos e infografías sobre el uso eficiente del recurso hídrico con ayuda del Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad. • Realizar capacitaciones trimestrales que ayuden a concientizar a la comunidad sobre el impacto a las fuentes hídricas que cada actividad académica aporta; estas serán realizadas con la colaboración de los docentes de la Universidad conocedores del tema, si es posible se invitará a docentes externos. Las capacitaciones pueden realizarse de manera presencial o virtual para cubrir una mayor población. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación (%) entre el N° de visitas a los blogs informativos y el N° de miembros de la Facultad de Ingeniería. • Relación (%) entre el N° de miembros de la Facultad que participan en las capacitaciones y el N° de miembros de la Facultad de Ingeniería.

Continuación Tabla 32.

Aspecto	Medida estratégica	Objetivo	Acciones propuestas	Indicadores
Residuos	Gestión adecuada	Reducir la generación de residuos	<ul style="list-style-type: none"> Desde la Facultad se debe incentivar más a la comunidad sobre la participación en las campañas de sensibilización que realiza la Universidad con el fin de prevenir la generación de residuos y facilitar a los trabajadores del Centro de Acopio la separación de estos. Implementar programas de reciclaje y aprovechamiento en las instalaciones de la universidad, en donde los miembros de esta obtengan puntos que al acumularse pueden ser redimidos en las cafeterías, papelerías, restaurantes y parqueaderos de la institución. 	<ul style="list-style-type: none"> Generación de residuos per cápita. % de reúso de residuos orgánicos en la institución
Alimentos	Gestión de alimentos de menor impacto ambiental.	Disminuir el consumo de productos que tienen un alto impacto.	<ul style="list-style-type: none"> Incluir más productos de origen vegetal dentro de los menús de las cafeterías y restaurantes; ya que estos dos sitios son controlados directamente por la organización. Adquisición de productos locales con el propósito de disminuir los trayectos del transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> Información nutricional. Tipos de dietas.

Continuación Tabla 32.

Aspecto	Medida estratégica	Objetivo	Acciones propuestas	Indicadores
Transporte	Transportes más sostenibles	Minimizar el uso de transportes públicos y privados para la disminución de los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar el Carpooling a través de informar a la comunidad sobre esta técnica amigable y sostenible con el ambiente. • Implementar un programa en donde los miembros que lleven activamente sus vehículos presten el servicio de transporte para su mismo personal, en donde todo sea supervisado por la institución. Esto a través de plataformas Online como WhatsApp y Facebook. • Estimular el uso de transportes sostenibles, principalmente con la comunidad que vive en municipios aledaños a la Universidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación del Número de personas de la Facultad que usan vehículos inscritos al programa de transporte supervisado por la institución y el Numero de vehículos suscritos. • % de miembros de la Facultad que utilizan medios alternativos de transporte (vehículos verdes de propiedad privada, bicicleta, caminando).

Continuación Tabla 32.

Aspecto	Medida estratégica	Objetivo	Acciones propuestas	Indicadores
Energía	Uso adecuado de los equipos e instalaciones de altos consumos de energía.	Disminuir el consumo de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer un uso eficiente de la energía de las instalaciones de la Facultad, apagando las luces que no son utilizadas y desconectando equipos electrónicos que no estén en uso. • Compra de equipos con sistemas de ahorro de energía para la Facultad de Ingeniería • Crear un equipo en la Facultad que se encargue de establecer todas las normas y directrices para alcanzar las metas de sostenibilidad y adaptación al Cambio Climático • Evaluar el rendimiento de los paneles solares con los que cuenta la universidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del consumo de energía según el valor promedio mensual.

Fuente. Autoría propia

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

A lo largo de este estudio se ha podido evidenciar que todas las actividades que el ser humano realiza tienen un impacto sobre el ambiente; cuantificar la huella de carbono y la huella hídrica permite evaluar e identificar medidas para controlar y mitigar el impacto de dichas actividades. Esta es la razón por la que se evaluaron estos indicadores en el año 2019 para la Facultad de Ingeniería, de modo que sean utilizados como herramientas en la toma de decisiones en el área ambiental.

Debido a la situación mundial que se atraviesa desde principios del 2020 (pandemia SARS-CoV-2 - COVID-19), los datos se tomaron con base en el último año de actividades académicas presenciales. A partir de esto se obtuvo que la emisión de huella de carbono resultó en un valor de 4.946,95 Ton CO₂ eq / año, y en cuanto a la huella hídrica los consumos de agua fueron de 1.089.818,6 m³ al año (ambas con una incertidumbre del 5%, porcentaje estrechamente relacionado con la cantidad existente de datos y la incertidumbre propia de los factores). Con los resultados obtenidos se concluye que:

1. A partir del inventario de emisiones realizado, se determinó que las actividades que más CO₂ generaron fueron: el transporte de personal desde y hacia la universidad tomando la vivienda como punto de referencia, el uso de agua potable (ocasionado por las múltiples actividades que el

personal de la Facultad realiza en su estancia en la universidad) y el consumo de alimentos de sus individuos.

2. Las fuentes de emisión que mayor huella de carbono presentaron fueron las asociadas al consumo de agua potable (alcance II), movilidad de la comunidad (alcance III) y consumo de alimentos (alcance III), los cuales resultaron en 1.834,92 Ton CO₂ eq, 1.662,69 Ton CO₂ eq y 1.086,14 Ton CO₂ eq respectivamente para el 2019; aportando entre estos tres aspectos más del 90% frente a la huella de carbono total.

3. La estimación de la huella hídrica de la Facultad se determinó con base en los consumos directos e indirectos de agua, los cuales resultaron en 113.555,81 m³ y 976.262,86 m³ respectivamente para el 2019; en este caso, los consumos más representativos fueron dados por los alimentos y la electricidad ya que a que son dos fuentes principales de bienes y servicios que consumen grandes cantidades de agua en sus usos y adquisiciones.

4. Es de gran importancia incluir las estrategias de minimización que se presentan en el documento, con lo que se espera, se reduzcan las emisiones de CO₂ y los consumos de agua por las actividades que la Facultad realiza a fin de lograr una reducción de la HdC y la HH respectivamente en los próximos años. Cabe mencionar que en este trabajo se presentaron medidas correctoras que plantean acciones de ahorro y uso adecuado de los bienes y servicios.

Por lo anterior, la mayor parte de huella de carbono y huella hídrica se debe a las actividades académicas de todos los miembros de la Facultad entre las cuales los aspectos que ambos indicadores tuvieron en común y que aportaron un valor representativo en cada una de ellas fueron el consumo de alimentos y el uso de transporte. Es importante mencionar que este estudio no tuvo en cuenta en gran medida las actividades de investigación, ya que en estas no colaboran únicamente miembros de la Facultad sino también personal externo a esta (profesores invitados, estudiantes de otras Facultades, entre otros). Así pues, los valores de HdC y HH mencionados anteriormente, permiten conocer el valor aportado por la Facultad e inferir que el valor que genera cada miembro de la Facultad es de aproximadamente 2,13 Ton CO₂ eq/año y 469,34 m³/año, respectivamente.

En definitiva, la cuantificación de estos dos indicadores permite dar una primera revisión sobre los impactos que la Facultad de Ingeniería está generando en el ambiente. Así pues, con los resultados obtenidos a través del cálculo de los indicadores de HdC y HH se demuestra que la universidad en general debe empezar a implementar estrategias que aporten a la búsqueda de soluciones a favor del ambiente. Estas estrategias están encaminadas a la reducción en cada uno de los aspectos más relevantes tenidos en cuenta en este estudio, dentro de los cuales se encuentran la determinación de los equipos, instalaciones y zonas de alto consumo, uso eficiente del recurso hídrico, identificación de los productos de mayor consumo, uso transportes sostenibles e identificación de las actividades que mayor cantidad de residuos generan.

Así mismo se concluye que Colombia y en general países en vía desarrollo requieren de más investigación en la temática de sostenibilidad; por ejemplo, para la determinación de los dos indicadores (HH y HdC) fue importante recopilar una extensa lista factores de caracterización, que en muchos casos no se encuentran a nivel nacional, a su vez estos factores dependen de hábitos culturales, por lo tanto son muy cambiantes entre las regiones, así los esfuerzos del país deben ser redireccionados hacia la educación e investigación en temáticas ambientales para cumplir con los compromisos de desarrollo sostenible.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que se realicen investigaciones que permitan minimizar el aporte de huella de carbono y huella hídrica que la universidad genera, con el objetivo de que en futuros años se pueda llegar a obtener una universidad 100% sostenible.

Por otra parte, se aconseja que para futuras investigaciones se tengan en cuenta los sumideros de carbono y la disminución de emisiones con las medidas de mitigación, para así obtener un valor más acorde a la realidad.

De igual se recomienda optar por estrategias para involucrar a todo el personal de la Facultad en temas de sostenibilidad ambiental; según la experiencia vivida se presentó una baja participación en el diligenciamiento del formulario para la determinación de los dos indicadores, hacemos énfasis en esta experiencia debido a que es de gran importancia que los miembros de la

Facultad y de la universidad se involucren en estas actividades ya que sin su apoyo no se lograrán las metas esperadas.

Se propone a la Facultad y a la universidad en general, crear una base de datos con las diferentes actividades que se llevan a cabo en la universidad (no sólo las académicas), bienes y servicios que generen un impacto sobre el ambiente, con el fin de que esta sea un apoyo para la determinación de indicadores de sostenibilidad ambiental.

REFERENCIAS

Acciona. (2020). ¿Qué es el desarrollo sostenible? Obtenido de <https://www.acciona.com/es/desarrollo-sostenible/#:~:text=La%20sostenibilidad%20es%20el%20desarrollo,ambiente%20y%20el%20bienestar%20social>.

Aec. (2020). Gestión del agua. <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-del-agua>

Agranada, N. (2019). INFORME DE MUESTREO DE INFORME DE MUESTREO DE PARA LA SEDE CAMPUS NUEVA GRANADA.ChemiLab

Allan, J.A. (1993). Fortunately, there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. En: ODA, Priorities for water resources allocation and management, ODA, London. p. 13-26.

Benavides, H. O. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. Ideam, 1–102. <https://doi.org/IDEAM-METEO/008-2007>

Berger, M., Pfister, S., Bach, V., & Finkbeiner, M. (2015). Saving the planet's climate or water resources? The trade-off between carbon and water footprints of European biofuels. *Sustainability* (Switzerland), 7(6), 6665–6683. <https://doi.org/10.3390/su7066665>

Bernal, O. (2020). “Cálculo y Análisis de Estudios de Sostenibilidad Ambiental desde el Principio Bioético de Responsabilidad en la Universidad Militar Nueva Granada, Sede Campus Nueva Granada Cajicá – Cundinamarca”. Universidad Militar Nueva Granada.

Botto, S. (2009). Tap Water vs. Bottled Water in a Footprint Integrated Approach. *Nature Precedings*. <https://doi.org/10.1038/npre.2009.3407.1>

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.

Cámara de Comercio de Bogotá, Corporación Ambiental Empresarial [CAEM], & Gestión Ambiental Responsabilidad de Todos [CAR]. (2013). Guía Metodológica para el cálculo de la Huella de Carbono Corporativa a Nivel Sectorial. 42. <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=42211&download=Y%0A>

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

Catalunya, G. De, Interdepartamental, C., & Climático, D. C. (2011). Gases, Emisiones D E Invernadero, D E Efecto. 0–66.

CEPAL. (2017). Acerca de Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, 60(1), 186–203. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.027>

Chavarria, F., Chinchilla,D.,Gamboa,R., Herra,A., Herrera, A & Rodigue, J. (2020). Medición de la huella hídrica azul de la Universidad Nacional en Costa Rica, del 2012 al 2016. *Uniciencia*, vol. 34, núm. 1,2020.

ChemiLab. (2019). RESULTADOS DE ANÁLISIS R 77179 Empresa : Nit : Dirección : Telefono : Celular : Fecha Recepción : Muestreo a Cargo de : Empresa : Nit : 571, 5–8.

Chiquiza,J. (2019). El consumo per cápita de energía fue de 1.159 kWh durante el año pasado. Obtenido de <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/el-consumo-per-capita-de-energia-fue-de-1159-kwh-durante-el-ano-pasado-2829778>

CICEANA. (s.f). Huella hídrica de productos. Obtenido de <http://www.ciceana.org.mx/web/contenido.php?cont=387>

Clune, S., Crossin, E., & Verghese, K. (2017). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*, 140, 766–783. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.082>

CMNUCC. (2004). Cuidar el clima: guía de la Convención Marco sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto. Servicios de Información de la Secretaría de la CMNUCC, 13-14.

Coloque, T & Sánchez, V. (2007). Los Gases de Efecto Invernadero: ¿Por qué se produce el calentamiento global? Obtenido de http://www.labor.org.pe/descargas/1ra%20publicacion_%20abc%20c.pdf

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2017). Boletín De Calidad Hídrica 2017. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, Dirección, 1–538.

Dávila, F., Varela, S & Vilches. (2012). Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnico Salesiana, Sede Quito, Campus Sur (Ecuador) base 2012. Universidad Politécnico Salesiano. *La Granja Revista de Ciencias de la vida*, 21(1). 34-45. DOI: 10.17163/lgr.n21.2015.03

Durango, S., Sierra, L., Quintero, M., Sachet, E., Paz, P., Da Silva, M. Valencia J y LC. Estado y perspectivas de los recursos y los ecosistemas en Estado y perspectivas de los recursos y los ecosistemas en. Published online 2019:44. <http://www.fao.org/3/ca5507es/ca5507es.pdf>

Empresas Visión Sostenible S.A.S & Ingezinc Ltda. (2015). Cálculo de Huella de Carbono Organizacional Superintendencia de Sociedades. Obtenido de http://170.246.114.90/nuestra_entidad/Documentos%20compartidos/INFORME%20CALCULO%20HUELLA%20DE%20CARBONO-2015.pdf

Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), 163-176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>

FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. In Informe Sobre Temas Hídricos no. 38. <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>

Franchetti, Matthew John, and Defne Apul. (2013). CARBON FOOTPRINT ANALYSIS Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies. edited by Industrial Innovation Series.

Gobierno Nacional. (2020). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC).

Green Development. (2016). Huella de carbono, protocolo de medición y su importancia. <http://greendevelopment.com.gt/huella-de-carbono-protocolo-de-medicion-y-su-importancia/>

Gupta, A. (2016). Climate change and Kyoto Protocol. En Handbook of environmental and sustainable finance (pp. 3-23). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-803615-0.00001-7

Hanley, J.P. *et al.* (2003) Carbon neutrality at Middlebury College: A compilation of potential objectives and strategies to minimize campus climate impact. Universidad de Middlebury. Obtenido de <http://www.middlebury.edu/system/files/media/CN%20at%20MiddleObjectivesandStrategies%202003.pdf>

Hamerschlag, K., & Venkat, K. (2011). LIFECYCLE ASSESSMENTS: METHODOLOGY & RESULTS Meat Eaters Guide: Methodology Table of Contents. Meat Eaters Guide, 63.

Hoekstra, AY (2002). Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Delft, Países Bajos, UNESCO-IHE Institute for Water Education. (Value of Water Research Report Series n.o 11

Hoekstra, A., et al. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. In Social and Environmental Accountability Journal (Vol. 31, Issue 2). <https://doi.org/10.1080/0969160x.2011.593864>

Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2010). The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products. Volume 1: Main Report. Value of Water Research Report Series No. 47, 1(16), 80. <http://wfn.project-platforms.com/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>

Ihobe, S. P. de G. A. (2012). Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones. *14064-1:2006, 1*(UNE-ISO), 106.

IDEAM. (2020). CAMBIO CLIMÁTICO [Institucional]. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2016). Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Mitigation of climate change. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg3_full_report-1.pdf

ISO. (2018). NTC ISO 14064-1 de 2018. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:es>

Jackson, N., Konar, M., & Hoekstra, A. Y. (2015). The water footprint of food aid. Sustainability (Switzerland), 7(6), 6435–6456. <https://doi.org/10.3390/su7066435>

Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Ph.D. Thesis, Central-South University of Technology, China.

Jensen, J. K., & Arlbjørn, J. S. (2014). Product carbon footprint of rye bread. *Journal of Cleaner Production*, 82, 45–57. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.061>

Kandananond, K. (2019). The energy related water footprint accounting of a public organization: The case of a public university in Thailand. *Energy Procedia*, 156(September 2018), 149–153. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.120>

Kinsley, M & De Leon, S. (2009). Accelerating campus climate initiatives. AASHE Universidad de Colorado. Obtenido de <https://www.crk.umn.edu/sites/crk.umn.edu/files/accelerating-campus-climate-initiatives-2009.pdf>

Leyton, Samy, Flor Rafael, and Contreras Rengifo. (2015) . “Aproximación a La Huella Hídrica En La Universidad Autónoma de Occidente.”

Lim, Michelle, and Gasim Hayder. 2019. “Performance and Reduction of Carbon Footprint for a Sustainable Campus.” (1):3489–93

Lopez, I., Chagollan, F., Garcio, R., Contreras, I., Garcia, R & Campo, M. (2006). *Ecología*. Umbral Editorial, S.A. de C.V, Mexico. Primera Edición

Malacalza, L. (2013). Ecología y ambiente. In Ecología de la ciudad. Obtenido de https://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=332

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue, and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 8(1), 763–809. <https://doi.org/10.5194/hessd-8-763-2011>

Melero Hernández, A., Quintero Núñez, M., & Galindo Duarte, M. (2013). Análisis de las estrategias de mitigación y adaptación del sector transporte en la ciudad de Mexicali. *Estudios Fronterizos*, 14(28), 79–105. <https://doi.org/10.21670/ref.2013.28.a04>

Metcalf & Eddy. (2013) *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5th ed. McGraw-Hill Education

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). Decreto 0838 de 2005. 45862, 0838, 17.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). D1-Res_631_Marz_2015.Pdf (p. 62).

Minagricultura, & CIAT. (2014). ¿Qué es la Huella de Carbono? [Institucional]. <http://www.aclimatecolombia.org/huella-de-carbono/>

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Colombia. (2000). RAS 2000, Título A - Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico, 114.

NASA. (2020). “Análisis de NASA y NOAA Revelan Que 2019 Fue El Segundo Año Más Cálido Registrado.” Retrieved June 9, 2020 (<https://ciencia.nasa.gov/análisis-de-nasa-y-noaa-revelan-que-2019-fue-el-segundo-año-más-cálido-registrado#:~:text=Desde la década de 1880,de finales del siglo XIX.>).

Nastu,P. (2009). Huella de carbono del zumo de naranja Tropicana: 1,7 kg. Obtenido de <https://www.environmentalleader.com/2009/01/carbon-footprint-of-tropicana-orange-juice-17-kg/>

National Geographic. (2010). Cambio climático, sequías e inundaciones. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/cambio-climatico-sequias-e-inundaciones>

Nette, A., Wolf, P., Schlüter, O., & Meyer-Aurich, A. (2016). A Comparison of Carbon Footprint and Production Cost of Different Pasta Products Based on Whole Egg and Pea Flour. *Foods*, 5(4), 17. <https://doi.org/10.3390/foods5010017>

Novo,C. (2019). La huella hídrica del consumo energético en la UE alcanza los 1.301 litros por persona y día. Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/huella-hidrica-consumo-energetico-ue-alcanza-1301-litros-persona-y-dia>

Núñez & Monroy, J. (2012). Huella de Carbono : más allá de un instrumento de medición . Necesidad de conocer su impacto verdadero. *Actas IV Congreso Internacional ...*, 1–17. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4225724&orden=395504&info=link>

ONU. (2019). El Agua. Obtenido de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>

ONU. (2019). Se alcanzan niveles récord de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2019/11/1465851>

Office of the Federal Register. (2000). Animals and Animal Products. 883. http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title09/9tab_02.tpl

Pane, D. N., Fikri, M. EL, & Ritonga, H. M. (2018). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Parra, Z., Apaza, M., & Agramont, A. (2010). Estimacion De Factores De Emision De Gases De Efecto Invernadero En Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales. *Revista Boliviana de Química*, 27(2), 81–87

Pereira, B. de J., Cecílio Filho, A. B., & La Scala, N. (2021). Greenhouse gas emissions and carbon footprint of cucumber, tomato and lettuce production using two cropping systems. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124517. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124517>

PIGA, S. D. de A. (2015). Guía para el cálculo y reporte de la Huella de Carbono Corporativa [Institucional]. http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=f64a7ccd-8a76-4d0d-b6de-33a3f08576fc&groupId=586236

Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo. (2015). Objetivos De Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Radonjič, G., & Tompa, S. (2018). Carbon footprint calculation in telecommunications companies – The importance and relevance of scope 3 greenhouse gases emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 98(November 2017), 361–375. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.018>

Red de Desarrollo Sostenible de Colombia. (2012). Difundido en Internet por la RED DE DESARROLLO SOSTENIBLE. *Gestión Ambiental*.

Ritchie, H. (2020). You want to reduce the carbon footprint of your food? Focus on what you eat, not whether your food is local. Obtenido de <https://ourworldindata.org/food-choice-vs-eating-local>

Ruiz, J. (2013). “Estimación de La Huella de Carbono Producida Durante El Año 2013 En La Universidad Militar Nueva Granada, Sede Calle 100.” (1877):14

Russell, B., Wyman, O., Schultz, S., Hammer, S., Varbeva-daley, M., Corfee-morlot, J., Lynch, M., Borgström-hansson, C., Lockhart, I., & Rodríguez, S. (2012). *Protocolo Global para a Escala Comunitaria*. Word Resources Institute, 40(ICLEI), 176.

Servicios Ambientales S.A. (2016). Evaluación de la Huella de Carbono y Huella Hídrica, Ciudad de Santiago de Cali, Colombia. Obtenido de www.cali.gov.co › dagma › loader

Silva, L., Barros, M. K. L. V., Barros, H. M. M., de Matos, R. M., Machado, S. N. de A. R., de Lima, V. L. A., & de Lima, A. F. A. (2017). Estudo de caso da pegada hídrica dos alunos da escola Murilo Braga em Campina Grande - Paraíba (Brasil). *Espacios*, 38(46).

Spanevello, R. A., Suárez, A. G., & Sarotti, A. M. (2013). Alternative sources of starting materials. *Educación Química*, 24(SPL.ISSUE1), 124–131. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(13\)72505-9](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(13)72505-9)

Springer. (2007). Contaminación. En: Gooch JW (eds) *Encyclopedic Dictionary of Polymers*, New York, NY. https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1007/978-0-387-30160-0_8787

Springer. (2007) Emission factor. In: Gooch J.W. (eds) *Encyclopedic Dictionary of Polymers*. New York, NY. https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1007/978-0-387-30160-0_4312

Strasburg, VJ y Jahno, VD (2015). Sustentabilidade de cardápio: Avaliação da pegada hídrica nas refeições de um restaurante universitário. *Revista Ambiente e Água*, 10 (4), 903–914. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1664>

Survey Monkey. (2020). Calculadora del tamaño de la muestra. Obtenido de <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

TC CHAN CENTER FOR BUILDING AND ENERGY STUDIES. (2007). University of Pennsylvania carbon footprint. TC Chan Center for Building Simulation & Energy Studies (TCCCBSSES). PennPraxis, Universidad de Pensilvania. Obtenido de: <http://www.aashe.org/documents/resources/PennGreenhouseGasReport.pdf>

The Coca Cola Company, & The Nature Conservancy. (2010). Product Water Footprint Assessment, practical application in corporate water stewardship. september, 48.

Uninorte. (2015). Centro de acopio. Obtenido de <https://www.uninorte.edu.co/web/guest-administrativa-y-financiera/centro-de-acopio#:~:text=El%20Centro%20de%20Acopio%20de,y%20posterior%20venta%20o%20disposici%C3%B3n>

Universidad Nacional de Colombia (2015). Consumo de Agua en el Campus de la Sede Bogotá. Unimedios. Disponible vía electrónica https://bogota.unal.edu.co/fileadmin/noticias/infografias_ahorro_energia_web_10_junio.pdf

UPME.(2018). INFORME MENSUAL DE VARIABLES DE GENERACIÓN Y DEL MERCADO ELÉCTRICO COLOMBIANO – ENERO DE 2018 SUBDIRECCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA – GRUPO DE GENERACIÓN INTRODUCCIÓN : Este informe ilustra la situación actual , la evolución y el comportamiento de algunas var. 69, 1–14.

UPME. (2016). Factores de emisión de los combustibles colombianos FECOC. 1–52. http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/Informe_Final_FECOC_Correcciones_UPM

E_FunNatura.pdf

Valencia, M. C. (2016). *Huella Hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014*. 1–152.

van Holsteijn, F., van Diepen, J., & Broekema, R. (2019). Vegetarian Top Dishes Campaign 2019 – The CO2 impact of meat substitution. November.

van Oel, P. R., & Hoekstra, A. Y. (2012). Towards Quantification of the Water Footprint of Paper: A First Estimate of its Consumptive Component. *Water Resources Management*, 26(3), 733–749. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9942-7>

Vergé, X. P. C., Maxime, D., Dyer, J. A., Desjardins, R. L., Arcand, Y., & Vanderzaag, A. (2013). Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 6091–6104. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6563>

Visión Sostenible S.A.S. (2015). *Cálculo de Huella de Carbono Organizacional*. Superintendencia de Sociedades. 17.

WBCSD, & WRI. (2012). *A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Greenhouse Gas Protocol, 116.

WFN. (2002). *Manual de Evaluacion HH*. 44. <http://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>

WFN. (2010). *Evaluación de la huella hídrica*. Water Footprint Network. Obtenido de <https://waterfootprint.org/en/about-us/events/la-evaluacion-de-la-huella-hidrica/>

WFN. (2015). ¿Qué tan grande es tu huella hídrica? Obtenido de <https://waterfootprint.org/en/about-us/news/news/grace-launches-new-water-footprint-calculator/>

WFN. (2017). Huella hídrica de productos. Obtenido de <https://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/>

WFN. (2017). Huella hídrica de productos. Obtenido de <https://waterfootprint.org/media/downloads/Products.pdf>

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of ‘carbon footprint’. *Ecological economics research trends, 1*, 1–11.

Yañez, P., Sinha, A., & Vásquez, M. (2020). Carbon footprint estimation in a university campus: Evaluation and insights. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/SU12010181>

Yuan, Q., Song, G., Fullana-i-Palmer, P., Wang, Y., Semakula, H. M., Mekonnen, M. M., & Zhang, S. (2017). Water footprint of feed required by farmed fish in China based on a Monte Carlo-supported von Bertalanffy growth model: A policy implication. *Journal of Cleaner Production*, *153*, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.134>

Zakaria, R., Aly, S. H., Hustim, M., & Oja, A. D. M. (2020). A Study of Assessment and Mapping of Carbon Footprints to Campus Activities in Hasanuddin University Faculty of Engineering. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 875(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012023>

Zhang, X *et al.* (2009). Carbon footprint and greenhouse gas emission inventory Georgetown University – FY 2006 through FY 2009. Washington. Obtenido de <http://sustainability.georgetown.edu/initiatives/carbonfootprint/>

Anexos

Anexo 1. Preguntas de las encuestas en Microsoft Forms

Alimentos			
N°	Pregunta	Tipo	Opciones de respuesta
1	Nombre Completo	Abierta	-
2	¿Cuál es su vínculo con la universidad?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiante • Profesor/Profesora • Administrativo • Otras
3	¿A qué Sede pertenece?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Sede Campus • Sede Villa Académica
4	Seleccione el programa académico al que pertenece	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería Ambiental • Ingeniería Biomédica • Ingeniería Industrial • Ingeniería Civil • Ingeniería Multimedia • Ingeniería Mecatrónica • Maestría en Gerencia de Proyectos • Curso Pre-Ingeniería
5	Si es estudiante ¿Qué semestre cursa?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Primero • Segundo • Tercero

			<ul style="list-style-type: none"> • Cuarto • Quinto • Sexto • séptimo • Octavo • Noveno • Decimo
6	¿Qué término describe mejor la dieta alimenticia que trae desde su casa?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Vegano • Vegetariano • Semivegetariano • Omnívoro • Carnívoro
7	¿Cuántas veces a la semana trae almuerzo desde su casa?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez • Dos veces • Tres veces • Cuatro veces • Cinco veces • Seis veces
8	De las siguientes opciones escoja máximo 5 alimentos que consume con mayor frecuencia en su almuerzo traído desde casa	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Ensalada • Sopa • Carne de cerdo • Carne de res • Pollo • Pescado • Plátano • Papa • Yuca • Arroz • Frijol • Lenteja

			<ul style="list-style-type: none"> • Verduras • Garbanzo • Pasta • Jugo de frutas • Atún • Huevo • Agua • Ningunas de las anteriores • Otras
9	¿Cuántas veces a la semana trae un refrigerio desde su casa?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez • Dos veces • Tres veces • Cuatro veces • Cinco veces • Seis veces
10	¿Cuál de estos alimentos consume con mayor frecuencia? (Puede seleccionar varias)	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Manzana • Banano • Pera • Mandarina • Empanada • Tortillas • Sándwich • Productos empacados • Ninguna de las anteriores
11	¿Cuál de las siguientes bebidas trae con mayor frecuencia desde su casa? (Puede seleccionar varias)	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Gaseosas • Te • Jugo de frutas naturales • Energizantes • Agua embotellada • Jugos de frutas en caja o botella

			<ul style="list-style-type: none"> • Agua de la llave • Ningunas de las anteriores • Otras
12	En la Semana ¿Cuántas veces compra alimentos en el restaurante de la Universidad?	Abierta	-
13	¿Qué término describe mejor la dieta alimenticia que compra en el restaurante?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Vegano • Vegetariano • Semivegetariano • Omnívoro • Carnívoro
14	¿Cuál de los siguientes menús se ajusta mejor a su dieta alimenticia?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Porción de arroz, sopa, jugo de frutas, ensalada, principio (frijol, garbanzo, lentejas), algún tipo de carne (res, cerdo, pollo) y un carbohidrato (papa o plátano) • Porción de arroz, jugo de frutas, principio (frijol, garbanzo, lentejas.), algún tipo de carne (res, cerdo, pollo) • Porción de arroz, sopa, jugo de frutas, ensalada, algún tipo de carne (res, cerdo, pollo) y un carbohidrato (papa o plátano) • Porción de arroz, jugo de frutas, algún tipo de carne (res, cerdo, pollo) y un carbohidrato (papa o plátano) • Porción de arroz, jugo de frutas, ensalada, principio (frijol, garbanzo, lentejas) y un carbohidrato (papa o plátano) • Ninguna de las anteriores
15	¿Cuántas veces al día consume algún refrigerio en el restaurante de la universidad?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez • Dos veces • Tres veces • Mas de cuatro veces • Ninguna de las anteriores

16	Si consume algún tipo de refrigerio surtido en el restaurante ¿Cuál de estos consume? (Puede selección	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Manzana • Banano • Pera • Mandarina • Sándwich • Crepes • Tortillas • Pasteles • Ninguna de las anteriores
17	En el día ¿Cuántas veces compra alimentos en una cafetería de la universidad?	Abierto	-
18	En el día ¿Cuántas veces compra alimentos en una cafetería de la universidad?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Banano • Ensaladas • Batidos • Pera • Manzana • Ninguna de las anteriores
19	¿Cuál de los siguientes productos pasteleros compra con mayor frecuencia en las cafeterías?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Ponqués • Empanadas • Pasteles de pollo • Pasteles de carne • Ninguno de los anteriores
20	¿Cuál de las siguientes comidas rápidas compra con mayor frecuencia en las cafeterías?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Hamburguesas • Perro Caliente • Pizza • Ninguna de las anteriores
21	¿Cuál de los siguientes productos lácteos compra con mayor frecuencia en las cafeterías?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Yogurt • Avenas • Queso

			<ul style="list-style-type: none"> • Leche • Ninguno de los anteriores
22	¿Cuál de los siguientes productos de dulcería compra con mayor frecuencia en las cafeterías?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Chocolates • Chicles • Helados • Ninguno de los anteriores
23	¿Cuál de las siguientes bebidas compra con mayor frecuencia en las cafeterías?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Gaseosas • Te • Jugo de frutas naturales • Energizantes • Agua embotellada • Jugos de frutas en caja o botella • Café • Tinto • Ninguna de las anteriores
24	En el día. ¿Cuántas veces consume agua de los bebederos de la universidad?	Abierta	-
25	¿De qué volumen es la botella en la que consume agua de los bebederos?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • 250 mL • 500 mL • 1 L • 1.5 L • 2 L
Transporte			
26	¿Dónde vive?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Bogotá D.C • Municipio de Cundinamarca • Otro

<p>27</p>	<p>Si vive en Bogotá D.C., ¿En cuál de estas localidades habita?</p>	<p>Opción múltiple</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Antonio Nariño • Barrios Unidos • Bosa • Chapinero • Ciudad Bolívar • Engativá • Fontibón • Kennedy • La Candelaria • Los Mártires • Puente Aranda • Rafael Uribe Uribe • San Cristóbal • Santa Fe • Suba • Sumapaz • Teusaquillo • Tunjuelito • Usaquén • Usme • Otras
<p>28</p>	<p>Si vive en la sabana de Bogotá D.C. , ¿En cuál de estos pueblos habita?</p>	<p>Opción múltiple</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bojacá. • Cajicá. • Cogua • Chía. • Chocontá. • Cota. • Cucunubá. • El Rosal. • Facatativá. • Funza.

			<ul style="list-style-type: none"> • Gachancipá. • Guatavita • La Calera. • Lenguazaque • Macheta. • Madrid. • Mosquera • Nemocón. • Pacho. • Sesquilé. • Soacha • Sopó. • Subachoque. • Suesca. • Tabio. • Tenjo. • Tocancipá • Ubaté. • Zipacón. • Zipaquirá • Ninguna de las anteriores
29	Si no vive en ninguno de los municipios mencionados anteriormente, escriba en cual habita	Abierta	-
30	¿Cuántas veces a la semana usa transporte público para llegar a la universidad?	Abierta	-
31	¿Cuántas veces a la semana usa transporte privado para llegar desde su casa a la universidad?	Abierta	-
32	¿Qué tipo es?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Moto gasolina • Carro pequeño y compacto (tipo Clío)

			<ul style="list-style-type: none"> • Carro mediano (tipo megane) • Carro grande (tipo mercedes) U • Un deportivo, 4x4 o mini furgo • Carro eléctrico • Moto eléctrica • Vehículos eléctricos livianos
33	¿Qué tipo de combustible fósil utiliza?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Gasolina • ACPM • Otro
34	¿Cuántas veces a la semana usa transporte institucional para llegar desde su casa a la universidad?	Abierta	-
35	¿Cuál de estas opciones es la que aprovecha con mayor frecuencia?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Autobuses institucionales • Rutas municipales • Tren • Otras
36	¿Cuántas veces a la semana usa un tipo de transporte sostenible para llegar desde su casa a la universidad?	Abierta	-
37	¿Cuál de estas opciones es la que aprovecha con mayor frecuencia?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Bicicleta • Patineta • Patines • Caminar • Otras
38	¿Cuántas veces a la semana usa transporte público para llegar desde la universidad a su casa?	Abierta	-

39	¿Cuántas veces a la semana usa transporte privado para llegar desde la universidad a su casa?	Abierta	-
40	¿Qué tipo es?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Moto de gasolina • Carro pequeño y compacto (tipo Clío) • Carro mediano (tipo megane) • Carro grande (tipo mercedes) U • Un deportivo, 4x4 o mini furgo • Moto eléctrica • Carro eléctrico • Vehículos eléctricos livianos
41	¿Qué combustible fósil utiliza?		<ul style="list-style-type: none"> • Gasolina • ACPM • Otro
42	¿Cuántas veces a la semana usa transporte institucional para llegar a su casa?	Abierta	-
43	¿Cuál de estas opciones es la que aprovecha con mayor frecuencia?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Autobuses institucionales • Rutas municipales • Tren • Otras
44	¿Cuántas veces a la semana usa un tipo de transporte sostenible para llegar desde la universidad a su casa?	Abierta	-
45	¿Cuál de estas opciones es la que aprovecha con mayor frecuencia?	Opción múltiple	<ul style="list-style-type: none"> • Bicicleta • Patineta • Patines • Caminar • Otras

Fuente: Datos suministrados por los programas de ingeniería, 2020

A continuación, se presenta el enlace en donde se puede encontrar las preguntas formuladas para la realización de esta encuesta

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=qNNG1hV7U0udkpgV_WJwLKA69Njk_zNAkhNtso_bppBUN1QxQUtJOFVITVVMOVJBWjBYVktPR1RSTy4u

Anexo 2. Resultados de la encuesta con su cálculo de la HdC y HH

En el presente Anexo se encontrará un archivo de Excel donde se evidencien los resultados obtenidos de la encuesta realizada por la plataforma de Microsoft Forms con su respectiva respuesta. Para una mejor visualización de esta, se categorizaron los resultados por programa de la Facultad de ingeniería, además a cada uno de ellos se les evaluó su respectiva HdC y HH, en donde ambos indicadores fueron calculados para el caso de alimentos y tan solo el primero para el caso de transportes.

Anexo 3. Factores de conversión para huella hídrica

En el Anexo 3 se encontrará un archivo de Excel, el cual contiene la información recolectada para las actividades de uso de papel, consumo energético, consumo de agua potable, uso de combustibles de los vehículos propios de la universidad, generación de residuos, consumo de alimentos, uso de transporte y datos de la PTAR; en donde a cada una de estas categorías se les calculo su respectiva huella de carbono. Finalmente, la pestaña nombra “Huellas totales”, es una compilación de todos los resultados obtenidos.