

**HUELLA ECOLÓGICA: INGENIERÍA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL**

**DELLYS ALEJANDRA ARCILA  
WILLIAM CAMILO ARTUNDUAGA VIANA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
DICIEMBRE 2015**

**HUELLA ECOLÓGICA: INGENIERÍA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL**

**DELLYS ALEJANDRA ARCILA  
WILLIAM CAMILO ARTUNDUAGA VIANA**

**Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial**

**Director proyecto  
PhD. KATHERINE ORTEGON MOSQUERA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
DICIEMBRE 2015**

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>1 CAPÍTULO I. Definición del Problema</b> .....	<b>9</b>
1.1 Contexto del Problema.....	9
1.2 Análisis y Justificación.....	11
1.3 Formulación del Problema .....	12
<b>2 CAPITULO II. Objetivos</b> .....	<b>13</b>
2.1 Objetivo General.....	13
2.2 Objetivo del Proyecto .....	13
2.3 Objetivos Específicos .....	13
<b>3 CAPÍTULO III. Marco de Referencia</b> .....	<b>14</b>
3.1 Antecedentes o Estudios Previos.....	14
3.2 Marco Teórico.....	15
3.2.1 Huella Ecológica.....	15
3.2.2 Análisis de Huella Ecológica en Instituciones Educativas .....	17
3.2.3 Huella Hídrica .....	18
3.2.4 Huella Ecológica Residuos.....	21
3.2.5 Huella Ecológica de Emisiones Fijas y Móviles .....	23
3.2.6 Huella Ecológica Energía .....	25
3.2.7 Infograma .....	26
3.3 Aporte crítico.....	27
<b>4 CAPÍTULO IV. Metodología</b> .....	<b>28</b>
4.1 Gestión del Proyecto de Investigación.....	28
4.2 Metodologías de Análisis.....	30
4.2.1 Herramienta de la huella de ecológica .....	30
4.2.2 Huella Ecológica de la institución universitaria Icesi.....	32
4.2.3 Huella Ecológica: Energía.....	33
4.2.4 Huella ecológica: Agua.....	35

4.2.5	Huella Ecológica: Residuos .....	37
4.2.6	Huella Ecológica: Emisiones de fuentes fijas .....	39
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO V. Resultados .....</b>	<b>41</b>
5.1	Análisis de resultados.....	41
5.1.1	Objetivo 1: Diseño de herramienta de huella ecológica. ....	41
5.1.2	Objetivo 2: Medición de la huella ecológica. ....	51
5.1.3	Objetivo 3: Diseñar un infograma con resultados relevantes.....	62
5.1.4	Objetivo 4: Proponer y documentar opciones de mejora.....	63
5.2	Supuestos y Limitaciones de la huella ecológica. ....	66
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO VI. Conclusiones .....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>CAPÍTULO VII. Recomendaciones.....</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Análisis del desconocimiento de la Huella Ecológica en la Universidad Icesi .....	11
Ilustración 2: Mapa universidad icesi.....	20
Ilustración 3 infograma.....	26
Ilustración 4 Cronograma .....	28
Ilustración 5 Mapa de metodología. ....	29
Ilustración 6 Mapa de la hoja de calculo.....	31
Ilustración 7 Entrada de datos .....	34
Ilustración 8 Entrada de datos agua.....	35
Ilustración 9: Factores de emisión por tipo de material generado. ....	38
Ilustración 10: Calculo de residuos .....	38
Ilustración 11 Equivalencias de residuos. ....	38
Ilustración 12: Punto de comparación para mitigación de CO <sub>2</sub> , usando árboles, Samán Samanea, de 36 años, 15 metros de altura y 1,24 m de diámetro. ....	39
Ilustración 13 cálculos fuentes fijas .....	40
Ilustración 14 Vista de la hoja "introducción" de la herramienta.....	41
Ilustración 15: Vista de la hoja "introducción" navegación y uso de la herramienta. ..	42
Ilustración 16: Código de colores de la herramienta de cálculo.....	42
Ilustración 17: Mapa de la hoja de cálculo de la herramienta.....	43
Ilustración 18 formato de tablas usadas en la herramienta. ....	44
Ilustración 19 : Clasificación de residuos PGIRS 2013.....	47
Ilustración 20: Consumo mensual de energía universidad icesi 2014. ....	51
Ilustración 21: Huella energética equivalente.....	51
Ilustración 22 Equivalencia de consumo de agua universidad icesi 2014.....	52
Ilustración 23: Consumo mensual de agua universidad icesi año 2014. ....	53
Ilustración 24: Pareto consumo de agua m <sup>3</sup> por edificios. ....	53
Ilustración 25: Huella de residuos equivalente. ....	54
Ilustración 26: Residuos generados mes a mes periodo 2014 .....	55
Ilustración 27: Residuos por tipo de material universidad icesi 2014.....	55
Ilustración 28: Mitigación de CO <sub>2</sub> por siembra de árboles.....	56
Ilustración 29: Generación de emisiones de CO <sub>2</sub> por tipo de máquina, universidad icesi 2014 .....	56
Ilustración 30: Mitigación de CO <sub>2</sub> por siembra de árboles.....	57
Ilustración 31: Emisiones de CO <sub>2</sub> por tipo de persona.....	57
Ilustración 32: Mitigación de CO <sub>2</sub> por siembra de árboles.....	58

Ilustración 33: Emisiones y Vuelos, por viajes internacionales y nacionales. ....	58
Ilustración 34: Uso de transporte comunidad icesi 2015-2.....	59
Ilustración 35: Emisiones totales de CO <sub>2</sub> por tipo de transporte. ....	59
Ilustración 36: Distribución huella ecológica 2014.....	60
Ilustración 37 Infograma.....	62

### **Lista de Tablas**

Tabla 1 Definiciones de huella ecológica e indicadores de diferentes autores .....	15
Tabla 2 Análisis de huella ecológica (AHE) en instituciones educativas (IE's) de diferentes autores .....	17
Tabla 3 Factores tenidos en cuenta.....	49

### **Lista de Anexos**

Anexo 1 Herramienta huella ecológica.....	75
Anexo 2 Infograma.....	76

## RESUMEN

La medición de la huella ecológica como indicador ambiental en las instituciones educativas es de importancia para el planteamiento de objetivos y políticas que permitan gestionar sus actividades hacia la sostenibilidad en sus operaciones, el proyecto tiene por objetivo general realizar una evaluación de la huella ecológica, para ello se creó una herramienta que permite procesar los datos de agua, residuos sólidos, emisiones de fuentes fijas; móviles y energía en indicadores de huella ecológica, cada ítem cuenta con las metodologías comunes de diferentes autores que han hecho investigaciones de huella ecológica en instituciones educativas, junto con los resúmenes gráficos más representativos para poder hacer un análisis de la huella ecológica, se tomó como ejemplo de medición la institución educativa Universidad Icesi, con año base 2014, obteniendo como resultados de agua que la institución consumió un total en 47.821m<sup>3</sup> de agua dulce, generó un total 1.848 ton de residuos, emitió un total de 28 toneladas de CO<sub>2</sub> en emisiones fijas, consumió un total 4,6 GWh de energía, teniendo un estimado de 365 hectáreas globales de tierra (gha), medida de la huella ecológica y 0,06 gha per cápita.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto es medir la huella ecológica de la universidad Icesi, la huella ecológica permite determinar el estado actual de la institución educativa en términos ecológicos y ofrece la posibilidad de establecer objetivos de mejora alrededor de la medición, el proyecto ha establecido una herramienta que permite no solo calcular este valor, sino presentar reportes gráficos de la situación actual de la universidad, permite ser actualizada y mejorada año a año y ofrece indicadores para la mejora de uno o más aspectos de las huellas ecológicas de la institución. La herramienta de cálculo permite obtener la huella ecológica a partir de los datos suministrados por la institución educativa, permite organizar la información y presentarla de manera ordenada de manera que se pueda analizar las operaciones del campus y establecer situaciones de mejora para la medida, del mismo modo que se espera que los actores involucrados se coordinen para plantear objetivos y trazar planes de transformación del campus y las actividades internas hacia la sostenibilidad, nada de esto sería posible si no se tuviera una medida base en la cual comparar.

Se revisó la literatura donde otros autores ya habían realizado un análisis de huella ecológica en instituciones educativas y se usaron los indicadores necesarios y comunes entre la literatura, estos indicadores son la huella de agua, huella de residuos, huella emisiones fijas, huella de emisiones móviles y huella de energía. Para la obtención de cada indicador, ajustamos la mejor metodología entre la literatura y con ayuda de la información suministrada por la institución educativa, y la herramienta se pudo arrojar un estimado de huella ecológica. La herramienta de huella ecológica, permite traducir las entradas de cada uno de los ítems agua, residuos sólidos, emisiones de fuentes fijas, móviles y energía, en hectáreas globales de tierra (gha) que conforma la huella ecológica. El proyecto permite integrar a través de un proyecto, futuras investigaciones y asociaciones de grupos estudiantiles y profesores en la sensibilización del impacto ecológico en la comunidad y apropiarse a través del campus, del conocimiento necesario para la solución de problemáticas ambientales. El proyecto ofrece una visión más amplia a la institución educativa sobre dónde poner sus esfuerzos en las operaciones y las políticas necesarias que han de tomarse en los próximos años, para apuntar a objetivos más grandes como la sostenibilidad desde las universidades.



# 1 CAPÍTULO I. Definición del Problema

## 1.1 Contexto del Problema

El contexto del problema se encuentra en medio del escenario global y local en la universidad icesi.

En el escenario global, para el año 2013 huella ecológica excedió los límites de la tierra y se sobregiro la demanda sobre los recursos naturales. Esto ocurre cuando la demanda anual de la humanidad de los bienes y servicios que nuestra tierra y mares puede proporcionar - frutas y verduras, carne, pescado, madera, algodón para la ropa, y el dióxido de carbono de absorción supera lo que los ecosistemas de la Tierra pueden renovar en un año. Excederse significa que se ha agotado por consumir los capitales del planeta en lugar de vivir de su interés anual. Este exceso conduce a un agotamiento del capital natural que sustenta la vida de la Tierra y una acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera (Global Footprint Network, 2015).

Footprint network estimó un escenario para el 2050 donde serían necesarios 3 planetas si las empresas mantienen los niveles actuales de consumo de los recursos *Business As Usual*, y otro escenario donde se vuelve al equilibrio si las empresas tienen herramientas y medidas de huella ecológica para regular el consumo.

La conferencia de las partes (COP) es el máximo órgano decisorio de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas. En el COP21 celebrada en diciembre de 2015 se espera llegar a un acuerdo sobre cambio climático con miras a evitar un aumento de la temperatura global promedio por encima de los 2°C. Colombia propone un ABC de compromisos para el COP21, su objetivo es contribuir con una reducción de un 20% en las emisiones GEI para el año 2030. Dentro de los medios de implementación se encuentra el Desarrollo de Tecnologías y Creación de Capacidades, el cual involucra la consolidación de una estrategia de trabajo con las universidades y grupos de investigación que se traduzca en investigación, generación de conocimiento y desarrollo tecnológico frente al cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia, 2015).

En el escenario local tenemos que las dependencias de la universidad tienen mucha información acerca de las operaciones pero no se encuentran articuladas muchas de ellas. Lo más relevante del contexto local es que desde hace 6 años tenemos proyectos de grado e investigaciones alrededor de temas ecológicos desarticulados, en el año 2009 se estimó la huella hídrica de la universidad icesi, en el año 2013 se estimó la

huella energética, la implementación del manual PGIRS, RESPEL y disposición de RAEE en la huella de residuos, también las estimación de la huella de carbono de movilidad y el 2014 se propuso un plan de gestión del recurso hídrico, proyectos de grado que no se han encontrado unidos en un solo indicador, la huella ecológica.

En las instituciones universitarias es de gran interés conocer sus indicadores de huella ecológica, según (Lambrechts & Liedekerke, 2014) “para responder a la apelación de la sociedad para integrar la sostenibilidad en su negocio principal, para realizar una evaluación de la sostenibilidad de sus operaciones, para su uso como una herramienta educativa con los alumnos, que se utilizará para la elaboración de políticas. En general, la realización de un análisis de la huella ecológica es una manera para que la educación superior practique lo que predica, para monitorear el desempeño de sostenibilidad y sensibilizar a la comunidad universitaria”. De manera práctica las instituciones pueden poner sus esfuerzos en el largo plazo en temas de sostenibilidad si se caracteriza la situación actual de la organización y se tiene indicadores de huella ecológica que da ideas, acerca de los objetivos que deben lograr. Un “análisis de huella ecológica” nos permite tener una medida en hectáreas globales (gha), las cuales son unidades de áreas bioproductivas que posee la tierra (Water Footprint Network, 2015).

Para las instituciones locales como las universidades, rectores universitarios y partes interesadas, han mostrado un mayor compromiso a la sostenibilidad medioambiental en la educación superior y muchos de los objetivos planeados por cada uno de ellos comienza por una correcta toma de decisiones comenzando por una Análisis de Huella Ecológica.

## 1.2 Análisis y Justificación

El problema del proyecto enfatiza el hecho que no se tiene una medida de la huella ecológica en la universidad Icesi que permita conocer el estado ambiental de la institución educativa, para esto se ha observado los efectos de no tener esta medida y la relación que tiene con el plan de gestión ambiental de la universidad y la sostenibilidad de la misma, encontrando que existe una relación entre la cantidad de propuestas y proyectos de mejora ambiental, colaboración entre oficinas y estudiantes y políticas ambientales en el campus de la universidad desarticulados con esta medida de huella ecológica, se llega a la conclusión que es de gran importancia en todo plan tener una medida que permita establecer objetivos en el corto y largo plazo, al no contar con esta medición en la institución, tenemos una oportunidad de mejora, problema del proyecto y hemos identificado sus posibles causas y efectos, el proyecto ataca la causa sobre la existencia de la herramienta de huella ecológica y la integración de otros proyectos bajo el mismo objetivo y con datos en tiempos iguales. En la figura 1 se muestra el diagrama de causa y efectos con sus respectivos indicadores.



**Ilustración 1: Análisis del desconocimiento de la Huella Ecológica en la Universidad Icesi**

### **1.3 Formulación del Problema**

La universidad es un medio que permite educar a los estudiantes según el enfoque académico que cada alumno escogió, pero sin importar su carrera, la universidad tiene el deber de educar a sus estudiantes en temáticas como los valores, civismo, respeto y el medio ambiente. Uno de los valores centrales es su compromiso con el bienestar de la sociedad, por lo tanto es importante el compromiso que tiene con el cuidado del medio ambiente. La comunidad académica (docentes, colaboradores y estudiantes) desconocen el consumo de los recursos bioproductivos de la tierra, necesarios para soportar las actividades en sus operaciones. Se carece de una herramienta estandarizada que permita medir la huella ecológica de la Universidad Icesi y su evolución en el tiempo.

## **2 CAPITULO II. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluación de la Huella Ecológica en instituciones educativas.

### **2.2 Objetivo del Proyecto**

Evaluación de la Huella Ecológica de la universidad ICESI.

### **2.3 Objetivos Específicos**

1. Diseñar una herramienta de medición de Huella Ecológica.
2. Medir la Huella Ecológica.
3. Diseñar un infograma presentado resultados relevantes.
4. Proponer y documentar opciones de mejora.

#### **Entregables:**

1. Herramienta Huella Ecológica validada.
2. Huella Ecológica evaluada bajo los aspectos considerados.
3. Infograma de huella ecológica documentado.
4. Propuestas de mejora documentadas.

### 3 CAPÍTULO III. Marco de Referencia

#### 3.1 Antecedentes o Estudios Previos

A lo largo la investigación surge la pregunta sobre otras investigaciones que se han llevado a cabo con temas afines a la huella ecológica, se ha encontrado varios estudios previos y proyectos similares realizados tanto en tiempos y localizaciones diferentes, entre los estudios que inciden tanto para este proyecto como para otros estudios se destacan; la metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades (Álvarez, 2008); el marco para la intercomparación de la huella ecológica de las universidades (Nunes, Catarino, Ribau Teixeira, & Cuesta, 2013) Utilizando el análisis de la huella ecológica en la educación superior: las operaciones del campus, el desarrollo de políticas y con fines educativos (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014) y Desarrollando escenarios de huella ecológica en campos universitarios: Caso de estudio de la Universidad de Toronto en Mississauga (Tenley M. Conway, 2008). Gracias a estos estudios se adelantan trabajo en el diseño de la herramienta, la metodología y dirección en la que se puede llevar a cabo el proyecto.

Dentro de la institución educativa se han llevado a cabo proyectos relacionado con el cálculo de la huella hídrica de la institución educativa (Martelo González & Sarria Guerrero, 2009) y se han hecho diagnósticos para la elaboración de planes de usos eficientes del recurso hídrico de la universidad (QUINTANA CHAPARRO & VERGARA MÁRQUEZ, 2014). Estos trabajos no tenían planeado como objetivo general apuntarle a la huella ecológica de la universidad, pero si a la sostenibilidad, es por esto que tenemos en cuenta estos proyectos como antecedentes para el proyecto. De igual manera se revisó la gestión ambiental de residuos eléctricos (Castillo Ospina & Vaca Rivera, 2013), planes de manejo de residuos peligrosos (Borja, Araujo Sarasty, & Gonzales, 2013) y el plan de gestión integral de residuos sólidos 2013 (Universidad Icesi, 2013).

## 3.2 Marco Teórico

### 3.2.1 Huella Ecológica

La Huella Ecológica (HE) es la medida de la “carga” impuesta por una determinada población sobre la naturaleza. Representa el territorio necesario para sostener los niveles dados de consumo de recursos y desecho de residuos de esa población (Wackernagel & Rees, 1996).

En la revisión de la literatura se han identificado las definiciones de huella ecológica que han usado los autores como marco teórico, en los análisis de huella ecológica, a continuación en la Tabla 1 Definiciones de huella ecológica e indicadores de diferentes autores, se presenta el resumen de las definiciones usadas por cada autor y su respectivo año, así mismo se presenta los indicadores de huella ecológica y como son presentadas.

**Tabla 1 Definiciones de huella ecológica e indicadores de diferentes autores**

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Huella Ecológica.</b>	<b>Indicadores presentados</b>
Tenley Conway	2008	La huella ecológica es una medida agregada que representa la cantidad de superficie de tierra y agua biológicamente productiva necesaria para proporcionar los recursos consumidos y asimilar los residuos producidos por una determinada entidad (Wackernagel and Rees, 1996).	Energía; Transporte; Materiales y Residuos; Agua; Comida; Terreno construido.
Klein-Banai	2010	La huella ecológica es una medida agregada que representa la cantidad de superficie de tierra y agua biológicamente productiva requerida para proporcionar los recursos consumidos y asimilar los residuos producidos por una determinada entidad (Conway et al., 2008)	Tasa HE por área terreno; Tasa HE per cápita; Energía (% gha); Transporte(%gha);Materiales y Residuos(%gha);Papel(%gha),Comida(%gha);Terreno Construido (%gha);Agua(%gha).
Kate Flint	2011	(...) basado en área del indicador de sostenibilidad que cuantifica la intensidad de uso de los recursos humanos y la actividad de descarga de desechos en un área específica en relación con la capacidad de proporcionar áreas para esa actividad. (Wackernagel and Yount, 1998, p.512).	Energía de las tierras, Alimentos; Edificios; Transporte; Bienes De Consumo; Servicios.

Dan Gotlieb	2011	AHE es una herramienta cuantitativa que utiliza los flujos de materiales y energía para estimar la "carga" biofísico que las poblaciones humanas o procesos industriales imponen a los ecosistemas de todo el mundo (Rees,1992; Wackernagel and Reess, 1996)	Electricidad (ha/año); Transporte (ha/año);Huella de comida(ha/año); Huella de material (ha/año
Wim Labrecht s	2013	No define: Referencia a Wackernagel and Rees.	Uso Energía Directa (gha);Uso Agua(gha);Residuos(gha);Movilidad(gha);Obtenciones(gha);Infraestructura (gha);Comida(gha).
Luis Nunes	2013	El método de la huella ecológica representa la sostenibilidad de una población determinada en la capacidad de carga del sistema total. Fue desarrollado con el fin de medir la relación entre la naturaleza y los seres humanos, que se apoya en la premisa de que cada persona requiere una superficie que proporciona bienes y servicios esenciales para la vida.	Comida (gha); Electricidad y Agua consumes (gha); Papel consumo (gha); Producción de Residuos (gha); Movilidad (gha).

En general existe un consenso en usar la definición original de huella ecológica de (Wackernagel & Rees), el cual usaremos de guía en este proyecto cada vez que mencionemos los conceptos de huella ecológica.

La Huella Ecológica (HE) es la medida de la "carga" impuesta por una determinada población sobre la naturaleza. Representa el territorio necesario para sostener los niveles dados de consumo de recursos y desecho de residuos de esa población (Wackernagel & Rees, 1996). La carga se mide en hectáreas globales de tierra, la hectárea global se normaliza según la productividad promedio ponderada por el tipo de área de la tierra y el agua biológicamente productivas en un determinado año (Water Footprint Network, 2015). Un ejemplo fácil de entender se ilustra de la siguiente manera, se supone las actividades de una organización a través de la contabilidad de sus huellas ecológicas, la huella ecológica nos dice cuenta área de tierra productiva, es decir cuanta tierra se necesita para sostener nuestras actividades como lo venimos haciendo actualmente, ya que la huella ecológica no pregunta por el estado futuro del hombre, ya que trabaja con los históricos de sus actividades y se asocia el concepto hectárea global como esa área productiva de tierra que sostiene dicho grupo de actividades.



### 3.2.2 Análisis de Huella Ecológica en Instituciones Educativas

Los análisis que han hecho diferentes autores de la huella ecológica en instituciones educativas se presentan en la Tabla 2, destacando su aplicabilidad, importancia y alcances dentro de las instituciones.

**Tabla 2 Análisis de huella ecológica (AHE) en instituciones educativas (IE's) de diferentes autores**

Autor	Año	AHE en IE's con diferentes autores.
Tenley Conway	2008	Como resultado, el proyecto huella ecológica ha contribuido a las campañas de educación sobre el consumo y la reducción de residuos. La inclusión de escenarios alternativos también ha contribuido a poner de relieve los efectos de los cambios factibles.
Klein-Banai	2010	Como instituciones buscan la manera de ser más sostenibles ellos han utilizado una variedad de métricas, sistemas de clasificación, y los indicadores para evaluar su línea de base y el progreso hacia esos objetivos.
Dan Gotlieb	2011	El AHE en las instituciones permite el consumo ser visualizado en dos formas relacionadas. En primer lugar, es posible determinar dónde se está produciendo el mayor impacto. En segundo lugar, es la capacidad para clasificar-ordenar el consumo basado en la contribución a la huella.
Kate Flint	2011	Un AHE en instituciones demuestra claramente el alcance de los impactos y proporciona orientación sobre dónde esforzarse para lograr la sostenibilidad con el mejor enfoque. La integración del AHE en las rutinas de medición de la sostenibilidad regulares se suma al proceso de evaluación de la sostenibilidad. Existe el potencial de utilizar el AHE para mediciones de tendencias, comparaciones de tecnología y el establecimiento de objetivos.
Wim Labrechts	2013	La realización de un análisis de la huella ecológica (AHE) también encaja dentro de la estrategia IE's a "practicar lo que predicán", lo que resulta en los informes (...). Estos informes de rendimiento, determinando dónde se produce el mayor impacto, elevando la sensibilización entre el personal y los estudiantes mediante su participación en el proceso de cálculo.

El análisis de la Huella Ecológica en instituciones educativas es una herramienta contable que busca determinar el peso que ejerce la población de la institución educativa sobre áreas globales de tierras productivas. La determinación de la huella ecológica da soporte para hacer comparaciones; reflejar la evolución del comportamiento medioambiental de la institución y enfocar esfuerzos con planes de gestión medioambiental, para la reducción de la huella ecológica y trazar nuevas metas hacia la sostenibilidad.

Usaremos la decisión de Tenley Conway, basándonos en la reducción de los residuos, y el planteamiento de diferentes escenarios con indicadores de huella de carbono como medida para la reducción.

### **3.2.3 Huella Hídrica**

La huella hídrica es un indicador del uso de agua dulce que evalúa el uso directo e indirecto del agua de un consumidor o productor. La huella hídrica de un individuo, comunidad o negocio se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad o producidos por la empresa. El uso del agua se mide en términos de volúmenes de agua consumidos (evaporada o incorporado en un producto) y / o contaminada por unidad de tiempo. La huella de agua se puede calcular para un producto en particular, para cualquier grupo bien definido de los consumidores (por ejemplo, un individuo, familia, pueblo, ciudad, provincia, estado o nación) o productores (por ejemplo, una organización pública, la empresa privada o sector económico). La huella hídrica es un indicador geográfico explícito, mostrando no sólo los volúmenes de consumo de agua y la contaminación, sino también los lugares (Water Footprint Network, 2015).

**Agua Directa:** La huella directa de agua de un consumidor o productor (o un grupo de consumidores o productores) se refiere al consumo de agua dulce y la contaminación que está asociado con el uso del agua por parte del consumidor o productor (Water Footprint Network, 2015).

**Agua consumida:** El volumen de agua dulce utilizado y luego se evapora o se incorpora en un producto (Water Footprint Network, 2015).

Para el cálculo de la Huella de agua definimos el componente, que se miden en m<sup>3</sup> el cual es:

**Huella Hídrica Azul:** Es el volumen de aguas superficiales y las subterráneas, esta se utiliza para la producción de bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad.

### **3.2.3.1 Huella Hídrica En la Universidad Icesi**

En la universidad Icesi, ya se han hecho estudios previos relacionados con la huella hídrica, fueron realizados por Sarria y González en el 2009 y según sus investigaciones la universidad cuenta con dos tipos de aguas: agua de consumo, que se divide en agua potable y agua para riego. El agua potable proviene de aljibes y posteriormente es tratada. El agua para riego se obtiene de una quebrada que viene desde el rio pance, todo el proceso de utilización de agua deja aguas residuales que es el otro tipo de agua. (Sarria & Gonzalez, 2009). La universidad cuenta con la información del agua consumida en todo el campus universitario, en la ilustración 2, se puede observar el mapa de grifos, Motobombas y aspersores de la universidad Icesi.

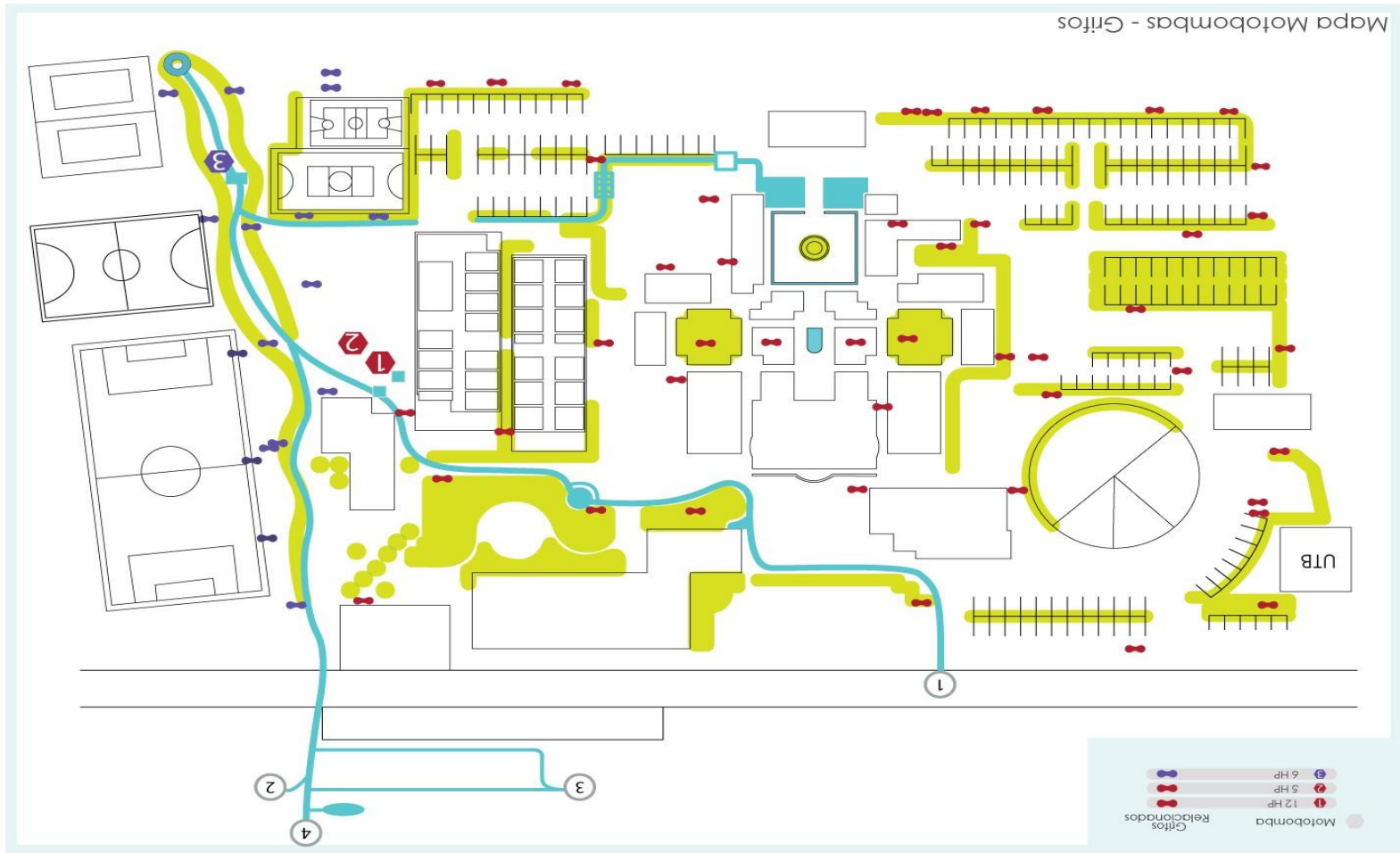


Ilustración 2: Mapa universidad icesi.

<sup>1</sup> Imagen tomada de: (Gonzales & Sarria, 2009)

## 2.2.4 Huella Ecológica Residuos.

La huella de residuos mide el desperdicio generado en (kg o ton ) durante un periodo de tiempo de un individuo o comunidad. En la actualidad el manejo de los residuos es crítico, ya que las basuras pueden llegar a contaminar el aire, agua y los suelos, afectando la salud humana y el medio ambiente. Un estudio realizado por What a Waste (Hoornweg & Bhada-tata, 2012), muestra que los residuos que generamos se duplicaran en el año 2025, además explica los tipos de residuos que genera Colombia que son: 54% de basura orgánica, 11% de papel, 10% de plástico, 5% de vidrio, 2% metales y 18% otros

### **Manejos de residuos:**

**Reducción de la fuente:** Este método consiste en la reutilización y reducción de los desechos desde el hogar, industria o institución, también existen métodos como las 3R que significa reducir, reutilizar y reciclar.

**Reciclaje:** Consiste en separar las basuras y clasificarlas para poder obtener los residuos que se pueden reciclar y usar su material al máximo. La mayor parte de los residuos vienen de un trabajo informal y las tasas de estas llegan a ser altas.

**Compostaje:** Consiste en usar los residuos orgánicos como cascara de fruta, pelo, papel entre otros. Para producir abono, este es un proceso largo pero si se hace correctamente con residuos se puede obtener un beneficio económico y medioambiental, ya que los residuos orgánicos tienen un alto porcentaje en los tipos de generación de basuras.

**Incineración:** Consiste en quemar los residuos para deshacerse de un gran porcentaje de peso y volumen de las basuras, esto pareciera un gran método para poder disponer de las basuras sin embargo, esto produce un impacto ambiental bastante grande con cuestión a la calidad de aire y la toxicidad que genera que puede afectar la salud de las personas.

**Vertimiento:** Es el método más usado para disponer de los residuos, se trata de recoger las basuras de los hogares, industrias e instituciones y llevarlas a un lugar alejado de la sociedad, llamado relleno sanitario y simplemente dejarla ahí, hasta que la capacidad del relleno llegue al 100% y después buscar otro lugar de disposición.

La Huella de los residuos según el método Wackernagel requiere del uso de la intensidad energética del material generado, que también se pueden traducir a la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> generado por el desperdicio del individuo o comunidad.

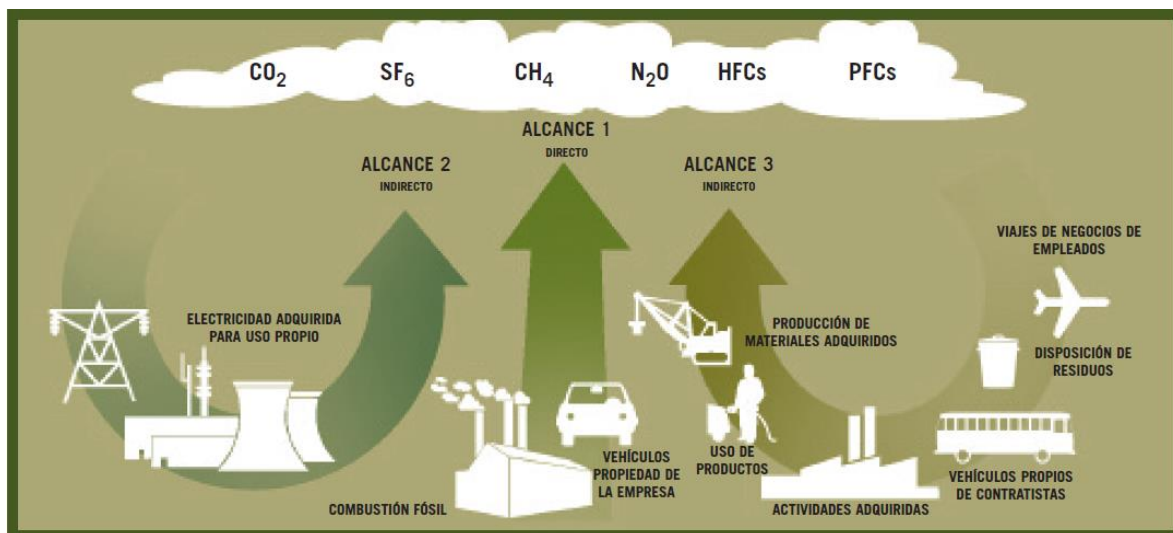
### **3.2.5 Huella Ecológica de Emisiones Fijas y Móviles**

Como lo explica (Cool Climate Network, 2015) las emisiones directas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) son emisiones de fuentes que son propiedad o están controladas por la entidad que informa. Emisiones indirectas de GEI son emisiones que son consecuencia de las actividades de la entidad que informa, pero ocurren en fuentes que son propiedad o están controladas por otra entidad. Estas emisiones directas e indirectas se clasifican además en tres grandes ámbitos, basado en fuentes de emisiones, que ayudan a establecer metas de reducción de emisiones concebible - Alcance 1, 2 y 3 tipo de emisiones.

#### ***3.2.5.1 Alcance tipo 1 emisiones***

Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc. Emisiones provenientes de la producción química en equipos de proceso propios o controlados (Green House Protocol, 2015).

La contaminación del aire es dada por diferentes tipos de emisiones, como lo son los carros, chimeneas industriales, caldera, entre otros. Existen varios tipos de emisiones, que son: fuentes fijas, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes naturales. Para este proyecto vamos a tratar las fuentes fijas, que son aquellas que operan en un punto fijo, es decir, que sus fuentes de emisión no se están desplazando a lo largo del tiempo, aunque sus emisiones si lo pueden hacer. Como por ejemplo las cabinas de extracción de gases de laboratorios de las instituciones educativas, plantas eléctricas de emergencia, entre otros.



**Ilustración 3: Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.**

### 3.2.5.2 Alcance tipo 2 emisiones.

Continuando con el protocolo de gases de efecto invernadero, el alcance 2 incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organización de la empresa. Las emisiones del alcance 2 ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada (Green House Protocol, 2015).

Para abordar en la evaluación del cálculo de huella eléctrica se necesita tener en cuenta que la energía consumida en los edificios, se traduce en consumo fuentes no renovables, las cuales emiten gases contaminantes, la emisión estudiada por el consumo eléctrico se mide en toneladas de CO<sub>2</sub>. En consecuencia debemos tener en cuenta que aunque el consumo eléctrico se presenta como kWh por unidad de tiempo, su huella ecológica se presenta en toneladas de CO<sub>2</sub> y este debe traducirse a su vez en Hectáreas Globales, para ser usado en el análisis de huella ecológica, como fue expuesto por (Lambrechts & Liedekerke).

Podemos a través de la herramienta dar otros resultados para estudiar cuanta energía es consumida de manera específica por volumen construido o por estudiante, como lo presenta (Desideri & Proietti, 2002).



$E_v$ = Consumo de energía eléctrica específica por unidad de volumen (kWh/m<sup>3</sup> por año) calculado como la tasa entre el consumo total de la energía activa y el volumen de la construcción.

$E_e$ = Consumo de energía eléctrica específica por estudiante (kWh por estudiante por año) calculado como la tasa entre el consumo total de la energía activa y el número de estudiantes matriculados.

### 3.2.6 Huella Ecológica Energía

La huella de energía mide el consumo de energía en (kWh o GWh) durante un periodo de tiempo de un individuo o comunidad. El consumo de la energía eléctrica es una categoría que influye en la contaminación del medio ambiente ya que agrava el efecto invernadero, calentamiento global, entre otros. Aunque el consumo es inevitable y va en aumento, lo ideal es consumir la energía necesaria y de forma respetuosa a largo plazo.

Según el banco mundial (Banco Mundial, 2014) el consumo de energía por habitante en Colombia en el año 2013 fue de 1009 kWh y en el año 2014 de 1123 kWh, aumentando un 11,29% de energía consumida

El cálculo de la HE de la energía se estima de acuerdo a las diferentes formas de generación de esta, en relación al consumo de combustibles fósiles.

Hoy en día la generación de energía se reparte de la siguiente manera (Endesa Educa):

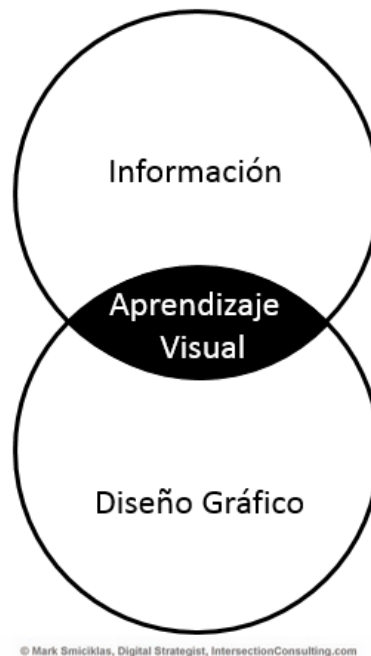
- 37,6% Carbón
- 23,3% Gas natural
- 19,9% Renovables
- 13,8% Nuclear
- 5,4% Petróleo

### 3.2.7 Infograma

La Infografía es una combinación de imágenes sintéticas, explicativas y fáciles de entender y textos con el fin de comunicar información de manera visual para facilitar su transmisión (Naratodo Sexto, 2015)

Un infograma sería muy útil para poder expresar la huella ecológica de la universidad Icesi y que las personas interesadas puedan entender rápidamente y asociarlo a algún comparativo. Los infograma ofrecen un camino único a las organizaciones de comunicar cifras a las partes interesadas de manera que sea fácil de absorber y entender (Smiciklas, 2012).

En la Ilustración 3 infograma, muestra la anatomía de un infograma<sup>2</sup>, hay muchas herramientas online para la realización de un infograma, las tres principales herramientas son picktochart.com; canva.com y easelly. Lo que cabe destacar es que los infogramas transmiten y bajan información compleja en imágenes fáciles de asimilar por la comunidad, así como lo define (Smiciklas, 2012).



**Ilustración 3 infograma**

---

<sup>2</sup> Figura 1.1 Anatomía de un infograma. (Smiciklas, 2012)

Los elementos a tener en cuenta en el infograma de huella ecológica son los que den muestra de los resultados más relevantes de manera gráfica, estos son:

- Huella per cápita: El cual muestra las huellas individuales.
- Equivalencias: El cual muestra las equivalencias de cada huella, así mismo como el del resumen general de huella ecológica.

### **3.3 Aporte crítico.**

La huella ecológica no es solo una herramienta como lo han descrito los diferentes autores, esta busca ofrecer un acercamiento de la comunidad académica a proponer una integración en los esfuerzos para atacar los puntos en los cuales la comunidad incide un mayor peso en la demanda de suelo fértil y puede mejorar, lo que es medible puede ser mejorado, y bajo este pensamiento, las instituciones educativas que tienen la visión de una comunidad amigable con el medio ambiente, una comunidad que busque la sostenibilidad, necesita poder diagnosticarse, de esta manera detectar anomalías en sus operaciones e integrar las unidades correspondientes para ofrecer alternativas.

El objetivo general del proyecto es la evaluación de la huella ecológica en las instituciones educativas, para ello es necesario crear una herramienta que permita dicha medición. Para la creación de esta herramienta se necesitan los antecedentes o estudios previos mencionados anteriormente, para crear la estructura de que es lo que debe medir y cuáles deben ser los datos de entrada, además el proyecto se retroalimenta así mismo a medida que se evalué cada año la huella ecológica, mientras se perfecciona la herramienta y se actualiza los datos con instrumentaciones más precisos. Si bien destacamos la importancia de las metodologías para arrojar confiables resultados, no perdemos de vista su funcionalidad que es proveer de información que podamos analizar e interpretar correctamente con los reportes, y esto último es clave en la toma de decisiones que es la finalidad de la herramienta de huella ecológica, mientras académicos debaten acerca de las metodologías apropiadas en los cálculos, las instituciones educativas no pueden perderse la oportunidad de probarles a la comunidad sus esfuerzos por dar el ejemplo, con un tema que compromete a todos sus integrantes.

## 4 CAPÍTULO IV. Metodología

### 4.1 Gestión del Proyecto de Investigación

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4**, se puede ver el cronograma de actividades, las actividades que están en rojo, son las actividades críticas, aquellas que no se pueden demorar. De 14 actividades, 9 son actividades críticas, es decir que el 64,2% de las actividades no se pueden retrasar, ya que retrasaría todo el proyecto, esto es alarmante ya que porcentaje es bastante alto y en general no puede haber ningún error, ya que esto implicaría retrasar significativamente la terminación del proyecto.

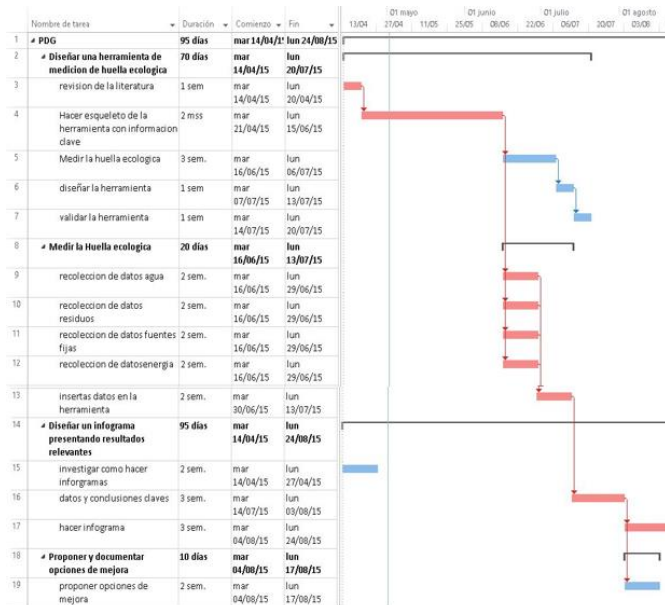


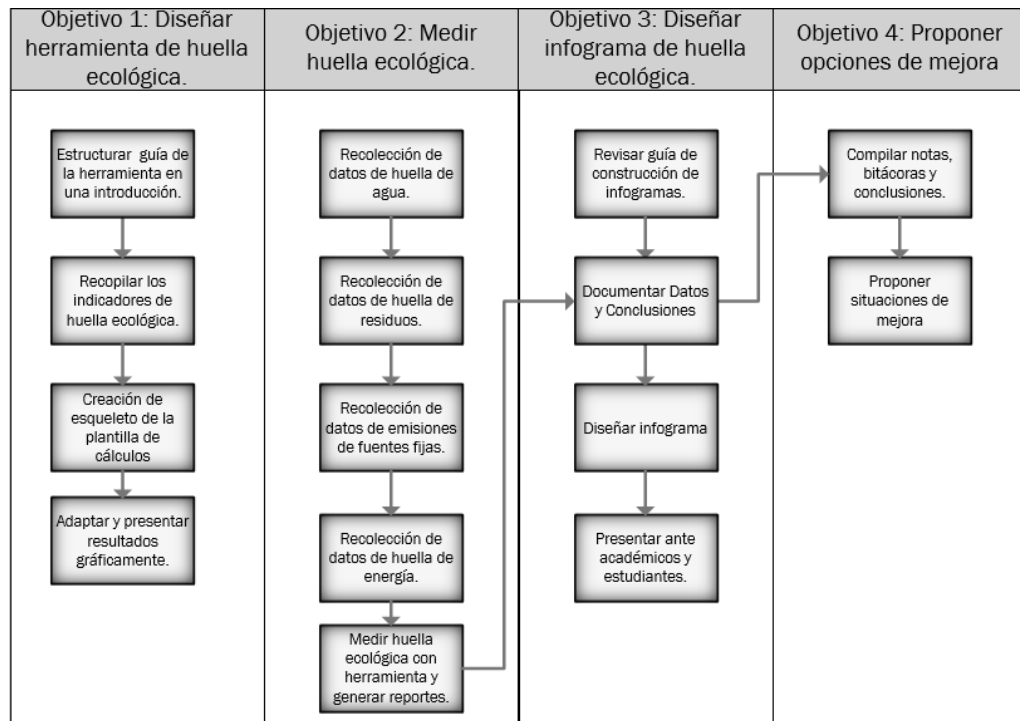
Ilustración 4 Cronograma

Una alternativa consiste, en usar el tiempo de las actividades no críticas, es decir actividades que si se retrasan no retrasarían todo el proyecto, por ejemplo un atraso en la actividad 4, que es hacer el esqueleto de la herramienta, puede esperar hasta hacer la actividad 5, que no es crítica y dedicarle todo el tiempo a las otras actividades criticas como lo son 9, 10, 11 y 12, que consisten en la recolección de datos de los diferentes ítems de la herramienta.

Otra opción es ir adelantando trámites de información que necesitamos, es decir, ir averiguando a quien debo pedirle la información, si es posible obtenerla, en dónde y cuánto tiempo demoran en entregármela, y no se perdería tiempo con trámites.

También, para no correr en riesgo con el atraso del proyecto es agregar más recursos, en este caso, sería el tiempo, al ver que una actividad crítica se retrasó, habría que dedicarle más tiempo del planeado, aunque esto implicaría sacrificar tiempo de ocio y descanso, es necesario hasta que el cronograma vuelva a estar como se planeó. Por último, se puede usar el tiempo de holgura de las actividades críticas, ya que una actividad crítica no necesariamente tiene holgura cero, también puede tener una holgura de tiempo muy pequeña, aunque esto hace más sensible todo el proyecto (mala respuesta a inconvenientes externos), se puede usar cuando de verdad es necesario y correr con suerte de que no suceda alguna situación externa que pueda afectar el proyecto, si esto ocurre, se pondría en marcha el plan explicado anteriormente.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5**, se puede observar las actividades de cada objetivo y el flujo o dependencia que existe entre ellas.



**Ilustración 5 Mapa de metodología.**

El alcance del proyecto fue tenido en cuenta a la hora de la realización de la huella ecológica por lo que para el cumplimiento del objetivo 2 solo se tuvo en cuenta hasta la huella de fuentes fijas sin contar la huella de fuentes móviles. La huella de fuentes móviles hace parte de un proyecto de grado que se realiza paralelo a este proyecto, por lo que sus resultados de fuentes móviles dan otro escenario de resultados, teniendo en cuenta que el año base de este proyecto es 2014 y el de movilidad es de 2015, los resultados de huella ecológica se presentarán por aparte con los supuestos de que fuentes móviles no varía de un año a otro significativamente y tomando los resultados del proyecto de movilidad como los datos más críticos para el año 2014.

## **4.2 Metodologías de Análisis**

Este análisis de la huella ecológica utiliza como referencia una base diferentes categorías para comparar el consumo anual de los recursos de la universidad versus la capacidad de regeneración de biosfera de la Tierra. Esta capacidad regenerativa se normaliza en hectáreas biológicamente productivas (gha) de tierra, que representan cantidades de naturales recursos consumidos. Si la demanda de la población (huella ecológica) del instituto es mayor que la capacidad de oferta de recursos del total tierras, entonces la universidad está incurriendo en un déficit ecológico. Por el contrario si la huella es menor que la capacidad de suministro de recursos naturales, la institución está generando un excedente ecológico.

El indicador de la huella ecológica determina el área de tierra biológicamente productiva necesaria para cumplir o soportar todas las actividades en las categorías analizadas. Cuatro grandes categorías de impacto ecológico son identificados y evaluados en la herramienta de huella ecológica: Energía, Agua, Residuos, y Fuentes Fijas. Fuentes móviles se estudia en otro proyecto paralelo y se analiza un escenario con esta categoría.

### **4.2.1 Herramienta de la huella de ecológica**

#### **Navegación.**

En la herramienta de la huella ecológica es importante entender la lógica de cómo funciona, cada huella tiene tres sencillos pasos generales: entrada de datos, cálculos y resultados. La herramienta permite observar los tres pasos siendo programable de acuerdo a cada actualización de nuevas versiones. Para cada huella la herramienta cuenta con los mismos pasos que al final son consolidados en la huella ecológica de la

institución. En la siguiente ilustración podemos observar el mapa de la hoja de cálculo de la herramienta donde se encuentra un diagrama de todas las hojas a introducir información y de las demás referencias de interés.

Cada hoja de cálculo de huella (agua, energía, residuos, fuentes fijas y móviles) tiene un recuadro de la esquina superior izquierda denominada "Mapa de la hoja de cálculo" al hacer clic en este parte ira al mapa de la hoja de cálculo. Por ultimo para llegar a una hoja de cálculo deseada, haga clic en el recuadro del nombre que desea navegar.

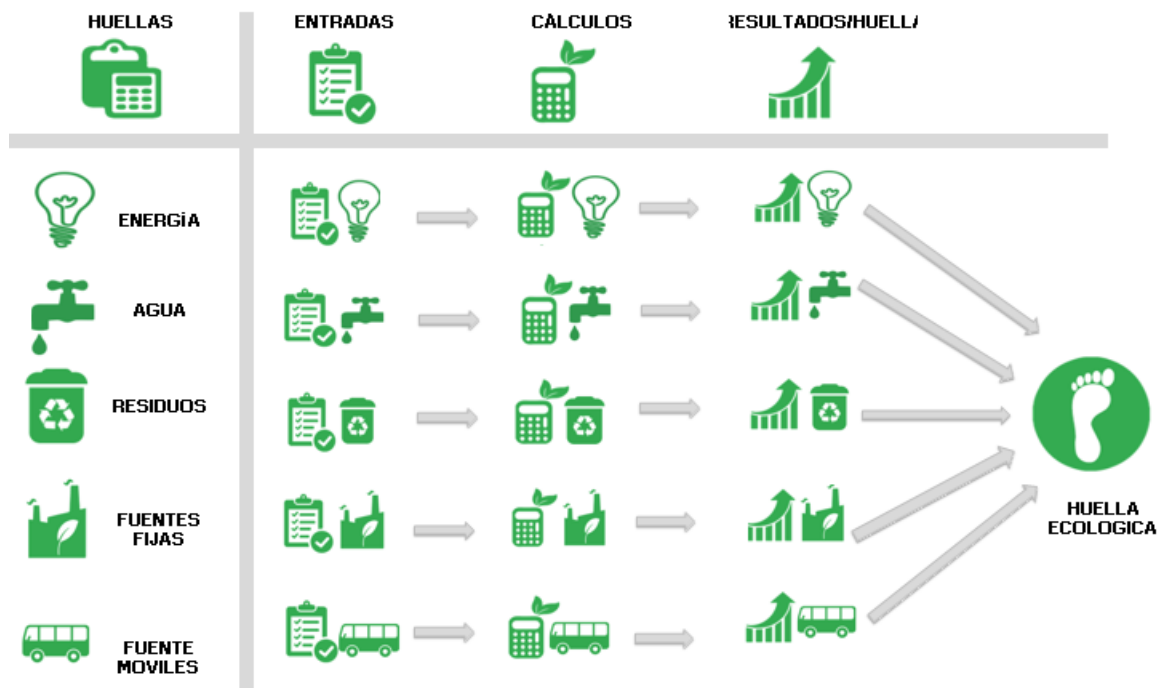


Ilustración 6 Mapa de la hoja de calculo

En toda la herramienta se encontraran con colores distintivos que permitan la identificación de cada una de las celdas.

### Entrada de datos.

Cada huella ecológica tendrá una pestaña de entrada de datos, con sus respectivas instrucciones de llenado y las fuentes de las que fueron obtenidos, así mismo con la explicación de métodos de recolección de la información y sus respectivos supuestos, que permiten entender la confiabilidad de los datos que son introducidos en la herramienta.

## **Cálculos**

Una vez introducidos los datos en la siguiente pestaña se podrán evidenciar los cálculos, las conversiones y procedimientos respectivos para llevar los datos introducidos al valor correspondiente a la huella, otros resultados que el usuario quiera ver.

## **Resultados.**

Cada huella ecológica tiene su pestaña de resultados, como información inicial, indicadores y gráficos de los resultados, también se compara los indicadores visualmente con alguna equivalencia para hacer un símil con la cotidianidad de las personas y sea mucho más sencillo entender y dimensionar el problema y así se procedería con los demás resultados de las huellas.

### **4.2.2 Huella Ecológica de la institución universitaria Icesi.**

Al finalizar la herramienta concluye con la huella ecológica de la universidad Icesi, esta información es posible, trayendo los resultados anteriores de las huellas ecológicas, ordenándolas y convirtiéndolas en hectáreas globales para determinar la huella ecológica de la universidad.

Para los cálculos de la huella ecológica de energía, residuos, fuentes fijas y móviles es necesario conocer el secuestro global de tierra, para luego ser usado en su huella de carbono.

La tasa de secuestro de tierra ( $0.192 \text{ ha} \cdot \text{año} / \text{tonCO}_2$ ) es el área de la tierra media de bosque necesaria para secuestrar las emisiones de  $\text{CO}_2$  anualmente. Basado en el hecho de que no todos los tipos de tierras y agua (es decir, bosque, desierto, océano, lago) son igualmente biológicamente productiva, el Factor de Equivalencia de la Tierra (1,17 hag/ha) compensa el grado variable de producción de biomasa sobre la biosfera (Chambers, 2000, pág. 85). Este número es mayor que 1 gha / ha, ya que lleva más de media tierra bioproductiva de la Tierra (dada en unidades de gha) que las tierras forestales media de la Tierra (dado en unidades de ha) de secuestrar la misma cantidad de  $\text{CO}_2$ . En general, este factor normaliza diferentes tipos de tierra para la bioproductividad promedio mundial. Para mostrar la relación de la tasa de secuestro de tierra y el factor de equivalencia de la tierra, un ejemplo de huella de carbonos se muestra a continuación (Copen, 2009, pág. 21).

A: Emisiones equivalentes de dióxido de carbono ( $\text{tonCO}_2\text{e}$ )



B: Tasa de secuestro de tierra (0,192 ha\*año/ tonCO<sub>2</sub>)

C: Factor de equivalencia de la tierra: (1,17 gha/ha)

$$1) D=B*C = (0,225 \text{ gha*año/ ton CO}_2)$$

$$2) A*D= (\text{gha})$$

Una vez obtenidos los resultados de huella ecológica, se procede a encontrar los planetas equivalentes, esto según (FootprintNetwork, 2015) es la división entre la huella per cápita de un individuo y la capacidad biológica per cápita disponible en la tierra 1,72 hag en 2011.

$$\text{Planetas equivalentes} = \frac{\text{Huella per capita universidad}}{\text{Biocapacidad per capita (1,72 gha)}}$$

Una vez obtenida esta fracción se calcula en número de bosques colombianos que representan un gran bloque de la biocapacidad natural colombiana con aproximadamente 59 millones de hectáreas de bosque.

El 33% de la biocapacidad de la tierra es para las tierras de bosque que representa aproximadamente  $3,94 * 10^9$  hectáreas (Kitzes, Audrey Peller, & Wackernagel, 2007).

Entonces el cálculo de los países equivalente es de la siguiente manera.

$$\text{Países equivalentes} = \frac{\text{Biocapacidad de bosques de la tierra}}{\text{Biocapacidad de bosques colombianos}}$$

De esta misma manera si tenemos la huella ecológica de la universidad en gha, podemos saber cuántas veces representa esa unidad en lotes de la universidad, misma.

$$\text{Numero de campus universitarios} = \frac{\text{Huella ecologica (gha)}}{\text{Area del campus (ha)}}$$

### 4.2.3 Huella Ecológica: Energía

#### Entrada Energía

Para la entrada de datos de energía hay una tabla para cada tipo de consumo de energía (toma regulada, toma no regulada, aire acondicionado e iluminación) en kWh mes a mes de todos los edificios de la universidad. Al final, hay una tabla resumen con los consumos de cada edificio mes a mes por tipo de consumo.

CANTIDAD DE ENERGÍA CONSUMIDA: TOMAS REGULADOS EN kWh DEL AÑO 2014														
EDIFICIOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL(edificios)	Mini-grafico
EDIFICIO A													0,0 kWh	
EDIFICIO B													0,0 kWh	
EDIFICIO TQ (OFICINAS A,B)													0,0 kWh	
EDIFICIO C													0,0 kWh	
EDIFICIO D													0,0 kWh	
EDIFICIO L													0,0 kWh	
TALLER DE DISEÑO													0,0 kWh	
BIENESTAR UNIVERSITARIO													0,0 kWh	
BIBLIOTECA													0,0 kWh	
UTA													0,0 kWh	
CAFETERIAS													0,0 kWh	
EDIFICIO F													0,0 kWh	
EDIFICIO G (SAE)													0,0 kWh	
CASA OCAMPO													0,0 kWh	
CASA OREJUELA													0,0 kWh	
CASA ROCHA													0,0 kWh	
BIOTERIO													0,0 kWh	
TOTAL (mensual)	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	
TOTAL ANUAL	0,0 kWh Tomas regulados													

Ilustración 7 Entrada de datos

### Cálculos Energía:

Para el cálculo de la huella energética se adaptó el cálculo teniendo en cuenta la metodología de huella de carbón equivalente, se utilizó el factor de emisión de CO<sub>2</sub> del sistema interconectado para inventarios de gases de efectos invernaderos<sup>3</sup> nacional de Colombia para Huella de Carbón (Flórez, 2013). Posteriormente los factores equivalentes de tasa de secuestro de carbón y hectáreas globales de tierras reportados por Wackernagel nos permite encontrar las hectáreas globales de tierra.

### Huella Energía:

Al final, se muestra cual es el consumo de energía por tipo de persona, se muestra un gráfico de barras el cual se puede ver cuál es el edificio que más energía consume. Se usó como punto de referencia una casa que consume energía tipo residencial promedio, el usuario puede elegir distintos estratos que van del 1 a 6 de la cabecera urbana de la ciudad de Cali, para el año 2014. Los correspondientes cálculos se hicieron teniendo en cuenta bodega de datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos. (SUI, 2015) Buscando en la base de datos, Tiempo: 2014; Servicio: Energía Eléctrica;

3 Para proyectos y mediciones específicas de generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de energía eléctrica, se puede calcular la huella de carbono siguiendo lo establecido en la norma ISO 14067 y el GHG Protocolo. (Flórez, 2013, pág. 22)

Ubicación Geográfica: Cali; Tiempo de energía de uso: Residencial; Estrato: 1-6 Urbano; Medida: Consumo promedio.

#### 4.2.4 Huella ecológica: Agua

##### Entrada de datos

Para la entrada de datos de agua de la institución educativa se dispuso una tabla donde se debe introducir los flujos de entrada en metros cúbicos de agua que pasan por los aljibes de la institución que alimentan las torres de la universidad donde se distribuyen a los respectivos edificios, las torres de igual manera hay otra tabla donde se registran los flujos de agua que marcan los contadores, ambas tablas nos permiten determinar si en el proceso de transporte de agua entre los aljibes a las torres existen pérdidas de agua, por fuga o daños en el sistema de tuberías. La entrada de datos de agua nos dice el total de agua consumida por la institución mes a mes.

FLUJO DE ENTRADA DE AGUA (m <sup>3</sup> ) POR ALJIBE DEL AÑO 2014													
ALJIBE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL (ALJIBE)
ALJIBE 1													0
ALJIBE 2													0
ALJIBE 3													0
ALJIBE 4													0
ALJIBE 5													0
ALJIBE 6													0
ALJIBE 7													0
ALJIBE 8													0
QUEBRADA GUALI													0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL ANUAL	0 m <sup>3</sup>												

Ilustración 8 Entrada de datos agua

#### Cálculos de Agua

En el cálculo del huella ecológica de agua se utilizó el factor de conversión de 0,00008 (gha/m<sup>3</sup>) de (Conway, 2015) por uso de la llave. Adicional a la huella se agregaron las hectáreas de jardinería, ya que estas aéreas requieren el uso de motobombas y equipos que desvían el uso del caudal del río para mantenimiento de estas áreas verdes de uso ornamental.

En los cálculos de agua por huella hídrica, se procede a determinar la huella del consumo del agua, analizando la distribución del consumo del agua por los edificios y las personas de la institución. Identificamos tres grandes fuentes de consumo de la población estas son las duchas, sanitarios, lavamanos. Con estas fuentes procedimos a estimar el consumo de agua de la población. Para el lavamanos se hizo un conteo por observación del número promedio de idas al baño de una persona al día., el número

promedio de usos del lavamanos, de igual manera se estima el consumo de agua de cada uso y se procede a calcular de la siguiente manera.

$$\text{Lavamanos} = \frac{\text{consumo agua } m^3}{1 \text{ lavamano-uso}} * \frac{\# \text{ usos}}{\text{persona-día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * \text{poblacion total} = \frac{m^3}{\text{mes}}$$

Los sanitarios cuentan con un procedimiento similar, en este caso se tienen en cuenta el consumo de agua del sanitario.

$$\text{Sanitarios} = \frac{m^3}{1 \text{ sanitario}} * \frac{\# \text{ usos}}{\text{persona-día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * \text{poblacion total} = \frac{m^3}{\text{mes}}$$

Finalmente el cálculo de las duchas tenemos en cuenta el consumo promedio que tiene una persona cada vez que toma una ducha y se toma el cálculo de la duración de la ducha.

$$\text{Duchas} = \frac{20 L}{\text{min}} * \frac{\text{min}}{\text{actividad}} * \frac{\# \text{ usos}}{\text{persona-día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * \text{deportes} = \frac{m^3}{\text{mes}}$$

Con estas tres fuentes podemos estimar el consumo promedio de la población de la institución educativa, de la misma manera, nos interesa conocer como este consumo se distribuye en los edificios. Actualmente la institución no posee medidores de flujo de agua en cada edificio, por lo que el cálculo del consumo de agua por los edificios se hizo proporcional a la densidad poblacional estudiantil. Con el número promedio de personas matriculadas por edificio, de todas las clases durante la jornada de estudio, mes a mes, se procede a hallar su peso porcentual que será el equivalente al consumo de agua de ese edificio.

### **Parámetros:**

*Personas promedio matriculadas edificio i*

*Total estudiantes mes j*

### **Cálculo**

$$\% \text{Asignacion de agua edificio } i \text{ mes } j = \frac{\text{Personas promedio matriculadas edificio } i}{\text{Total estudiantes mes } j}$$

*Consumo de agua edificio i mes j*

$$= \text{Consumo de agua total} * \% \text{Asignacion de agua edificio } i \text{ mes } j$$

Adicional a esto se considera el consumo de fuentes como las cocinetas que son asignadas a sus edificios correspondientes, estas cocinetas se tienen en cuenta como el consumo de agua necesario para el servicio de café y té, que se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Cocinetas} = \frac{\# \text{ tazas}}{\text{año-Edificio}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} * \frac{m^3}{1 \text{ tasa}} = \frac{m^3}{\text{mes}}$$

Al final los datos de entrada de los consumos y la asignación podemos distribuir los consumos de agua, existen consumos que quedan por fuera de las asignaciones que denominamos como otros, estos otros se distribuyen entre las fuentes de riego y otros edificios especiales como el caso de Bioterio o la unidad de tratamiento de agua (UTA).

Con los datos de huella de agua se proceden a tratarlos para mostrar los resultados finales, por último los consumos de agua de cada edificio se proceden a ordenar para analizar el Pareto de los consumos de agua.

#### 4.2.5 Huella Ecológica: Residuos

**Entrada de datos:** Para la entrada de residuos, hay una tabla para cada tipo de residuos, es decir, para residuos no peligrosos, existe una tabla para cada tipo, que son: residuos biodegradables, reciclables, inertes y ordinarios comunes. Para los residuos peligrosos, existe una tabla para cada tipo que son: biosanitarios, cortopunzantes, animales, fármacos, sustancias químicas, materiales pesados y emisiones gaseosas. Estos datos de entrada se deben ingresar en kilogramos, mes a mes, durante todo el año en cada edificio de la institución educativa.

En la entrada de datos se dispone de igual manera una tabla de residuos por tipo de material el cual es usado para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> generados al ser dispuestos finalmente siendo reciclados, tirados al relleno o siendo utilizados en compostaje.

#### **Cálculos:**

Para el calculo de la huella ecologica, primero se determina la huella de carbono de los residuos generados por tipo de materail, el dato final en toneladas de CO<sub>2</sub> se multiplica por su tasa de secueestro global visto en la seccion 4.2.1.

Tipo Residuo	Unidad	Reuso	Ciclo Abierto	Ciclo cerrado	Combustion	Compostaje	Relleno	Densidad promedio	Volumen especifico
		kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e	kg CO <sub>2</sub> e	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /kg
Libros	ton			21,0	21,0	21,0	553,0	305	0,0033
Vidrio	ton		21,0	21,0	21,0		25,7762	265	0,0038
Escombro	ton	1,0	1,0	1,0			75,0	1150	0,0009
Ropa	ton	21,0		21,0	21,0		552,0	65	0,0154

**Ilustración 9: Factores de emisión por tipo de material generado.**

En diferentes tablas se recopila toda la información de los residuos peligrosos y no peligrosos con sus respectivas categorías, esta información son los totales de la entrada de datos mencionada anteriormente. También hay una tabla que discrimina la cantidad de residuos peligrosos y no peligrosos por edificio, sin tener en cuenta las categorías, esto con el fin de conocer cuál es el edificio que más genera residuos y de qué tipo.

CANTIDAD GENERADA DE RESIDUOS NO PELIGROSOS EN KILOGRAMOS AL AÑO 2013													
TIPO DE RESIDUO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL (tipo residuo)
RESIDUO BIODEGRADABLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESIDUO RECICLABLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1754,9
RESIDUO INERTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESIDUO ORDINARIO O COMUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6308,9
TOTAL (mensual)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL ANUAL RESIDUOS NO PELIGROSOS	8663 kg												

**Ilustración 10: Calculo de residuos**

### Resultados:

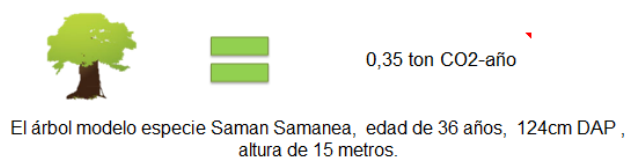
En los resultados se muestra diferentes gráficos para conocer la cantidad de residuos peligrosos y no peligrosos por edificio, también hay otro grafico que muestra la huella por el tipo de residuos, y al final se hace una comparación con la cantidad de basura generada en la universidad por un bote de basura



**Ilustración 11 Equivalencias de residuos.**

Se utilizó también como modelo árboles para determinar la mitigación de árboles, conociendo la tasa de secuestro del árbol, se utilizó la metodología de (Broward County, 2012) para conocer la tasa de secuestro del árbol.

Para representar la equivalencia de las emisiones se escoge, el modelo de mitigación de GEI por fijación de CO<sub>2</sub> de árboles necesarios a sembrar cada año.



**Ilustración 12: Punto de comparación para mitigación de CO<sub>2</sub>, usando árboles, Samán Samanea, de 36 años, 15 metros de altura y 1,24 m de diámetro.**

#### **4.2.6 Huella Ecológica: Emisiones de fuentes fijas**

##### **Entrada de datos**

Para la emisión de fuentes fijas, se hizo una tabla que consiste en entrar datos de consumo de combustible de la planta de energía de emergencia, esta entrada consiste en calcular cuánto es el combustible usado ya que la universidad no posee información de ello, para ello se dispuso otra tabla, donde se indica el uso por parte de mantenimiento de la planta en horas por mes, solo se tiene esa información ya que no existe información sobre el uso de las plantas de emergencia, por lo tanto:

La universidad hace manteamiento a las plantas de emergencia diez minutos cada semana, como el año tiene 52 semanas, este mantenimiento equivale a 8.6 horas/año

La universidad tiene tres plantas:

- Planta No.1= 281 KVA
- Planta No.2= 50 KVA
- Planta No.3 = 156.25 KVA

Según mantenimiento de la universidad una planta de 2881 KVA, consume 600L en 16h, una planta de 50KVA, consume 150L en 16h y una planta de 156.25KVA consume 300L en 16h, haciendo la regla de tres, el consumo por hora es de 37.5L/h, 9.38L/h y 18.75L/h respectivamente.

Al multiplicar el tiempo de manteniendo por el consumo promedio según la planta correspondiente, da el consumo mensual en galones o litros por mes.

También, se tomó en cuenta las herramientas de jardinería que son: guadaña-cortasetos, motosierra, cortasetos, sopladoras, fumigadoras-sopladoras y estacionarias, para estas es necesario conocer con qué frecuencia son usadas, la cantidad de usos, la duración, frecuencia de recarga y la capacidad del depósito, esto con cada uno de los ítems mencionados.

### **Cálculos:**

En los cálculos se calcula de las emisiones de CO<sub>2</sub> se calcula directamente dado el consumo de galones de la fuente a usar, los factores de emisión GHG son obtenidos de los inventarios reportados para el año 2014 (EPA, 2014)

Factores de emision por combustion		
Tipo de combustible	Kg CO2 por unidad	Unidad
Diesel (ACPM)	10,21	galón
Gasolina Motor	8,78	galón
Lubricante (Aceite 2T)	10,69	galón

**Ilustración 13 cálculos fuentes fijas**

Posteriormente con la huella de carbón se utiliza las tasas de secuestro global, para dar con la huella ecológica.

### **Resultados:**

Al igual que en residuos se utilizó como punto de referencia árboles para mitigar el CO<sub>2</sub> generado por fuentes fijas.

### **Fuentes Móviles.**

Para la huella de fuentes móviles se considera el proyecto de grado de movilidad de este año, del cual usaron estadística para determinar el intervalo donde se encuentra la media de kgCO<sub>2</sub>e en la población estudiantil para el año 2015, sumado a la huella de carbón por vuelos aéreos realizados por la institución en el mismo año. El dato utilizado para el escenario con Fuentes Móviles, es el más conservador utilizando el límite inferior de las emisiones de la comunidad icesi 244 TonCO<sub>2</sub>e-año (colaborador, docente estudiante) y las emisiones por vuelos aéreos 355 TonCO<sub>2</sub>e-año para un total de 579 TonCO<sub>2</sub>e-año generados por la universidad icesi en la categoría Fuentes Móviles (Acevedo & Martinez Ferro, 2015)



## 5 CAPÍTULO V. Resultados

### 5.1 Análisis de resultados

A continuación, se expondrán los resultados obtenidos de cada objetivo del proyecto, posteriormente a esto se explica los supuestos y límites de los resultados de cada huella y la huella ecológica en general.

#### 5.1.1 Objetivo 1: Diseño de herramienta de huella ecológica.

La herramienta Calculadora de huella ecológica –Instituciones educativas-, es un documento construido en Microsoft Excel, donde se creó varias hojas constituidas en la introducción, mapa hoja de cálculo, entrada, cálculos y huella de: energía, agua, residuos, fuentes fijas y fuentes móviles, cada hoja de Excel contiene cada uno de estos ítems, estos a su vez se subdividen en otras hojas de Excel llamados: entrada, cálculos y huella), la herramienta tiene una hoja que se llama Huella Ecológica, Glosario y finalmente Fuentes.

#### Hoja de Introducción:

En esta hoja, se explica que es una herramienta para las instituciones educativas que registra el consumo de agua, de energía, residuos, emisiones de fuentes fijas y móviles, así como una explicación breve de navegación y uso de la herramienta. En esta sección se pone el nombre de la institución a analizar y el logo de esta.

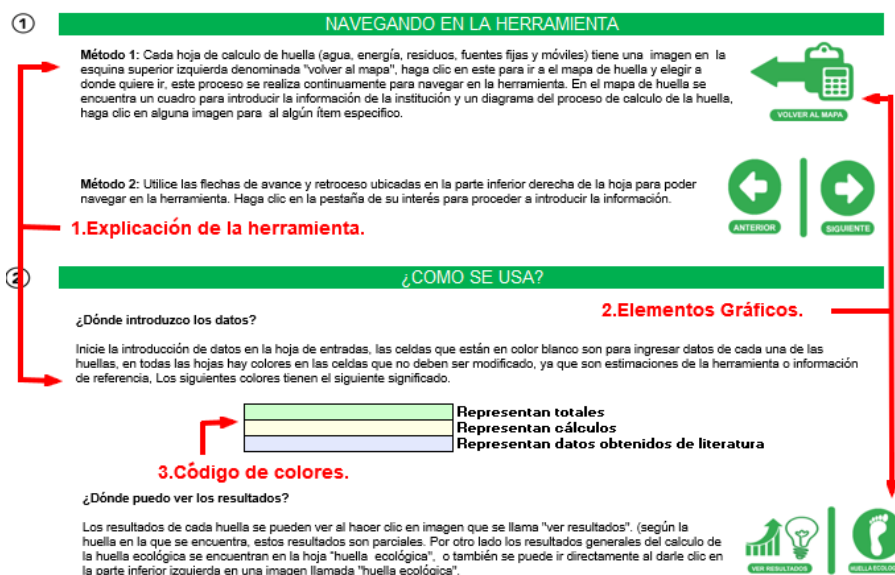


Bienvenido a la calculadora de Huella Ecológica-instituciones educativas-. Esta herramienta le ayudará en el cálculo del consumo de agua, energía, aprovechamiento de residuos y reducción de emisiones de carbono en fuentes fijas y móviles para su institución. A continuación las instrucciones lo guiarán al buen uso de la herramienta y la búsqueda de propuestas de mejora según los resultados.

Nombre de la Institución:	
---------------------------	--

espacio para logo de la institución

**Ilustración 14 Vista de la hoja "introducción" de la herramienta.**



**Ilustración 15: Vista de la hoja "introducción" navegación y uso de la herramienta.**

Se creó un panel que explica la forma en cómo se navega a través de dos métodos para usar la herramienta y el significado de los colores que verán en ella. Cada hoja de cálculo de huella (agua, energía, residuos, fuentes fijas y móviles) tiene una imagen en la esquina superior izquierda denominada "volver al mapa", al hacer clic en este se dirige al mapa de huella y se procede a elegir a dónde quiere ir, este proceso se realiza continuamente para navegar en la herramienta. Los colores de las celdas tienen una convención, se dispuso a usar colores de paletas similares de manera que la herramienta sea homogénea. Los títulos y el contenido de las tablas de la primera columna, van el color gris claro para poder diferenciar el contenido de la tabla en el centro y de los datos que se tienen que insertar. Las sumas tienen un color verde para indicar totales y poderlos diferenciar en las tablas. Los datos que son extraídos de fuentes externas de literatura, son de color azul, esta información indica que no depende de cálculos propios de las personas que realizan el proyecto. Las celdas de color amarillo son cálculos que se generan automáticamente, ya sea porque hay una operación o está en función de otras celdas, no deben ser modificadas ya que representan las operaciones internas de la calculadora.

TITULO
SUBTITULO
SUMAS
DATOS
LITERATURA
CALCULOS

**Ilustración 16: Código de colores de la herramienta de cálculo.**

## Hoja Mapa de Huella:

En el mapa de huella se encuentra un cuadro para introducir la información de la institución y un diagrama del proceso de cálculo de la huella, al hacer clic en alguna imagen se dirige a la hoja señalada. Esta hoja tiene un cuadro donde nos permite ingresar la información de la institución educativa, información de población de la universidad, terreno de esta, es importante que la institución introduzca esos datos, ya que se requieren en todos los cálculos de cada huella respectiva, además también se agregó una matriz, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.17** , que solo está compuesta por imágenes, donde se muestra el proceso general del cálculo de la huella ecológica.

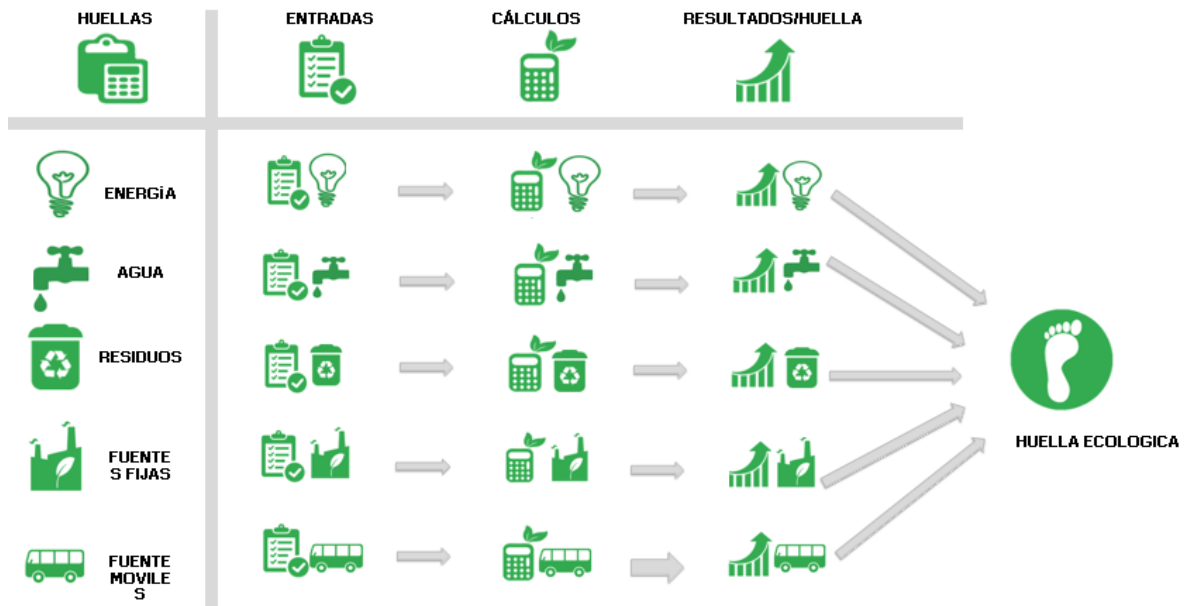


Ilustración 17: Mapa de la hoja de cálculo de la herramienta.

La herramienta tiene creada la pestaña glosario donde se colocan los conceptos claves y su definición, la herramienta finalmente cuenta con la pestaña fuentes, donde se creó una tabla donde se puede encontrar la información de cada ítem de la herramienta, el tipo de información que maneja, dependencia, cargo, nombre y correo.

## Formato de hojas

Todas las hojas tienen un panel en el título, donde tiene un botón en la parte izquierda para volver al mapa y al lado derecho tiene una imagen que representa en que hoja estamos (según el mapa, ya que hay una imagen para saber si es entrada de datos, cálculo o huella, junto con otra imagen para saber que ítem esta, ya sea, agua, energía,

residuos, fuentes fijas o móviles). Además, al final de cada panel hay una descripción breve de la parte que estamos viendo.



### ENTRADA ENERGÍA

En esta pagina se encuentra cuadros de la cantidad de energía eléctrica que se dividen en tomas no regulados, tomas regulados, iluminacion y aire acondicionado, en las casillas en blanco se ingresa la información de cada uno de estos items..

En todas las hojas, hay un panel donde tiene cuatro botones, en la parte derecha hay dos botones uno para dar siguiente a la hoja y otro para volver a la hoja anterior, en el lado izquierdo también hay dos botones, uno para ver los resultados de la huella específica que se está viendo y otro para ver los resultados de la huella en general.



### Formato de tablas

TITULO DE LA TABLA						
CATEGORIA	MES 1	MES 2	...	MES 12	TOTAL(categoria)	Mini gráfico
CATEGORIA 1						
CATEGORIA 2						
CATEGORIA 3						
CATEGORIA 4						
CATEGORIA N						
TOTAL (mensual)						
TOTAL ANUAL						

1) Introducción de datos. (Red arrow pointing to the data cells)

2) Categorías de la tabla. (Red arrow pointing to the category column)

3) Totales y Subtotales de la tabla (Red arrow pointing to the total rows)

4) Control gráfico (Red arrow pointing to the mini-graph column)

Ilustración 18 formato de tablas usadas en la herramienta.

Las tablas de la herramienta siguen un mismo formato, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.18**, se puede ver que las celdas blancas, son los datos a introducir, las categorías de la tabla, la sumas de los totales, y en algunos casos especiales como Energía y Agua, mini gráficos de los registros mensuales.

**Energía:** Los indicadores recopilados para la huella energética se encuentran en la pestaña entrada energía, los datos se encuentran en kilowatts-hora por mes (kWh/mes), se creó una tabla de seguimiento por cada edificio, se crearon tablas adicionales que miden específicamente el consumo de energía de cada edificio teniendo en cuenta cuatro elementos de consumo: aire acondicionado, iluminación, tomas regulados y tomas no regulados.

En la pestaña **Cálculos Energía** se creó dos paneles para la presentación de los cálculos de la huella energética, en el primer panel se crearon cinco tablas de cálculos y una tabla de equivalencia, en una tabla de cálculo se encuentra el factor de emisión de kgCO<sub>2</sub> del sistema interconectado eléctrico de Colombia, las siguientes dos tablas las tasas de secuestro de tierra de CO<sub>2</sub> y el factor de equivalencia de tierra a hectáreas globales, una cuarta tabla del consumo de energía de la red eléctrica de la institución educativa, y por último una tabla de resultado de huella ecológica, correspondientes a la metodología explicadas en la sección 4.2.3. El segundo panel de cálculo, es para la adaptación de las equivalencias gráficas, se encuentran dos tablas de datos poblacionales de la ciudad de Cali para el año 2014.

En la pestaña **Huella Energía**, se crearon diferentes paneles de resúmenes gráficos que se actualizan de manera automática. El primero contiene la huella energética per cápita. El segundo un gráfico de barras que muestra el consumo eléctrico por cada edificio, y un gráfico sencillo de línea para el consumo mes a mes. Tercero se creó un gráfico tipo pastel donde muestra el consumo de la institución educativa por fuente de consumo (tomas regulados, tomas no regulados, iluminación y aire acondicionado). Por último un panel que muestra ¿a qué es equivalente nuestra huella de energía? la equivalencia del consumo eléctrico. Se usó como punto de referencia una casa que consume energía tipo residencial promedio, el usuario puede elegir distintos estratos que van del 1 a 6 de la cabecera urbana de la ciudad de Cali, para el año 2014. Automáticamente la herramienta mostrara el número promedio de habitantes del hogar, así como el consumo promedio al año en kWh de la casa. Estos datos obtenidos de la base de datos del sistema único de información de servicios públicos (SUI, 2015), así como datos de la población, estrato y vivienda del informe de Cali en cifras 2013. Por último, se creó un panel que compara los consumos equivalentes con el consumo de la institución educativa, se muestra el consumo de la institución educativa y su representación equivalente, junto con un apartado de conclusiones.

## **Agua.**

Los indicadores recopilados para la huella de agua se encuentran en la pestaña **Entrada Agua**, los datos se encuentran en metros cúbicos por mes ( $m^3/mes$ ). Se crearon tres tablas que muestran los flujos de entrada de agua a los aljibes mes a mes, una tabla que muestra los flujos de salida de cada contador de agua mes a mes y por último, una tabla que calcula las pérdidas en el proceso de transporte de agua de los aljibes a la universidad.

En la pestaña **Cálculos Agua**, tenemos diferentes paneles como los son los consumos contabilizados de agua por edificio, tenemos los cálculos generales, que siguen el siguiente formato (ecuación, tabla de cálculo, tabla de mediciones y conversiones) se escribieron las ecuaciones del consumo de agua por parte de la población de la institución educativa para los lavamanos, sanitarios, duchas y cocinetas. En la tabla de cálculo se expresa el desarrollo de la ecuación y la tabla de mediciones y conversiones se encuentra los datos de entrada, las celdas con datos contienen comentarios que permiten ampliar más la información del tipo de dato o la fuente usada. Se creó al final una tabla resumen con los resultados parciales del estimado de consumo de agua en la institución educativa y un gráfico en pastel que lo representa visualmente. Se creó una tabla con el número promedio de personas que se encuentran matriculados en cada edificio cada mes para el periodo 2014, con el objetivo de realizar una asignación porcentual del consumo de agua como se explicó en la metodología 4.2.4, en una nueva tabla con los consumos de agua, el resultado final es la estimación del consumo promedio de agua en cada edificio, durante los meses del año 2014. Para el caso de edificios especiales como el bioterio, donde la población es reducida, se hizo la estimación del agua en otro panel con el mismo formato que en el cálculo general del agua (ecuación de la actividad, tabla de cálculo, tabla de mediciones y conversiones). Se creó un panel donde existe agua comprada con sus respectivos cálculos, otro panel de otros consumos de agua (lavandería, fuentes hídricas, aire acondicionado). Se creó una tabla que organiza los datos automáticamente para la construcción de un Pareto, y por último un panel de supuestos para indicar algunos puntos clave dentro de la herramienta a la hora de interpretar los resultados.

En la pestaña **Huella de Agua**, se crearon diferentes paneles de resúmenes gráficos que se actualizan de manera automática. El primero contiene la huella hídrica per cápita. El segundo panel contiene un gráfico de Pareto de consumo de agua de los edificios, y otro gráfico de barras que muestra el consumo general de agua de la institución educativa mes a mes durante el periodo 2014. Tercero se encuentran el panel de equivalencias de agua, esta sección se hizo con base en una página web

brasileña (Baptista & Cohen, 2014) donde se escogieron las ilustraciones creadas por Laura Rittmeister, estas equivalencias fueron: galones de agua mineral de 20 litros, tanques de agua de 1 metro cubico, equivalentes a 50 galones de agua , camiones de agua equivalentes a 25 tanques de agua y por último piscinas olímpicas equivalentes a 100 camiones de agua, cada equivalencia tiene una explicación del costo de oportunidad del recurso, extraída de la misma página. Por último, se creó el panel ¿a qué es equivalente nuestra huella de agua? Donde muestra la herramienta de manera automática el número de piscinas, camiones de agua, tanques de agua y botellas de agua equivalente.

### Residuos Sólidos.

Los indicadores recopilados para la huella de residuos se encuentran en la pestaña **Entrada Residuos**, los datos se encuentra kilogramos por mes (kg/mes). Se creó una panel con el mapa general de las tablas según el tipo de clasificación ver ilustración 19, separando los residuos de peligros y no peligrosos. De último, un panel con las entradas de residuos por tipo de material, con tipo de disposición final. El ingreso de los datos es manual, en la parte blanca y las tablas automáticamente calculan el indicador final de generación de residuos sólidos durante el año.

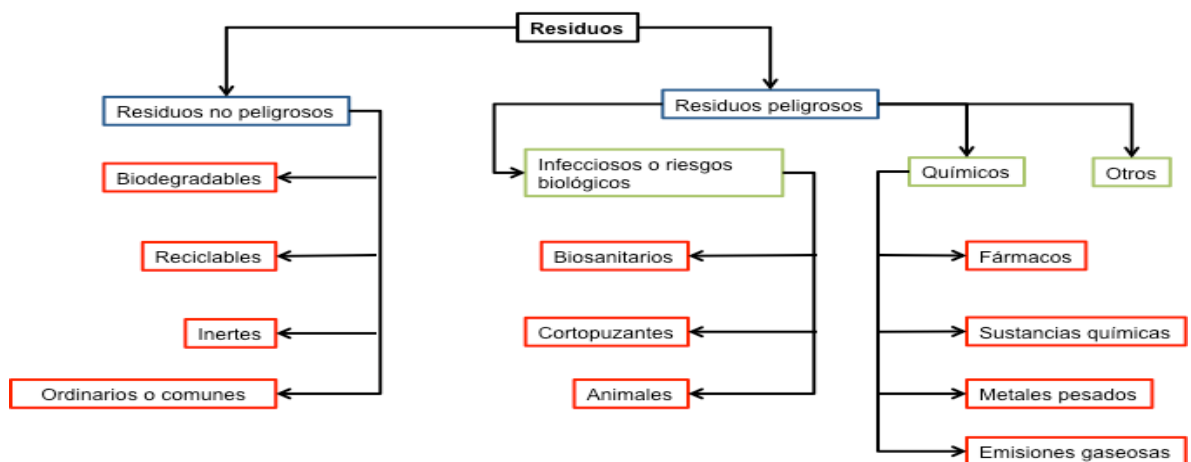


Ilustración 19 : Clasificación de residuos PGIRS 2013.

En la pestaña **Cálculo Residuos**, se encuentran en el primer panel tres tablas que resumen las entradas de los residuos según la clasificación PGIRS, para ser usado en los gráficos de resumen de manera automática. Se creó una tabla que calcula las cantidades generadas por tipo de material y calcula la generación de CO<sub>2</sub>, para esto se construyó una tabla con los factores de equivalencia de cada material, la herramienta de manera automática busca el material en la tabla y usa el factor de equivalencia, también asigna un peso porcentual de emisión según el tipo de disposición que haya

determinado el usuario (relleno, compost, reciclaje abierto, reciclaje cerrado), por defecto la herramienta se encuentra en reciclaje cerrado, porque los materiales en la gran mayoría se disponen de esa manera, a excepción de algunos materiales orgánicos como residuos vegetales que son llevados al compost. Existe también información de los materiales como las densidades promedio. En otro panel se encuentra el cálculo de del secuestro de CO<sub>2</sub> por árbol, existe una tabla con la metodología desarrollado para determinar la tasa de secuestro anual de un árbol, usando como modelo el árbol de la universidad icesi dando como resultado 0,35 tonCO<sub>2</sub>e-año por cada árbol. Esta cifra es usada a lo largo de las huellas de fuentes fijas y móviles para análisis de mitigación. Por último se encuentra el panel de huella ecológica, donde una vez obtenido la huella de carbón generado por residuos sólidos se aplica las tasas de secuestro global, para dar con la huella ecológica en hectáreas globales.

En la pestaña **Huella Residuos**, se crearon diferentes paneles de resúmenes gráficos que se actualizan de manera automática. El primero contiene la huella de residuos per cápita. Se creó el panel de huella de residuos según la clasificación PGIRS, una gráfica de pastel de los residuos totales de la universidad icesi y una gráfica de barras de los residuos generados mes a mes durante el periodo 2014. En otro panel se encuentra una gráfica pastel de los residuos no peligrosos y una gráfica de barra de generación mes a mes durante el periodo del mismo. Este panel se repite pero con residuos peligrosos y se crean de igual manera una gráfica de pastel y de barras. En el panel siguiente se encuentra una gráfica de pastel de residuos por tipo de material. Por último, se encuentra dos paneles a ¿a qué es equivalente nuestra huella de residuos? Donde se usó la equivalencia de una caneca de basura de 5 litros, y una caneca ecológica de 53 litros, en este panel van la equivalencia con la población universitaria al 2014, donde se muestra las canecas generadas al año, así mismo se encuentra la herramienta calcula el número de árboles a sembrar para mitigar el CO<sub>2</sub> generado durante el año.

### **Fuentes Fijas.**

Los indicadores recopilados para la huella de fuentes fijas se encuentran en la pestaña **Entrada Fuentes Fijas**, los datos se encuentra kilogramos por mes (galón/mes). Se crearon tablas para cada tipo de máquina que consuma combustibles fósiles donde se llenan los espacios en blanco que son calculados automáticamente por la tabla. Existen tablas más pequeñas con información de las frecuencias de uso de las maquinas que sirven de entradas para alimentar las tablas.

En la pestaña **Cálculo Fuentes Fijas**, se encuentran las tablas de cada tipo de maquina usada en la institución y automáticamente convierte los galones a emisiones de CO<sub>2</sub>



utilizando los factores de equivalencia correspondiente. Se creó una tabla que resumen las emisiones de cada tipo de máquina. Por último se encuentra el panel de huella ecológica, donde una vez obtenido la huella de carbón generado por fuentes móviles se aplica las tasas de secuestro global, para dar con la huella ecológica en hectáreas globales.

En la pestaña **Huella Fuentes Fijas**, se crearon diferentes paneles de resúmenes gráficos que se actualizan de manera automática. El primero contiene la huella de fuentes fijas per cápita. Se creó un panel que contiene una gráfica pastel de las emisiones generadas por el tipo de maquinaria. Por último el panel ¿a qué es equivalente nuestra huella de emisiones fijas? Tenemos como equivalencia el cálculo automático del número de árboles a sembrar para compensar el CO<sub>2</sub> generado.

### **Fuentes Móviles.**

Los indicadores recopilados para la huella de fuentes móviles se encuentran en la pestaña **Entrada Fuentes Móviles**, en esa pestaña se identificaron las personas y los modos de transporte que se tienen en cuenta para el estudio.

**Tabla 3 Factores tenidos en cuenta**

<b>Personas determinadas para el estudio</b>	<b>Modos de transporte tenidos en cuenta</b>
Estudiante de pregrado	Carro particular
Docente tiempo completo	Carro compartido
Docente de tiempo cátedra	Moto
Colaborador administrativo	MIO
Colaborador de mantenimiento	Buseta
Proveedor insumos cafeterías	Bicicleta
	A pie
	Avión

Fuente (Acevedo & Martinez Ferro, 2015)

Luego se identificaron tres situaciones para realizar el cálculo de la huella de carbono, los cuales son la movilidad de los docentes en vuelos nacionales e internacionales en el periodo 2015, y por último la movilidad de los estudiantes, docentes y colaboradores para llegar y salir de la universidad, y las herramientas utilizadas para obtener la información fueron:

- Encuesta: La cual se aplicó a estudiantes, profesores y colaboradores, preguntando las diversas formas de movilidad con frecuencia de uso para entrada y salida de la universidad durante el periodo 15-2

- **Formulario:** Se utilizó para proveedores de insumos de todas las cafeterías y se tomó en cuenta las diversas formas de movilidad con frecuencia de uso para entrada y salida de la universidad durante el periodo 15-2.
- **Información recolectada:** La información fue suministrada por el departamento de compras y suministros de la universidad, acerca de los vuelos de los profesores a diferentes ciudades de Colombia y el mundo.

En la pestaña **Cálculo Fuentes Móviles**, se encuentran tablas extraídas del proyecto de grado, titulado *análisis del impacto ambiental de los requerimientos de transporte de la comunidad de la universidad icesi*, Acevedo, J. F., & Martínez Ferro, D. 2015. En estas tablas usaron regresión estadística para determinar con un 95% de confianza el intervalo donde se encuentra la media de generación de CO<sub>2</sub> de movilidad de población, se utilizaron las tablas con los límites inferiores.

En la pestaña **Huella Fuentes Móviles**, se crearon diferentes paneles de resúmenes gráficos que se actualizan de manera automática. El primero contiene la huella de fuentes móviles per cápita. Se creó un gráfico de barras que muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> mensuales generadas por tipo de persona. En un panel aparte muestra la huella de carbono de los vuelos con un gráfico de barras que muestre el número de vuelos nacionales e internacionales y su respectiva emisión en kilogramos de CO<sub>2</sub>. Se creó un panel que muestra la huella de carbono por transporte terrestre, una gráfica de pastel con la distribución de uso de tipos de transporte a usar por la comunidad, un gráfico de barras que muestra las emisiones por uso único de estos medios de transporte.

### **Huella Ecológica**

El indicador de huella ecológica se presenta en hectáreas globales de tierra (gha) en la pestaña **Huella Ecológica**. En un panel de territorio se construyó una tabla con el resumen del territorio de la universidad. En el panel huella ecológica en hectáreas globales se construyó una tabla con los resultados de las anteriores huellas y se presenta un gráfico de pastel del mismo. En otro panel se encuentran las tablas que calculan la huella ecológica per cápita de la institución y la compara con la media global. Por último, se encuentra el panel ¿a qué es equivalente nuestra huella ecológica? En esta sección se encuentra la celda de la biocapacidad productiva de la tierra, la biocapacidad productiva de bosques de Colombia. La herramienta de manera automática calcula los planetas equivalentes de la huella ecológica de la institución, de esa fracción de planetas equivalentes calcula los países equivalentes de tierra de bosque colombiana, calcula el terreno equivalente de la huella ecológica comparando con el tamaño del campus y la suma de global de árboles necesarios para mitigar la huella de carbón.

### 5.1.2 Objetivo 2: Medición de la huella ecológica.

En este objetivo se revisa el resultado final de la huella y su equivalente en hectáreas globales de tierra. A continuación se expondrán los resultados de las huellas de Energía, Agua, Residuos y Emisiones de fuentes fijas, con su respectiva equivalencia de huella ecológica y aparte otro resultado teniendo en cuenta la huella de carbono por fuentes móviles.

#### Energía

En los resultados de energía se utilizan diferentes gráficos para exponer el comportamiento del consumo de energía en la universidad icesi. El consumo de la electricidad per cápita para el año 2014 fue de aproximadamente 769 kWh-persona.

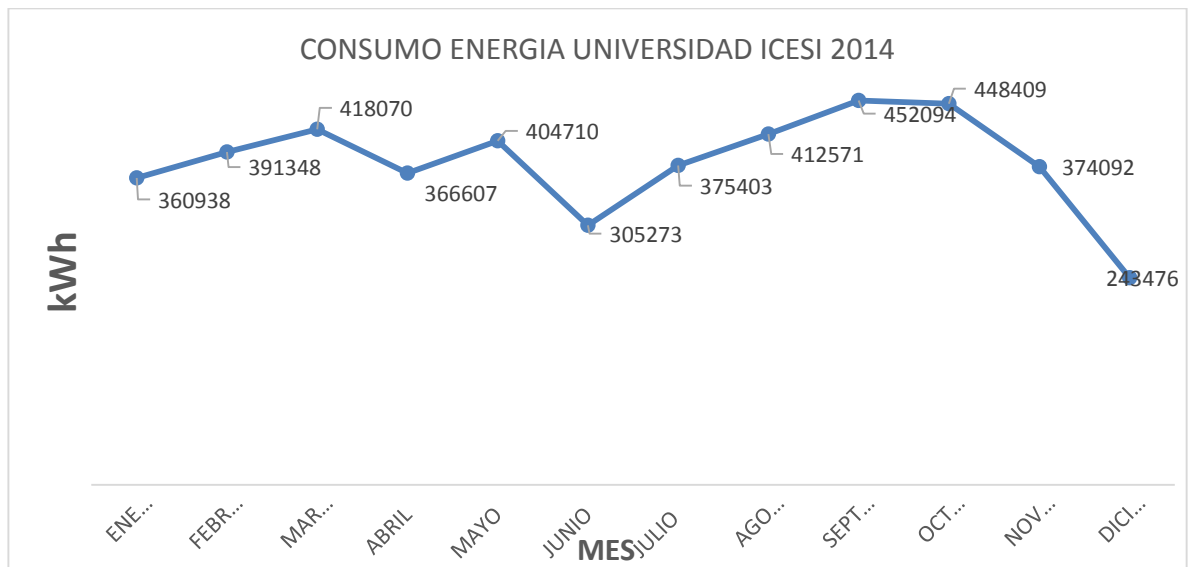


Ilustración 20: Consumo mensual de energía universidad icesi 2014.

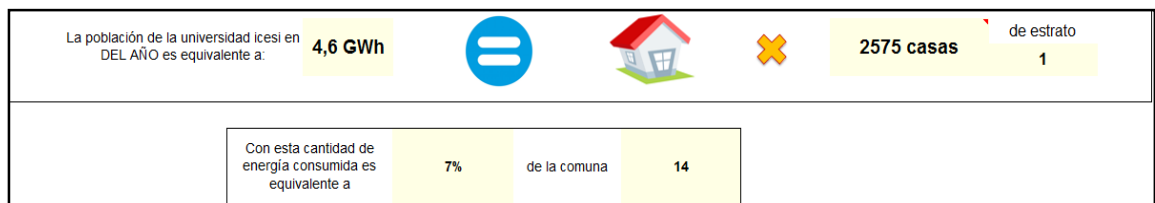


Ilustración 21: Huella energética equivalente.

La universidad icesi en el año 2014 consumió 4,6 GWh, con ayuda de la herramienta se puede constatar que con ese consumo de energía, tomando como modelo una casa

de estrato 1 de aproximadamente 4 personas y un consumo anual promedio de 1768 kWh se puede cubrir 2575 casas, lo que equivale también al 7% de la comuna 14 de Cali.

Con una casa modelo estrato 3 de aproximadamente 3 habitantes y un consumo anual promedio de 1821 kWh, se puede cubrir 2501 casas, lo que equivale al 7% de la comuna 5 de Cali.

Con una casa modelo estrato 6 de aproximadamente 3 habitantes y un consumo anual promedio de 4561 kWh, se puede cubrir 998 casas, lo que equivale al 34% de la comuna 22 de Cali.

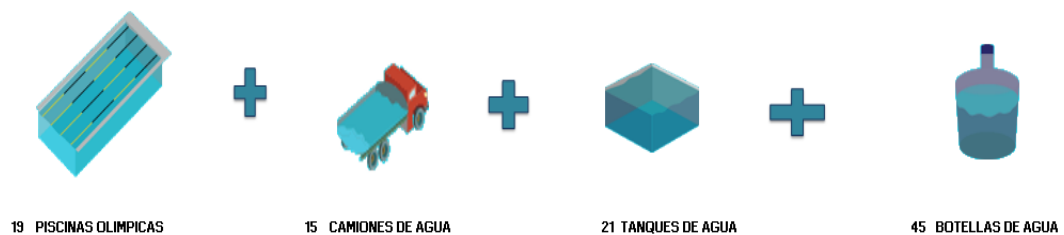
Sin tener en cuenta los consumos del campus, la casa que más consume es SAE con 96,6 MWh, seguido de Ocampo y Charria, con 59,1 MWh y 14,3MWh respectivamente.

La huella ecológica de energía por emisiones de CO<sub>2</sub> generados en la red fueron de aproximadamente 205 hectáreas globales de tierra (gha) que son necesarias para absorber las emisiones generadas por este consumo.

## Agua

En los resultados de agua se utilizan diferentes gráficos para exponer el comportamiento del consumo de agua en la universidad icesi. El consumo de agua per cápita para el año 2014 fue de aproximadamente 8 m<sup>3</sup>-persona. La universidad para el año 2014 consumió un total de 47.897 m<sup>3</sup> de agua dulce.

En la ilustración 22 tenemos la huella hídrica equivalente se hace una comparación del consumo de agua de la universidad, se encontró que el consumo de la universidad es equivalente a 19 piscinas olímpicas, 15 camiones de agua, 21 tanques de agua y 45 botellas de agua.



**Ilustración 22 Equivalencia de consumo de agua universidad icesi 2014**

## CONSUMO DE AGUA ICESI 2014

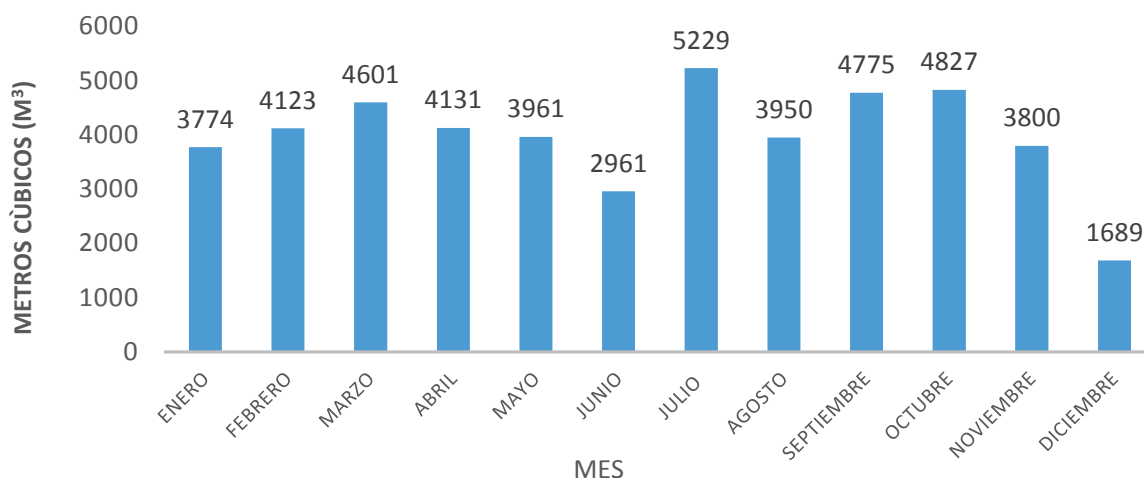


Ilustración 23: Consumo mensual de agua universidad icesi año 2014.

Se construyó un gráfico a partir de estimaciones de consumos de agua por edificio y se repartió el consumo de agua según las estimaciones, se caracterizó aproximadamente un 60% del total consumido, lo cual es un avance frente a otros proyectos que no pudieron estimar la huella con detalle, debido a la escasez de medidores. El 40% no contabilizado en el Pareto incluye actividades como consumo de lavanderías, cafeterías y actividades de aseo. No tener la estimación de estas categorías no entorpece el cálculo de la huella ecológica, ya que contamos con el dato total consumido de agua obtenido SOMA.

## PARETO DE CONSUMO DE AGUA POR EDIFICIO

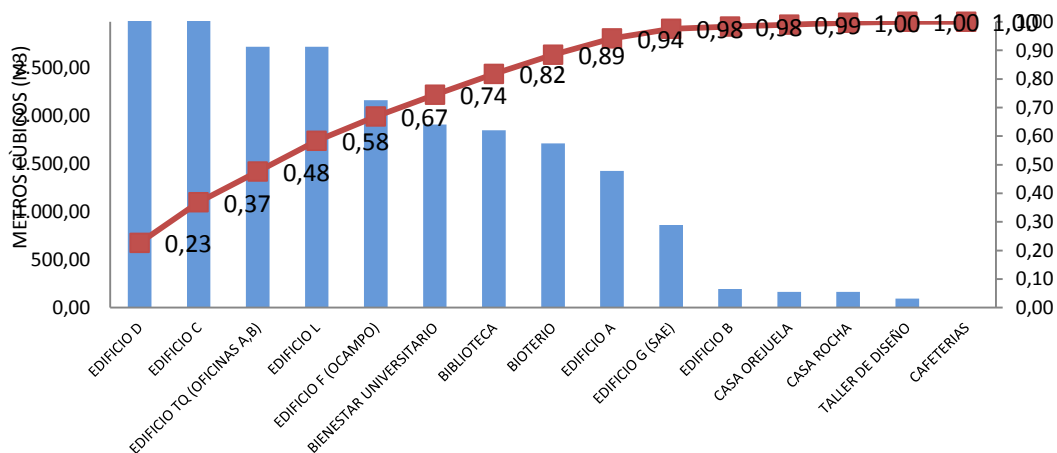


Ilustración 24: Pareto consumo de agua m³ por edificios.

En la figura 27, se puede observar que el edificio D, C, TQ, L, F y Bienestar universitario son los edificios que más consume agua, estos representan el 80% del consumo de agua estimada. Los resultados no sorprenden debido al gran asentamiento de la comunidad en estos edificios. Sin embargo esto solo corresponde al 60% de la huella contabilizada, en el 40% no estimado se encuentran las cafeterías que atienden a una gran porción de la comunidad en los edificios A, G y Bienestar universitario, cambiando la distribución del Pareto.

La huella ecológica de agua dulce fue de 4 hectáreas globales de tierra (gha), adicionalmente se tuvo en cuenta el área de jardinería que corresponde 8 hectáreas globales de tierra (gha), el cual destinan a uso ornamental. La huella ecológica ya tiene incluido el consumo de agua en las tierras, sin embargo se tuvo en cuenta el área de jardines porque es necesario el uso de motobombas para el riego de las mismas.

### Residuos Sólidos

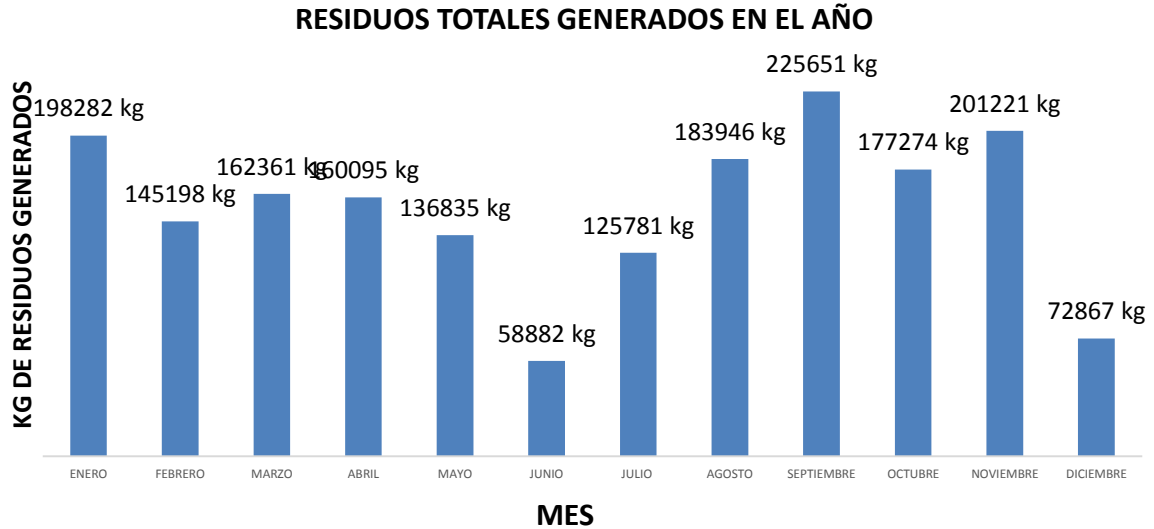
En los resultados de residuos se utilizan diferentes gráficos que muestran las generaciones de residuo. La generación de residuos de la universidad icesi para el año 2014 fue de 1.848 toneladas. La generación de residuo per cápita para el año 2014 fue de aproximadamente 312 kg-persona.

En la primera ilustración 25 tenemos la huella de residuos equivalente se hace una comparación de la generación de botes de basura de la universidad, se encontró que es equivalente 268.272 canecas de basura generada en el año, o 480 canecas de oficina per cápita.



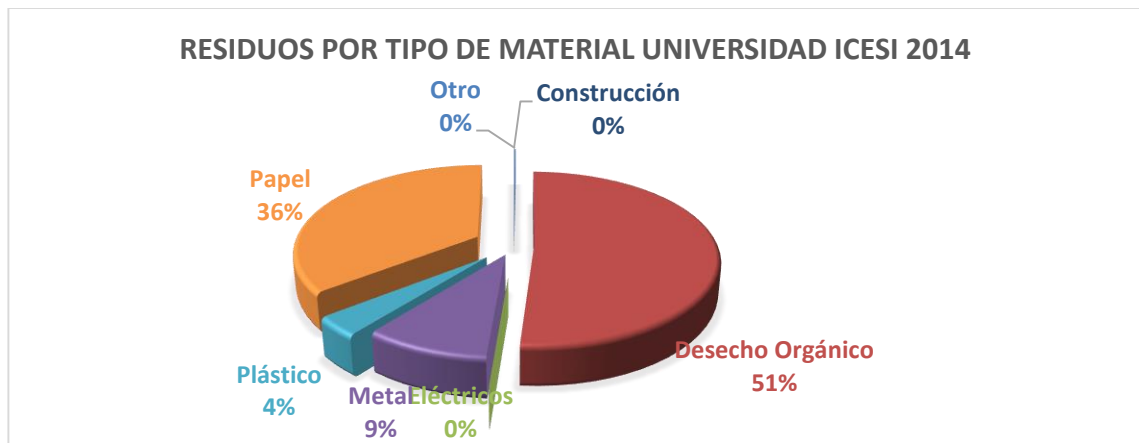
Ilustración 25: Huella de residuos equivalente.

A continuación mostraremos el comportamiento de la generación de los residuos de la universidad en la ilustración 26.





**Ilustración 26: Residuos generados mes a mes periodo 2014**

(1800) toneladas de los residuos generados es no peligrosos lo que representa casi un 100% del total. Actualmente la universidad no tiene todos los históricos mes a mes de cada categoría, sino los reportes anuales con lo que se dificulta la visualización completa de los residuos por la clasificaron PGIRS.



**Ilustración 27: Residuos por tipo de material universidad icesi 2014**

En la ilustración 27, se muestra los tipos de material reciclados estos hacen parte de los residuos no peligrosos, estos materiales son los que se cuantificaron para las emisiones de CO<sub>2</sub> que fue de aproximadamente 26 ton de CO<sub>2</sub>.

La población de la universidad genera 26 ton CO<sub>2</sub>-año de fuentes fijas, se necesita sembrar   74 árbol para ser compensadas

**Ilustración 28: Mitigación de CO<sub>2</sub> por siembra de árboles.**

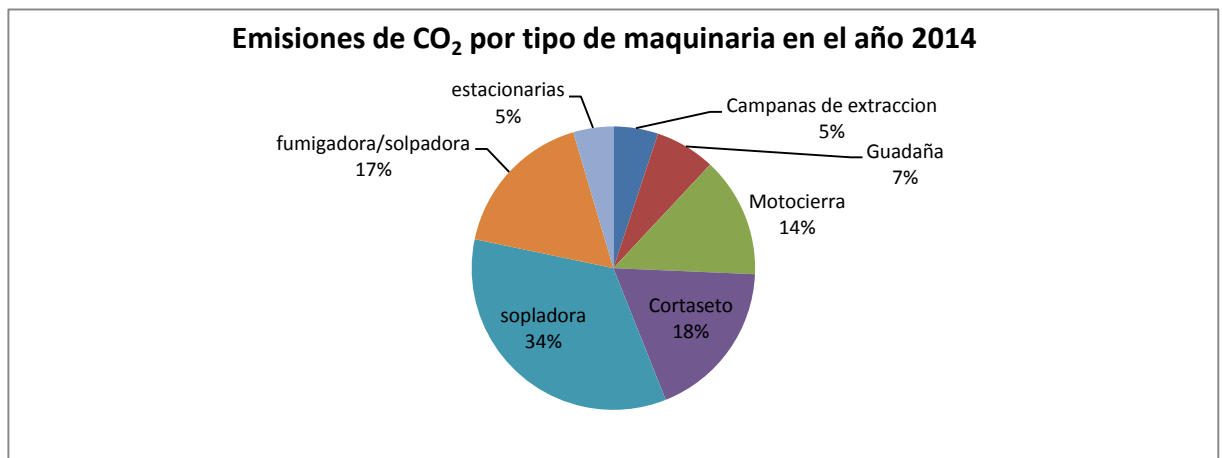
Como se muestra en la ilustración 28, serían necesarios sembrar 74 árboles para secuestrar las emisiones de CO<sub>2</sub> de los residuos generados por tipo de material.

La huella ecológica de residuos corresponde de aproximadamente 117 hectáreas globales de tierra (gha) que son necesarias para absorber las emisiones generadas por esta categoría.

**Fuentes Fijas**

En los resultados de fuentes fijas se utilizan diferentes gráficos que muestran las generaciones de emisiones de CO<sub>2</sub>. La generación de CO<sub>2</sub> por fuentes fijas en la universidad icesi fue de aproximadamente 28 ton de CO<sub>2</sub>. La emisión per cápita fue aproximadamente de 5 kg CO<sub>2</sub> al año 2014.



A continuación se presenta los resultados muestran las emisiones generadas por tipo de máquina.



**Ilustración 29: Generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de máquina, universidad icesi 2014**

Como podemos observar la sopladora es la que más emisiones genera con un 34%, seguido de los corta setos con un 18% y la motosierra con un 14%, las herramientas son las que más emisiones generan en comparación con las plantas de emergencia, esto se debe únicamente a la frecuencia que son usadas.



La población de la universidad genera **28 ton CO<sub>2</sub>-año** de fuentes fijas, se necesita   79 árbol para ser compensadas

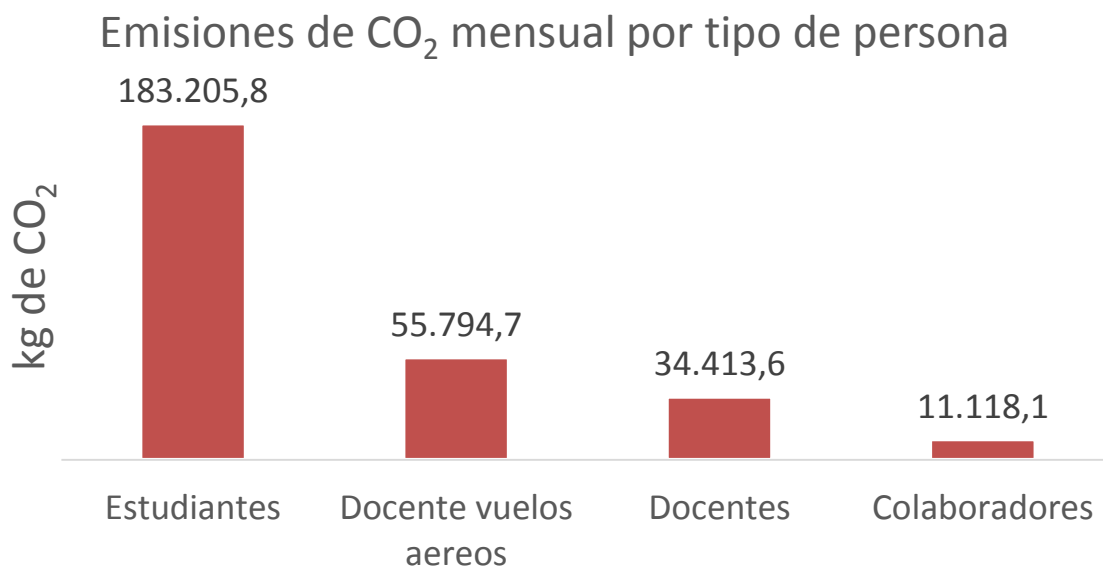
**Ilustración 30: Mitigación de CO<sub>2</sub> por siembra de árboles.**

Para compensar las emisiones de CO<sub>2</sub> por fuentes fijas, usando como modelo el árbol Samán, es necesario plantar 79 árboles.

La huella ecológica de fuentes fijas fue de aproximadamente 124 hectáreas globales de tierra (gha) que son necesarias para absorber las emisiones generadas por las maquinas.

### Fuentes Móviles

Para fuentes móviles se tuvo los resultados de los límites inferiores de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la universidad icesi para un total al año de 579 tonCO<sub>2</sub> y una huella per capita de 98kgCO<sub>2</sub> (Acevedo & Martínez Ferro, 2015)



**Ilustración 31: Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de persona**

En la ilustración 31 podemos observar que los estudiantes representan la mayor categoría de emisiones de la comunidad.

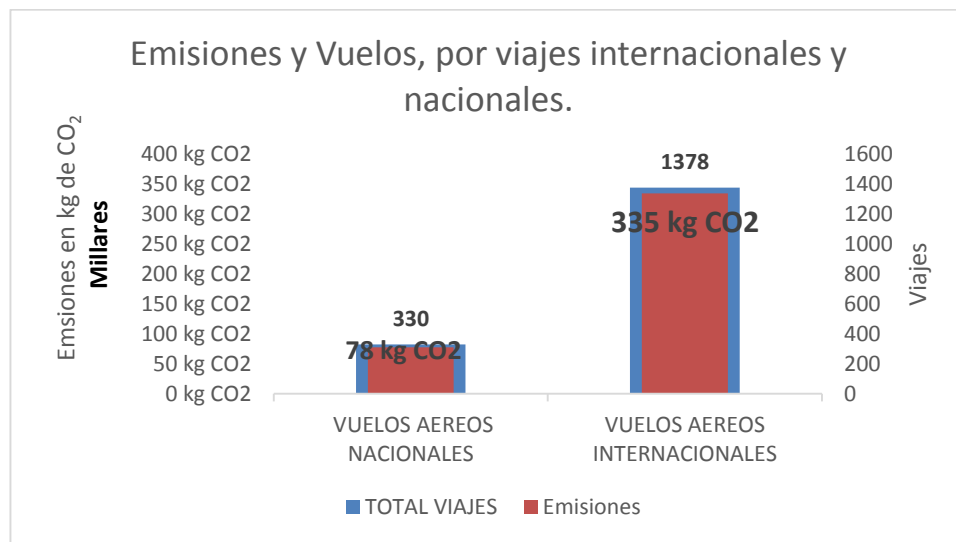
Para compensar la emisión de GEI, que genera la universidad icesi anualmente por concepto de fuentes móviles, es necesario sembrar:



1637 árbol

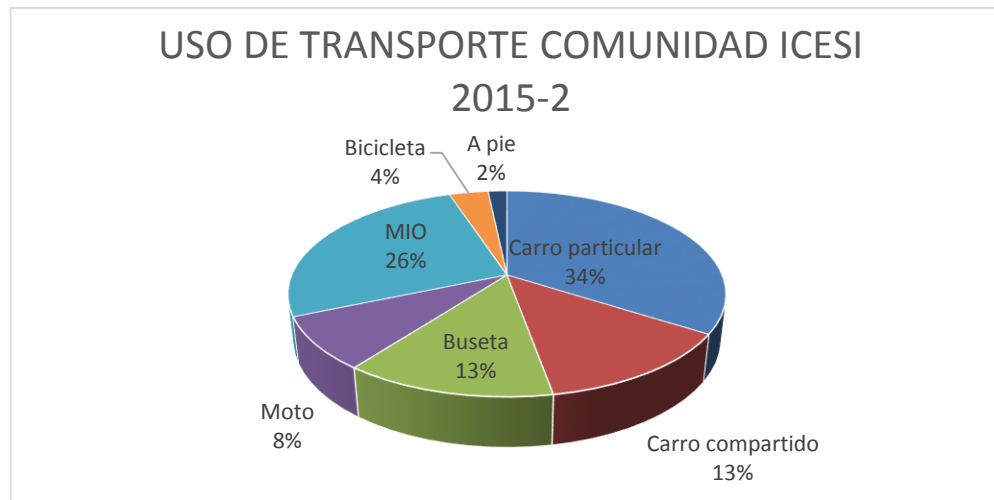
**Ilustración 32: Mitigación de CO<sub>2</sub> por siembra de árboles.**

En la ilustración 32 muestra que es necesario sembrar 1.637 árboles para compensar las emisiones por fuentes móviles.



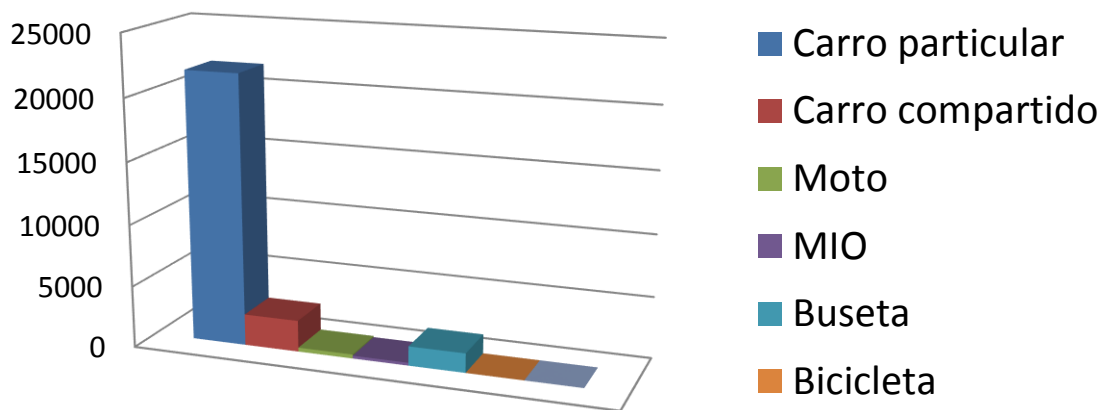
**Ilustración 33: Emisiones y Vuelos, por viajes internacionales y nacionales.**

330 vuelos nacionales, generan 78 toneladas de CO<sub>2</sub>, 1378 vuelos internacionales generaron 335 toneladas de CO<sub>2</sub>. También reportan la preferencia de uso de transporte de la comunidad universitaria teniendo de primero carros particulares con 34%, Mio 26% y entre las dos categorías por igual sumadas Buseta y Carro compartido un 26%.



**Ilustración 34: Uso de transporte comunidad icesi 2015-2**

### Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de transporte



**Ilustración 35: Emisiones totales de CO<sub>2</sub> por tipo de transporte.**

En la ilustración 35, observamos que el tipo de transporte que más emisiones genera, son los que usan carros particulares.

**Huella ecológica sin fuentes móviles.**

A continuación damos a conocer la huella ecológica para el año 2014 teniendo en cuenta Agua, Energía, Residuos y Fuentes Fijas, que fue de 235 hectáreas globales de tierra (gha). La huella per cápita con estos criterios es de 0,04 gha.

#### DESGLOSE DE LA HUELLA ECOLOGICA UNIVERISDAD ICESI 2014

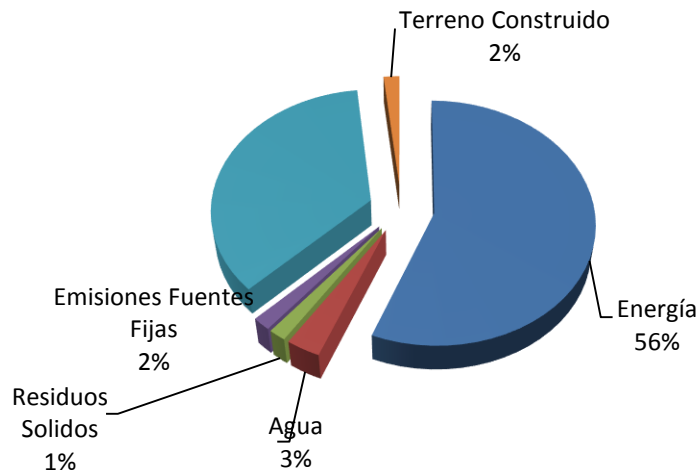


Ilustración 36: Distribución huella ecológica 2014

La huella que más aporta es energía con un 56% seguido de agua con un 3%, residuos y terreno construido con un 2% cada uno.

Actualmente la huella per cápita mundial tiene en promedio 1,7 gha, bajo estas categorías la universidad icesi tienen el 2% de la huella per capita global.

Si todos los habitantes de la tierra mantienen actividades de consumo como la población de la universidad ICESI para el año 2014, es equivalente a necesitar el 2% del planeta, para cumplir con todas las actividades.

El 2% de los recursos del planeta es equivalente a 1,5 países colombianos de bosques naturales. Cada país colombiano tiene aproximadamente 59 millones de hectáreas de tierra de bosque natural.

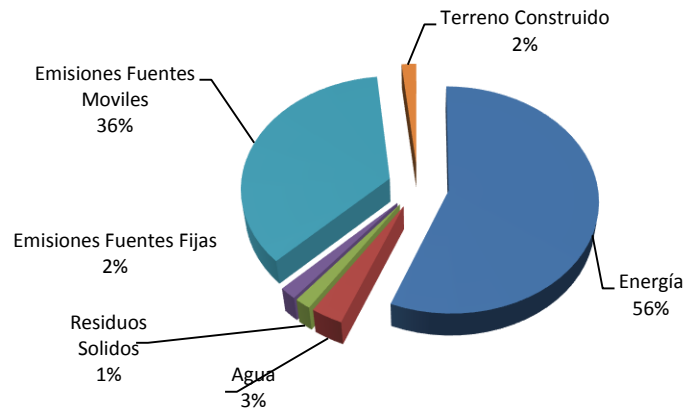
La huella ecológica de la universidad icesi es equivalente a hacer uso de 19 veces el campus de la universidad icesi en terreno de bosque para cubrir sus actividades.

Y en total se necesitarían sembrar 153 árboles para secuestrar el CO<sub>2</sub> emitido.

#### Huella ecológica con fuentes móviles.

Al incluir los datos del proyecto de grado de movilidad la huella cambia la distribución de la huella ecológica a 15656 hectáreas globales de tierra. Esto quiere decir aproximadamente 2,64 gha per cápita.

#### DESGLOSE DE LA HUELLA ECOLOGICA UNIVERISDAD ICESI 2014



La huella que más aporta es energía con un 56%, seguido de fuentes móviles con un 36% y el otro bloque de categorías un 8%

Actualmente la huella per cápita mundial tiene en promedio 1,7 gha, bajo estas categorías la universidad icesi tienen el 4% de la huella per capita global.

Si todos los habitantes de la tierra mantienen actividades de consumo como la población de la universidad ICESI para el año 2014, es equivalente a necesitar el 4% del planeta, para cumplir con todas las actividades.

El 4% de los recursos del planeta es equivalente a 2 países colombianos de bosques naturales. Cada país colombiano tiene aproximadamente 59 millones de hectáreas de tierra de bosque natural.

La huella ecológica de la universidad icesi es equivalente a hacer uso de 29 veces el campus de la universidad icesi en terreno de bosque para cubrir sus actividades.

Y en total se necesitarían sembrar 1.789 árboles para secuestrar el CO<sub>2</sub> emitido.

### 5.1.3 Objetivo 3: Diseñar un infograma con resultados relevantes.



Ilustración 37 Infograma

El infograma consiste primero en explicar el aporte de cada huella individual a la huella ecológica en el año 2014, es importante conocer estos datos, así sabremos que huella pesa más en la huella ecológica general, en el infograma se muestra que la huella que más le aporta es la energía con un 56%, le sigue fuentes móviles con un 36%, después agua con un 3%, fuentes fijas con un 2% y residuos y terreno construido con un 1%.

Después, se explica que es huella ecológica, y se muestra la carga medioambiental de las actividades de la universidad en términos que una persona pueda asimilar fácilmente, en este caso la universidad necesita de dos colombias, 4% del planeta y 29 veces la universidad para compensar la carga en el año de las actividades de esta, además tiene que sembrar 1790 samanes para absorber las emisiones de la universidad en el año.

También se muestra la huella per-cápita de agua, residuos, energía, fuentes fijas y fuentes móviles, esto con el fin de dar a conocer a la comunidad como está impactando a la huella ecológica y pueda dimensionar fácilmente su carga individual.

Por último, se explica las huellas una por una, con equivalencias para que las personas puedan dimensionar fácilmente la carga impuesta por esta, en agua el consumo es de 47.897m<sup>3</sup> Por año, que equivale a 19 piscinas olímpicas, 45 botellas de agua, 15 camiones de agua y 21 tanques de agua, a esta huella le sigue residuos, que consiste en que la universidad genera 268.272 canecas de basura al año, y para ello debe sembrar 74 samanes para compensar las emisiones de los árboles, la huella energética consiste en que la universidad consume 4.6GWh que es equivalente a 2501 casas de estrato tres, la huella de fuentes fijas, consiste en la generación de 28 toneladas de CO<sub>2</sub> por año, y para ello es necesario sembrar 79 samanes, en la huella de fuentes móviles, la universidad genera 579 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, y para ello es necesario sembrar 1637 samanes.

#### **5.1.4 Objetivo 4: Proponer y documentar opciones de mejora.**

La dificultad del levantamiento de los datos debido a los retrasos por confidencialidad, datos desorganizados o datos en los formatos no debidos, es un problema para la estimación de la huella ecológica. Los datos recogidos a menudo se encuentran a disposición de diferentes fuentes esto incluye, diferentes dependencias, reportes, históricos, encuestas. Esta dificultad retrasa el proyecto en el cálculo la huella ecológica en la herramienta, con lo cual se propone mejores formatos para el levantamiento de datos, basados en la herramienta de huella ecológica, a través de tres pasos, recolección, consolidación y compilación de la información. La dificultad aumenta cada vez que se quiera explicar en detalle los consumos de cada huella como

lo hace la herramienta, debido a que la recolección de datos y cálculos son más rigurosos. Para posteriores mediciones del indicador de huella ecológica, sin la estimación detallada de cada huella, proponemos.

- Se propone que las dependencias que recogen datos de las huellas ecológicas (Servicios generales, Soma, Planeación Académica, Planta física) suban la información correspondiente de la huella en la nube (internet), sea de uso compartido entre las dependencias, de esta manera se reduciría tiempo cosechando datos, ya que se encuentran en línea.
- Se propone que se examine la herramienta de huella ecológica entre las dependencias y se ajusten los formatos de recolección de datos a los sugeridos en la herramienta, esto significa, todos para uno.
- Se propone que los documentos que se sube a la carpeta común de huella ecológica sea de carácter público, como boletines, de manera que se pueda apalancar el cálculo de la huella ecológica de profesores, estudiantes y colaboradores, de esta manera se ahorra el tiempo en tramitación y permisos a la hora de realizar consultas.

#### **Agua:**

- Se propone que instalen medidores de agua en todos los aljibes, ya que los datos que pudimos obtener solo son aproximaciones y puede que no reflejen la realidad de la universidad, además no es fácil concluir si se pierde información en el proceso ya que los datos son aproximados y no tenemos la certeza si es un error de cálculo o efectivamente se pierde agua en el proceso.
- Se propone estandarizar y llevar control histórico de la cantidad de energía eléctrica necesario para tratar un metro cubico de agua (kWh/m<sup>3</sup>) de esta manera se estimaría de manera más precisa la huella ecológica de agua. Esto tanto para la planta de tratamiento como para el riego de la jardinería.

#### **Energía:**

- Se propone que se instalen medidores de consumo de energía en cada edificio, esto es muy importante para poder cuantificar y poder caracterizar este consumo, ya que la universidad no tiene datos de esto, simplemente el consumo de toda la universidad pero no caracterizado. Actualmente la universidad se encuentra en este proceso.



### **Residuos:**

- Se propone que en SOMA, haya registros de todos los tipos de residuos, que estén mes a mes, y caracterizado según su tipo, esto con el fin de conocer con exactitud cuáles son los residuos que más impacta la institución.
- Se propone llevar registro de todos los residuos no peligroso, siguiendo la metodología de cálculo de emisiones de residuos por tipo de material, de esta manera, se determinaría una huella de carbono más precisa. Este proceso se puede hacer a final de cada semestre y consolidarse en la herramienta.

### **Fuentes fijas:**

- Se propone registrar los consumos de cada combustible fósil consumido por cada tipo de maquina en formatos de fácil llenado, basados en las entrada de fuentes fijas de la herramienta.
- Se propone que cada vez que se vaya la luz, se reporten en formatos, la hora de encendido y puesta en marcha de las plantas de emergencia, y hora de finalización, apagado de la planta, para determinar el uso de las mismas.

### **Fuentes Móviles:**

- Se recomienda que se registren los vuelos nacionales y/o internacionales de los profesores a través de los sistemas de información interna de la universidad, con los parámetros sugeridos en la herramienta, en la pestaña **Entrada Fuentes Móviles.**
- Se recomienda realizar una encuesta de movilidad cada semestre con la información sugerida en entrada de fuentes móviles, a través de la mensajería de correo interno de la universidad, esto permite adelantar proceso a la hora de levantar la información y ahorrar tiempo.

Adicionalmente la información tiene que ser procesada a final de año para poder entregarse al siguiente semestre de esta manera.

- Se recomienda que en SOMA, haya una persona encargada de medir la huella ecológica dos veces en el año, esta medición debe hacerse en el mes de enero y en el mes de julio, para poder medir la huella ecológica del semestre inmediatamente anterior, esto no va a requerir contratar una persona adicional, solo asignar una tarea más a alguien, que se encargue de introducir la información a la herramienta.
- Se recomienda que toda la información que se necesita para medir la huella ecológica, la persona que la tenga, la vaya consolidando según los

requerimientos de la herramienta, y los vaya mandando a la persona encargada de introducir la información a la herramienta.

- Proponemos llevar paralelo al levantamiento de información un documento de sugerencias y comentarios para la entrega de la información y/o uso de la herramienta y se registre para futuros proyectos de actualización de la herramienta.

## **5.2 Supuestos y Limitaciones de la huella ecológica.**

### **Energía**

En energía se incluyó los reportes a partir de los recibos guardados por la universidad, estos reportes son por algunas zonas de la universidad, no hay reportes por edificios así que no se incluyó, hay un consolidado general y no caracterizado como lo plantea la herramienta.

### **Agua**

Se supuso que el comportamiento del uso de los recursos hídricos (baños, duchas, lavamos) es homogéneo.

Se supuso que existe correlación entre la densidad de la población en los edificios y uso de los recursos hídricos por el corto desplazamiento que tiene que realizar cada individuo.

Se supuso en algunos edificios que se funciona de manera activa todo el año.

En los cálculos de agua solo no se tuvo en cuenta el agua de riego y en el cálculo de agua de las cocinetas no se tiene encuentra el lavado de platos, solo el servicio de café.

Para los datos de la población de biblioteca se usó el promedio del periodo 2015 y los datos correspondientes al edificio A.

Se presume que los metros cúbicos que faltan por asignar se encuentran repartidos equitativamente entre las categorías no contabilizadas (Lavandería, Cafeterías)

## **Residuos Solidos**

Se supuso para la huella equivalente una densidad promedio de residuos solido urbano.

Se supuso que materiales registrados por la clasificación PGIRS, corresponden o están incluidos también a los registrados por tipo de material.

Las limitaciones de los cálculos, radica en que no se encuentran todas las densidades de todos los materiales registrados.

## **Fuentes Fijas**

Los cálculos se realizaron según el uso de las máquinas y el consumo de ellas, sin embargo no hay nada registrado y los datos fueron sacados según cree la persona encargada de las maquinas, José Porras colaborador de servicios generales de la universidad icesi.

No se tiene un registro de los apagones de la universidad, no es posible saber el consumo de combustible de las plantas de emergencia.

## **Fuentes Móviles**

Se supuso el consumo más pequeño para ser reservados en las conclusiones, se tomó los límites inferiores de los intervalos de confianza.

Las limitaciones de fuentes móviles radican en que no se puede medir con a toda la población para tener un dato exacto o calculo directo y se tiene que hacer por medio de encuestar o asumiendo comportamientos poblacionales. Estas mismas limitaciones se han reportado con anterioridad (Coplen, 2009).

## **Huella ecológica.**

Las limitaciones de la huella ecológica es que no se obtuvo el dato de movilidad de 2014, y se asumió el límite más pequeño calculado para el periodo 2015.

Se asumió que la bio capacidad de la tierra en hectáreas de bosque, se puede comparar con bosques naturales de países.

Se asumió la tasa de secuestro de dióxido de carbono de un árbol teniendo coeficientes de datos promedio de varios árboles, y no de manera específica para la especie Samán Samanea. Las limitación es de la huella ecológica en general es que es muy variables debido a que no hay un solo enfoque para el cálculo de ella.

## 6 CAPÍTULO VI. Conclusiones

- En este trabajo se construyó una herramienta para realizar el cálculo de la huella ecológica asociada a una universidad, la herramienta permite integrar proyectos de cálculo de emisiones de fuentes fijas y móviles, huella hídrica, energía y residuos sólidos. Este proyecto se realizó en la universidad Icesi para el período de 2014. Los resultados muestran que la Universidad Icesi necesitaría una extensión de 365 hectáreas (gha) para cumplir las actividades en sus operaciones, es decir 29 veces el tamaño de su campus en terreno de bosque.
- La huella ecológica de Icesi es de 0,06 gha/persona/año. Este valor corresponde al 4% de la huella ecológica per cápita mundial, lo cual es bastante positivo sin embargo es de esperarse debido al enfoque conservador que se tuvo en los cálculos de las emisiones.
- El principal impacto en la huella es energía con 205 gha, seguido de emisiones de fuentes móviles. El consumo de los equipos tecnológicos de la universidad representan una gran carga que se hace evidente con el incremento de equipos conectados a la red eléctrica. El aumento de parqueaderos representa de igual manera un incremento en el impacto de la huella ecológica.
- La huella per cápita de energía de la universidad icesi para el periodo 2014 fue de 769 kWh, la huella per cápita de agua 8m<sup>3</sup>, la huella per cápita de residuos 312kg y la huella per cápita de fuentes fijas 5 Kg CO<sub>2</sub> estos son un grupo de indicadores que muestra cómo se pueden unificar proyectos alrededor de una herramienta y hacer control sobre ellos.

Un grupo de indicadores en la herramienta para evaluar la sostenibilidad es de gran utilidad ya que permite, por un lado conocer la evolución de la institución respecto a los impactos que produce en su entorno y por otro, medir los avances logrados y tomar medidas para corregir los errores. La huella ecológica sirve como documento base para la toma de decisiones que aporten medidas eficaces y eficientes para la mejora de la gestión de la institución educativa.

## 7 CAPÍTULO VII. Recomendaciones

Las recomendaciones aquí expuestas surgen de nuestro aporte intelectual que pueden beneficiar a la universidad icesi en la medida que se complemente también con la colaboración de la comunidad universitaria a través de proyectos comunes, en la reducción de la huella ecológica.

### **Recomendaciones a la universidad icesi (mitigación huella ecológica):**

- Se recomienda a la universidad icesi evaluar el potencial de cambio de grifos, por tecnología más eficiente que perdure en el mercado por los próximos 20 años.
- Se recomienda evaluar el potencial de cambio de la tecnología de iluminación por una led o más avanzada.
- Se recomienda el evaluar el potencial de jardines colgantes en edificios de la universidad, para la mejora eficiente de los aires acondicionados.
- Se recomienda a la universidad evaluar políticas restrictivas del uso de vasos desechables en las cafeterías, e incentivar el uso de un solo vaso personal, propio de la universidad, distribuido por una tienda icesi.
- Se recomienda a las dependencias de Soma reordenar las rutas de levante de información alrededor de la huella ecológica.
- Se recomienda a la universidad, incentivar la entrega de documentos en línea, y uso de papel reciclado entre los departamentos y oficinas de la universidad.
- Se recomienda que usen de manera adecuada las ventanas de la universidad, ya que entran buena luz, sin embargo las cortinas mantienen cerradas y esto obliga a usar las bombillas cuando esta de día. Esta medida ha de aplicarse en todos los baños, sugerimos de 9 de la mañana a 5 de la tarde.
- Se recomienda que en las salas de cómputo se apaguen los computadores y no solo suspenderlos, ya que esto contribuye al consumo de energía, y con la cantidad de computadores de la universidad que mantienen suspendidos esperando a ser usados equivale a una cantidad de energía considerable.
- Se recomienda que no compren porrones de agua, ya que es un costo adicional, simplemente se pueden llenar con agua potable de la universidad, esta agua puede tener la misma o mejor calidad, ya que la

universidad tiene su propio tratamiento de agua, además reduciría la huella de carbono al no tener que transportar el proveedor el agua, a las instalaciones de la universidad.

- Se recomienda que instalen unos tanques de almacenamiento de agua, para las lavadoras, ya que el agua de las lavadas del último ciclo siempre salen limpias y como todo el día se está lavando ropa, la cantidad de agua que se podría reutilizar es considerable.
- Los indicadores de huella deben ser considerados en la construcción de los nuevos edificios y también en las reformas de los actuales. Se recomienda tener presente espacios designados para pilotos de sostenibilidad por proyectos de energía alternativa.
- Se recomienda la siembra de árboles frutales en los espacios verdes no transitados por la comunidad, de manera que la población puedan proveerse naturalmente de ellos, mientras secuestran carbón.

#### **Recomendaciones para investigaciones futuras (Proyecto Huella Ecológica):**

- Se recomienda para investigaciones futuras recolectar todas las sugerencias en el uso de la herramienta y las experiencias y se actualice en una nueva versión la herramienta como proyecto de grado.
- Se recomienda para investigaciones futuras la comparación de la huella ecológica con otras universidades y se recolecten los aciertos y desaciertos, experiencias y políticas de otras universidades encaminadas a las sostenibilidad.
- Se recomienda para futuros proyectos, el uso de herramientas digitales para el procesamiento de información de movilidad y huella de carbono de la universidad.
- Se recomienda la instalación de un sistema integrado de información con un módulo dedicado a la huella ecológica, las ventajas que pueden ofrecer un ERP para actualizar información de la huella ecológica, son de importancia como el acceso rápido desde diferentes usuarios a la información de los ítems de la huella ecológica.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. F., & Martinez Ferro, D. (2015). *Análisis del impacto ambiental de los requerimientos de transporte de la comunidad de la universidad icesi*. Cali: Univesidad Icesi.
- Álvarez, N. (2008). *Congreso Nacional del Medio Ambiente*. Obtenido de Universidad de Santiago de Compostela:  
[http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos\\_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf](http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf)
- Banco Mundial, G. d. (2014). *Banco mundial*. Obtenido de  
<http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC>
- Baptista, L. M., & Cohen, O. (2014). *O planeta água vai secar?*. Obtenido de Super Interessante: <http://super.abril.com.br/crise-agua/crise-mundial.shtml>
- Borja, A. M., Araujo Sarasty, A., & Gonzales, F. J. (2013). *PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS UNIVERSIDAD ICESI*. Santiago de Cali: Universidad Icesi.
- Broward County. (2012). *How to calculate the amount of CO2 sequestered in a tree per year*. Obtenido de  
<https://www.broward.org/NaturalResources/ClimateChange/Documents/Calculating%20CO2%20Sequestration%20by%20Trees.pdf>
- Carballo, A., & Garcia, M. (2008). *La huella ecologica corporativa y su aplicacion a un productor de mejillon en galicia (españa)*.
- Castillo Ospina, L. M., & Vaca Rivera, C. M. (2013). *GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN LA UNIVERSIDAD ICESI*. Santiago de Cali: Universidad Icesi.
- Chambers, N. C. (2000). *Sharing Nature's Interest*. Londres: Earthscan.
- Conway, T. &. (2015). *University of Toronto Mississauga*. Obtenido de Ecological Footprint Analysis: <http://geog.utm.utoronto.ca/ecofootprint/calculator.html>
- Cool Climate Network. (2015). *Scope 1,2, and 3 emissions types*. Obtenido de  
<http://coolclimate.berkeley.edu/node/405>
- Coplen, M. U. (2009). *Baseline Ecological Footprint of Sandia National Laboratories, New Mexico*.

- Desideri, U., & Proietti, S. (12 de Febrero de 2002). *Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy*. Obtenido de Elsevier Energy and Buildings: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00025-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00025-7)
- Doménech, J. (2006). *Eumed, Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa*. Obtenido de <http://www.eumed.net/eve/resum/06-07/jldq.htm>
- E.S.P, X. (2011). *monthly report of market analysis* .
- Endesa Educa, E. (s.f.). *Endesa Educa*. Obtenido de [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educ/a/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educ/a/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente)
- EPA. (4 de Abril de 2014). *Center for Corporate Climate Leadership GHG Emission Factors Hub*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: [http://www2.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors\\_2014.pdf](http://www2.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014.pdf)
- Flint, K. (2011). *Institutional ecological footprint analysis - A case study of the University of Newcastle, Australia*. Obtenido de Emerald Insight: <http://dx.doi.org/10.1108/1467630110380299>
- Flórez, H. H. (2013). *Factores de emision del S.I.N sistema interconectado nacional de Colombia 2013*. Obtenido de Sistema de Información Ambiental Minero Energético.: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Calculo\\_FE\\_SIN\\_2013\\_Nov2014.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Calculo_FE_SIN_2013_Nov2014.pdf)
- FootprintNetwork. (2015). *Footprint Network* . Obtenido de Glossary: <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/#Planet-equivalent>
- Global Footprint Network. (2015). *Earth Overshoot Day in 2015*. Obtenido de <http://www.overshootday.org/>
- Gonzales, L., & Sarria, O. (2009). *Determinacion de la huella del recurso hidrico de la Universidad Icesi*.
- Gottlieb, D., Kissinger, M., Vigoda-Gadot, E., & Heim, A. (6 de Diciembre de 2011). *Analyzing the ecological footprint at the institutional scale – The case of an Israeli high-school*. Obtenido de ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X11003517>



- Green House Protocol. (2015). *Greenhouse Gas (GHG) Protocol*. Obtenido de Determinación de los Límites Operacionales.: [http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo\\_de\\_gei.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo_de_gei.pdf)
- Hoeskstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assesment Manual*. London: Earthscan.
- Hoorweg, D., & Bhada-tata, P. (2012). *What a Waste: A global review of solid waste management*.
- Kitzes, J., Audrey Peller, S. G., & Wackernagel, M. (2007). Current methods fo calculating national ecological footprint accounts. *Science for environmental & Sustainability Society*.
- Klein-Banai, C., & Theis, T. L. (16 de Diciembre de 2010). *An urban university's ecological footprint and the effect of climate change*. Obtenido de ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X10002001>
- Lambrechts, W., & Liedekerke, L. V. (27 de Mayo de 2014). *Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes*. Obtenido de ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X14001940>
- Martelo González, L. F., & Sarria Guerrero, O. D. (2009). *DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DEL RECURSO HIDRICO DE LA U. ICESI*. Cali: ICESI.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. (2015). *Colombia hacia la COP21*. Obtenido de <http://educacion-ambiental.minambiente.gov.co/index.php/enlaces>
- Naratodo Sexto. (2015). *Blogger*. Obtenido de <http://naratodosexto.blogspot.com/2015/01/que-es-un-infograma.html>
- Nunes, L. M. (2013). *Framework for the intercomparison of ecological footprint of universities*. Obtenido de ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X1300157X>
- QUINTANA CHAPARRO, D. F., & VERGARA MÁRQUEZ, A. M. (2014). *DIAGNÓSTICO INICIAL COMO BASE PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA UNIVERSIDAD ICESI*. Cali: ICESI.

- Sarria, O., & Gonzalez, L. (2009). *Calculo de la huella hidrica en la universidad Icesi*. Cali: Universidad Icesi.
- Smiciklas, M. (2012). *The Power of Infographics*. Pearson Education.
- SUI. (2015). *Bodega de Datos O3*. Obtenido de Sistema Unico de Informacion de Servicios Públicos: <http://www.sui.gov.co>
- SUI. (2015). *Sistema Unico de Informacion de Servicios Publicos*. Obtenido de Bodega de datos O3: <http://www.sui.gov.co>
- Tenley M. Conway, C. D. (2008). *Developing ecological footprint scenarios on university campuses: A case study of the University of Toronto at Mississauga*. Obtenido de Emerald Insight: <http://dx.doi.org/10.1108/14676370810842157>
- Universidad Icesi. (2013). *PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS 2013*. Santiago de Cali: Universidad Icesi.
- University of Michigan. (2014). *Carbon Footprint Factsheet*. Obtenido de Center for Sustainable Systems: [http://css.snre.umich.edu/css\\_doc/CSS09-05.pdf](http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS09-05.pdf)
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. Canada: New Society Publishers.
- Water Footprint Network. (2015). *Glossary: Water Footprint*. Obtenido de <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Glossary>

## 9 ANEXOS

### Anexo 1 Herramienta huella ecológica

Se anexa en la misma carpeta de este documento, un documento de Excel que consiste en la herramienta del cálculo de la huella ecológica en instituciones educativas

Herramienta HE - Excel

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA Risk Simulator

Dellys Alejandra Arcila Ocampo

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

T25

Calculadora Huella Ecológica  
-Instituciones educativas-

Bienvenido a la calculadora de Huella Ecológica -instituciones educativas-. Esta herramienta tiene como objetivo ayudar en el cálculo de la huella ecológica, teniendo en cuenta las huellas de agua, energía, residuos, emisiones de fuentes fijas y móviles para su institución. A continuación las instrucciones lo guiarán en el uso de la herramienta.

Nombre de la Institución: Universidad Icesi

UNIVERSIDAD ICESI

Empezando...

## **Anexo 2 Infograma**

Se anexa en la misma carpeta de este documento, una imagen, que consiste en el infograma de la huella ecológica, ahí se puede ver con claridad todos los detalles de los resultados de la Huella Ecológica.