

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

## CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS (ESFOT)

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN AGUA Y  
SANEAMIENTO AMBIENTAL

SARABIA PANCHI DAISY GABRIELA

[g.sarabia.93@hotmail.com](mailto:g.sarabia.93@hotmail.com)

DIRECTOR: Ing. Jaramillo Sánchez Luis Ángel MSc.

[luis.jaramillo@epn.edu.ec](mailto:luis.jaramillo@epn.edu.ec)

CO- DIRECTOR: Ing. Silva Ramos Marco Daniel MSc.

[daniel.silva@epn.edu.ec](mailto:daniel.silva@epn.edu.ec)

Quito, Mayo 2019

## DECLARACIÓN

Yo Daisy Gabriela Sarabia Panchi, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Daisy Gabriela Sarabia Panchi

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daisy Gabriela Sarabia Panchi, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Luis Jaramillo**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daisy Gabriela Sarabia Panchi, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Daniel Silva**  
**CO-DIRECTOR DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por las bendiciones recibidas, por la fuerza constante que me da para seguir adelante, a la Virgen María por el amor de madre con el que me acompaña todos los días.

Gracias a mis padres Beatriz y Néstor por el apoyo especial que me han brindado durante toda mi etapa estudiantil, por su gran labor de educación en valores para conmigo y por ser mi incentivo de ser mejor cada día tanto en el ámbito personal como profesional. A mis hermanos, por ser mi soporte y compañía en cada etapa de mi vida. A mis sobrinos por ser grandes ejemplos de ternura, amor y felicidad.

A Daniel, compañero de vida, por su confianza, los aprendizajes compartidos del día a día, muchas gracias a la Sra. Anita R. por su bondad, afecto, atenciones recibidas, sabios consejos y sobre todo por su apoyo incondicional.

A los verdaderos amigos, por su sinceridad, apoyo siempre y confianza en mi.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la EPN, sus docentes, estudiantes, personal administrativo, personal de guardianía, personal de jardinería y de limpieza quienes mediante encuestas me han ayudado para el desarrollo del ensayo, en especial a Don Manuelito por su ayuda incondicional cada vez que la he solicitado.

Agradezco también al Ing. Daniel Silva, por cada una de sus enseñanzas que han sido parte de mi crecimiento personal, espiritual y profesional. Por la paciencia y generosidad de tiempo que ha tenido conmigo. Sobre todo por ser mí guía en el desarrollo del presente ensayo.

Al Ing. Luis Jaramillo, por apoyo, guía y asesoramiento durante cada avance de este ensayo, por su aporte y preocupación por una mejora en calidad del mismo.

*Gabriela Sarabia*

## DEDICATORIA

El presente ensayo está dedicado a:

Dios quien me cuida y protege todos los días.

A mis padres y hermanos que son mi ejemplo a seguir y me enseñaron el valor de la familia.

A Daniel, amigo, cómplice, y compañero en las buenas y en las malas.

A las personas de la Escuela Politécnica Nacional que depositaron su confianza en mí y colaboraron para el desarrollo de esta tesis.

A todos las personas que se esfuerzan cada día por hacer de éste un ambiente sano y sostenible para las generaciones futuras.

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Objetivo General.....	1
1.2.	Objetivos específicos.....	1
1.3.	Reseña histórica de la Escuela de Formación de Tecnólogos y de la carrera de Agua y Saneamiento Ambiental .....	1
1.4.	Legislación aplicada a las Buenas Prácticas Ambientales en Universidades y Escuelas Politécnicas.....	2
1.4.1.	Constitución del Ecuador .....	2
1.4.2.	Ley Orgánica de Educación Superior.....	2
1.4.3.	Ley de Gestión Ambiental .....	3
1.4.4.	Política Ambiental Nacional del Ecuador.....	3
1.4.5.	Políticas de Cambio Climático.....	3
1.4.6.	Marco Institucional de Incentivos Ambientales del Ecuador .....	4
1.4.7.	Código Orgánico Ambiental .....	5
1.4.8.	Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 .....	5
1.4.9.	Estrategia Nacional de Educación Ambiental 2017-2030 del Ecuador .....	5
1.4.10.	Distinción Metropolitana Ambiental Quito Sostenible .....	6
1.5.	Problemática relacionada al uso de recursos y energía en la ESFOT y en el resto de la EPN.....	6
1.6.	Diagnóstico de iniciativas ambientales en la ESFOT-EPN.....	9
2.	MARCO TEÓRICO.....	11
2.1.	Definición de la Huella Ecológica.....	11
2.2.	Indicadores Ambientales en Universidades y Escuelas Politécnicas .....	13
2.3.	Huella Ecológica en Universidades:.....	14
2.4.	Huella de Carbono.....	15
2.5.	Buenas Prácticas Ambientales (BPAs) .....	16

2.6.	Relación entre la Huella Ecológica, la Huella de Carbono y las Buenas Prácticas Ambientales (BPAs).....	16
2.7.	Importancia y beneficios del indicador Huella Ecológica para Instituciones de Educación Superior (IES).....	17
3.	METODOLOGÍA .....	20
3.1.	Materiales.....	20
3.1.1.	Materiales de oficina.....	20
3.1.2.	Ubicación.....	20
3.1.3.	Ubicación política.....	20
3.1.4.	Límites.....	20
3.1.5.	Ubicación Geográfica.....	20
3.1.6.	Área de estudio.....	20
3.2.	Métodos.....	21
3.3.	Definiciones.....	21
3.4.	Fuentes de información .....	22
3.5.	Población de la ESFOT y muestras para la realización de encuestas .....	23
3.6.	Consideraciones.....	23
3.7.	Variables .....	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	30
4.1.	Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	30
4.2.	Consumo de energía eléctrica .....	31
4.3.	Movilidad de las personas en la ESFOT .....	34
4.4.	Consumo de agua .....	36
4.5.	Cálculo del área de construcción de la ESFOT y emisiones relacionadas.....	39
4.6.	Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	44
4.7.	Consumo de papel .....	46
4.8.	Cálculo de la Huella Ecológica de la ESFOT .....	47
4.9.	Resultados del indicador de Huella Ecológica en la ESFOT .....	48
4.10.	Análisis de los resultados obtenidos en el reporte de la Huella Ecológica de la Escuela de Formación de Tecnólogos. ....	51

4.11. Posibles temas futuros de análisis relacionados a la Huella Ecológica en la ESFOT.....	52
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. Conclusiones.....	54
5.2. Recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	57
Anexos.....	64

## LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: GUÍA GENERAL DE INCENTIVOS AMBIENTALES DE ACUERDO AL AM140 .....	4
ILUSTRACIÓN 2: REPORTE DE LA HUELLA ECOLÓGICA POR CATEGORÍA DE CONSUMO .....	7
ILUSTRACIÓN 3: REPORTE DEL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA POR SUPERFICIE PRODUCTIVA .....	7
ILUSTRACIÓN 4: RECONOCIMIENTO ECUATORIANO AMBIENTAL "PUNTO VERDE" EN 2013 PARA EPN .....	8
ILUSTRACIÓN 5: HISTÓRICO DE HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD EN ECUADOR 1961- 2013 GFN .....	12
ILUSTRACIÓN 6: BRECHA ENTRE BIOCAPACIDAD Y HUELLA ECOLÓGICA EN ECUADOR (MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2017) .....	13
ILUSTRACIÓN 7: RESUMEN DE ALCANCE Y EMISIONES DE LA HUELLA DE CARBONO .....	16
ILUSTRACIÓN 8: SISTEMA DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LA ESFOT .....	23
ILUSTRACIÓN 9: CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA ESFOT EN 2016 .....	32
ILUSTRACIÓN 10: EMISIONES RELACIONADAS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	34
ILUSTRACIÓN 11: PORCENTAJE DE KILÓMETROS RECORRIDOS EN CADA CATEGORÍA DE POBLACIÓN .....	36
ILUSTRACIÓN 12: CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ESFOT EN EL 2016 .....	37
ILUSTRACIÓN 13: EMISIONES ASOCIADAS AL CONSUMO DE AGUA EN LA ESFOT .....	39
ILUSTRACIÓN 14: EDIFICIOS DE LA ESFOT .....	40
ILUSTRACIÓN 15: EMISIONES POR EL USO DEL SUELO (CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES) .....	44
ILUSTRACIÓN 16: EMISIONES DE GEI DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ESFOT EN EL 2016 .....	45
ILUSTRACIÓN 17: HUELLA ECOLÓGICA EN LA ESFOT EN EL 2016 .....	49
ILUSTRACIÓN 18 COMPARACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE UNIVERSIDADES DEL ECUADOR .....	50
ILUSTRACIÓN 19: HE DE LA ESFOT VS HE DEL ECUADOR .....	51

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1: BRECHA ENTRE HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD PER CÁPITA 2008-2017 ...	13
TABLA 2: FACTORES DE EQUIVALENCIA .....	15
TABLA 3: COMPARATIVO DE HUELLA ECOLÓGICA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (NACIONALES E INTERNACIONALES) .....	18
TABLA 4: FACTORES DE EMISIÓN POR CATEGORÍAS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	25
TABLA 5: POBLACIÓN TOTAL Y MUESTRA POR ESTRATOS DE LA ESFOT EN EL 2016 .....	26
TABLA 6: GENERACIÓN DE RESIDUOS EN LA ESFOT DURANTE 2016 .....	27
TABLA 7: ACTIVIDADES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Y HE.....	30
TABLA 8: CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DE LA ESFOT EN EL 2016.....	33
TABLA 9: FACTORES DE EMISIÓN PARA LOS MEDIOS DE TRANSPORTE.....	35
TABLA 10: EMISIONES DE ALCANCE 3, RELACIONADAS A LA MUESTRA DE TRANSPORTE EN LA ESFOT .....	35
TABLA 11: ENERGÍA CONSUMIDA EN LA POTABILIZACIÓN Y DEPURACIÓN .....	37
TABLA 12: CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA RELACIONADAS AL CONSUMO DE AGUA.....	38
TABLA 13: CONSUMO MENSUAL DE AGUA Y EMISIONES DE GEI .....	38
TABLA 14: GEO-REFERENCIACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA ESFOT .....	40
TABLA 15: COORDENADAS DEL ÁREA DEL BOSQUE DE LA ESFOT .....	41
TABLA 16: ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> PARA LAS CONSTRUCCIONES HABITUALES .....	42
TABLA 17: EMISIONES DE CO <sub>2</sub> ASOCIADAS A LAS EDIFICACIONES DE LA ESFOT (USO DEL SUELO) .....	43
TABLA 18: USO DE PAPEL Y EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	46
TABLA 19: RESUMEN DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DE LAS CATEGORÍAS SELECCIONADAS...	47
TABLA 20: HUELLA ECOLÓGICA DE LAS CATEGORÍAS ESCOGIDAS .....	48

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

AM 140: Acuerdo Ministerial 140

BPAs: Buenas Prácticas Ambientales

Campus: Todos los aspectos físicos e infraestructuras que son de uso de la EPN

EMASEO EP: Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito

EMGIRS: Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos

ENCC: Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2025

ESFOT: Escuela de Formación de Tecnólogos

GFPN: Global Foot Print Network

Hag: Hectárea global

HE: Huella Ecológica

IES: Instituciones de Educación Superior

INABIO: Instituto Nacional de Biodiversidad

LOES: Ley Orgánica de Educación Superior

MAE: Ministerio de Ambiente del Ecuador

MEER: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PAN: Política Ambiental Nacional 2009

PNBV: Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021

PV: Punto Verde

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SAMDMQ: Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito

SIG: Sistema de Información Geográfica

SUIA: Sistema Único de Información Ambiental

## RESUMEN

El presente ensayo reporta la Huella Ecológica (HE) de la Escuela de Formación de Tecnólogos en adelante (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador para año 2016, el cálculo de la huella ecológica permite la elaboración de un Manual de Buenas Prácticas Ambientales aplicable a la ESFOT.

La sección introductoria presenta el objetivo general de este ensayo donde se realiza una reseña histórica de la ESFOT y de la carrera de Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental, ASA, adicionalmente, se mencionan los principales instrumentos de legislación ambiental aplicables a Instituciones de Educación Superior (IES). La Huella Ecológica y la Huella de Carbono (HC) son reducidas, mitigadas, mediante Buenas Prácticas Ambientales (BPAs) u otras acciones de mitigación, se analiza la relación entre los indicadores y el Manual de BPAs para generar esquemas de sostenibilidad en la ESFOT.

En la sección metodológica se detallan los lineamientos necesarios para el cálculo de la Huella Ecológica, en referencia, a estudios realizados en otras universidades internacionales y del Ecuador. Entre los elementos considerados para el cálculo se menciona: el área de construcción, consumo de energía, consumo de agua, consumo de papel, la movilidad de las personas y la generación de residuos en la ESFOT, mediante información secundaria y la aplicación de encuestas, se calcula la Huella Ecológica que mide el grado de sostenibilidad de la ESFOT, considerando la biocapacidad, el capital natural de recursos del Ecuador, en consecuencia, con los resultados de la HE se construye un Manual de Buenas Prácticas Ambientales.

La sección de resultados presenta el reporte de la HE relacionada al consumo de energía, consumo de agua, espacio construido, movilidad, consumo de papel, generación de residuos sólidos, por lo tanto, se enfatizan las necesidades de reducción de la Huella Ecológica.

En la sección de discusión de resultados se analiza la Huella Ecológica, el Manual de Buenas Prácticas Ambientales se lo presenta como anexo técnico al trabajo escrito, el manual se diseñó considerando normativa del Ministerio del Ambiente del Ecuador, acuerdo ministerial 140, de incentivos ambientales de 2015 y normativa ambiental de Distrito Metropolitano de Quito. El Manual de Buenas Prácticas Ambientales considera revisiones periódicas de los actores involucrados en las actividades desarrolladas en la ESFOT.

Finalmente la sección de conclusiones y recomendaciones presenta los principales hallazgos del presente ensayo.

**Palabras clave:** Huella Ecológica de Universidades, Manual de Buenas Prácticas Ambientales, Huella de Carbono, Universidades Sustentables.

## ABSTRACT

This essay reports the Ecological Footprint (HE) of the Technological Training School, onwards (ESFOT), of the National Polytechnic School of Ecuador for 2016, the calculation of the ecological footprint allows the development of a Manual of Good Environmental Practices applicable to the ESFOT.

The introductory section presents the general objective of this essay where a historical review of the ESFOT and the career of Technology in Water and Environmental Sanitation, ASA is made, additionally, the main instruments of environmental legislation applicable to Higher Education Institutes are mentioned (HEI). The Ecological Footprint and the Carbon Footprint (EFP) are reduced, mitigated, through Good Environmental Practices (GEPs) or other mitigation actions, the relationship between the indicators and the GEP Manual is analyzed to generate sustainability schemes in the ESFOT.

The methodological section details the necessary guidelines for the calculation of the Ecological Footprint, in reference to studies carried out by international universities and Ecuadorian universities. Among the elements considered for the calculation are mentioned: the construction area, energy consumption, water consumption, paper consumption, the mobility of people and the generation of waste in the ESFOT, through secondary information and the application of surveys, the Ecological Footprint measures the degree of sustainability of the ESFOT, considering biocapacity, the natural resource capital of Ecuador, consequently, with the results of the EFP a Manual of Good Environmental Practices is constructed.

The results section presents the EFP report related to energy consumption, water consumption, built space, mobility, paper consumption, solid waste generation, therefore, the need to reduce the Ecological Footprint is emphasized.

In the results discussion section, the Ecological Footprint is analyzed and the Manual of Good Environmental Practices is presented as a technical annex to the written work, which was designed considering the regulations of the Ministry of the Environment of Ecuador, a ministerial agreement 140, of environmental incentives of 2015 and environmental regulations of the Metropolitan District of Quito. The Manual of Good Environmental Practices considers periodic reviews of the actors involved in the activities developed in the ESFOT.

Finally, the section on conclusions and recommendations presents the main findings of this essay.

**Key words:** Ecological Footprint of Universities, Manual of Good Environmental Practices, Carbon Footprint, sustainable universities.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Objetivo General

Calcular la Huella Ecológica de la ESFOT para elaborar un manual de Buenas Prácticas Ambientales (BPAs).

## 1.2. Objetivos específicos

- Recopilar los datos necesarios para el cálculo de la Huella Ecológica en la ESFOT.
- Calcular la Huella Ecológica de la ESFOT.
- Elaborar un manual de Buenas Prácticas Ambientales (BPAs) para la ESFOT.

## 1.3. Reseña histórica de la Escuela de Formación de Tecnólogos y de la carrera de Agua y Saneamiento Ambiental

La Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional (ESFOT, 2009) inició sus actividades en el año 1969, inicialmente con las carreras de Electrónica en Telecomunicaciones y Electromecánica, en 1977 se incluyeron a las tecnologías de Computación e Informática; actualmente, cuatro carreras forman parte de la oferta académica de la ESFOT: Carrera de Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental (ASA), Carrera de Tecnología en Análisis de Sistemas Informáticos (ASI), Carrera de Tecnología en Electromecánica (EM), Carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones (ET); adicionalmente, en el 2016 la ESFOT contó con 1240 estudiantes.

El programa de saneamiento de ASA abarca en primer lugar, la producción de agua potable, en segundo lugar, la recolección y tratamiento de aguas residuales, finalmente, el control de contaminantes atmosféricos y manejo de residuos (EPN, 2009, p. 14); en consecuencia, ASA responde a la problemática ambiental actual relacionada con la contaminación ambiental de los recursos hídricos, la gestión de los residuos sólidos, la formación de técnicos de apoyo para solventar los problemas relacionados a saneamiento y gestión ambiental.

La Carrera de Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental se conforma en el marco del proyecto de Asociación entre el Cégep de Saint Laurent (CSL) y la Escuela Politécnica Nacional, en el año 2006 desarrollaron el proyecto “Formación de Tecnólogos en Agua y Medio Ambiente en la EPN”, este proyecto fue presentado para un concurso internacional organizado por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), por lo tanto, en el periodo lectivo marzo/agosto del año 2009 se dio inicio al primer nivel de la carrera en Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental con 18 estudiantes funcionarios de la

Empresa de Agua Potable y Alcantarillado del Distrito Metropolitano de Quito (EPN, 2009, p. 15), adicionalmente, se puede mencionar que a finales del 2016 la carrera de Agua y Saneamiento Ambiental contó con 219 estudiantes.

#### **1.4. Legislación aplicada a las Buenas Prácticas Ambientales en Universidades y Escuelas Politécnicas.**

Las Universidades y Escuelas Politécnicas cumplen un papel relevante para el desarrollo sostenible, en consecuencia, responden a una problemática global relacionada con la degradación y la contaminación ambiental, problemas económicos y sociales; adicionalmente, en el contexto universitario las Buenas Prácticas Ambientales son acciones que permiten mejorar la sostenibilidad de las Universidades y Escuelas Politécnicas, por lo tanto, se requiere una eficaz planificación e implementación de estrategias, planes y acciones relacionados con el cambio de hábitos y actitudes hacia el medio ambiente, por este motivo, es necesario el apoyo e involucramiento de las autoridades académicas y administrativas para mantener un adecuado desempeño ambiental de la ESFOT a lo largo del tiempo.

La calidad de la información, necesarias para el cálculo de los indicadores ambientales, mejora al contar con la creación de capacidades para los proveedores de información y las personas involucradas en el cálculo y reporte de indicadores ambientales.

El Estado Ecuatoriano a través de su institucionalidad ambiental cuenta instrumentos técnicos y jurídicos que permiten una mejora de la calidad ambiental a nivel nacional y local; en este sentido, a continuación se mencionan los principales instrumentos de legislación ambiental aplicables a las Universidades y Escuelas Politécnicas del Ecuador.

##### **1.4.1. Constitución del Ecuador**

La Constitución del Ecuador en su art. 14, *“reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”*; en el art.15, se menciona que el Estado Ecuatoriano se *“compromete a facilitar que el sector público y privado utilice tecnologías limpias y energías alternativas (de fuentes renovables)”*; en el art.71, se plantea que *“el Estado brindará incentivos a los colectivos que protejan la naturaleza”*; en el art. 278, se plantea que para conseguir el buen vivir es importante producir, intercambiar y consumir bienes y servicios con responsabilidad social y ambiental; en el art. 395, se reconoce la necesidad de la transversalización de las políticas de gestión ambiental en todos los niveles y organizaciones públicas y privadas, por lo tanto, esto incluye a las Universidades y Escuelas Politécnicas.

##### **1.4.2. Ley Orgánica de Educación Superior**

La Ley Orgánica de Educación Superior (Consejo de Educación Superior, 2010) en su art. 8, plantea que uno de los fines de la Educación Superior es fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que promuevan el mejoramiento, protección del ambiente y el desarrollo sustentable nacional; en este sentido, el cálculo y mitigación de la Huella Ecológica se alinea con este propósito.

#### **1.4.3. Ley de Gestión Ambiental**

La Ley de Gestión Ambiental (Congreso Nacional del Ecuador, 2004) se encontró vigente hasta abril del 2018, en la misma, se planteaban los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje, reutilización de desechos y el uso de tecnologías ambientalmente sustentables.

#### **1.4.4. Política Ambiental Nacional del Ecuador**

La Política Ambiental Nacional en su sección 1.6.1.5.3 (Ministerio del Ambiente, 2009, p. 29) considera que *“las Buenas Prácticas Ambientales deben contemplar el balance real de los costos y beneficios de una determinada actividad productiva”*, se menciona el desarrollo de estrategias en el sector productivo considerando las Buenas Prácticas Ambientales que permitan una producción y consumo sostenibles; adicionalmente, se considera recursos estratégicos al agua, aire, el suelo y la biodiversidad.

#### **1.4.5. Políticas de Cambio Climático**

De acuerdo al Decreto Ejecutivo N 1815 del 2009, la adaptación y mitigación del cambio climático son una política de Estado (Presidencia del Ecuador, 2009), por esta razón, diversos actores entre ellos la academia están llamados a generar estrategias, planes, proyectos y acciones que contribuyan con la mitigación y adaptación al cambio climático, en este sentido, al implementar Buenas Prácticas Ambientales se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se genera una mayor capacidad adaptativa de las Universidades a los efectos del cambio climático.

El Acuerdo de París (AP) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, Ecuador ratificó el acuerdo de París en 2017 (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, 2017), el artículo 12, del AP considera que *“Los países deberán cooperar en la adopción de las medidas que correspondan para mejorar la educación, la formación, la sensibilización y participación del público y el acceso público a la información sobre el cambio climático, teniendo presente la importancia de estas medidas para mejorar la acción en el marco del presente Acuerdo”* (UNFCCC, 2015, p. 12); por lo tanto, la educación es un instrumento importante para generar capacidades para enfrentar el cambio climático.

### 1.4.6. Marco Institucional de Incentivos Ambientales del Ecuador

El Acuerdo Ministerial 140 “*Marco institucional para incentivos ambientales*” (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015a), genera lineamientos para el otorgamiento de incentivos económicos y honoríficos en materia de responsabilidad ambiental a personas naturales y jurídicas del sector público y privado que fomenten el uso de bienes y servicios ambientales de forma sostenible, adicionalmente, se incluyen criterios de innovación, transferencia de tecnologías que promuevan una producción y consumo sostenibles.

A continuación, la ilustración 1 menciona los principales capítulos del Acuerdo Ministerial 140; en el capítulo II, Título I, se detallan lineamientos relacionados a las Buenas Prácticas Ambientales para el sector público y privado para obtener el reconocimiento ecuatoriano ambiental Punto Verde.

Adicionalmente, el mencionado Acuerdo Ministerial, se considera un distintivo de iniciativa verde a las actividades que apoyen a la gestión ambiental.

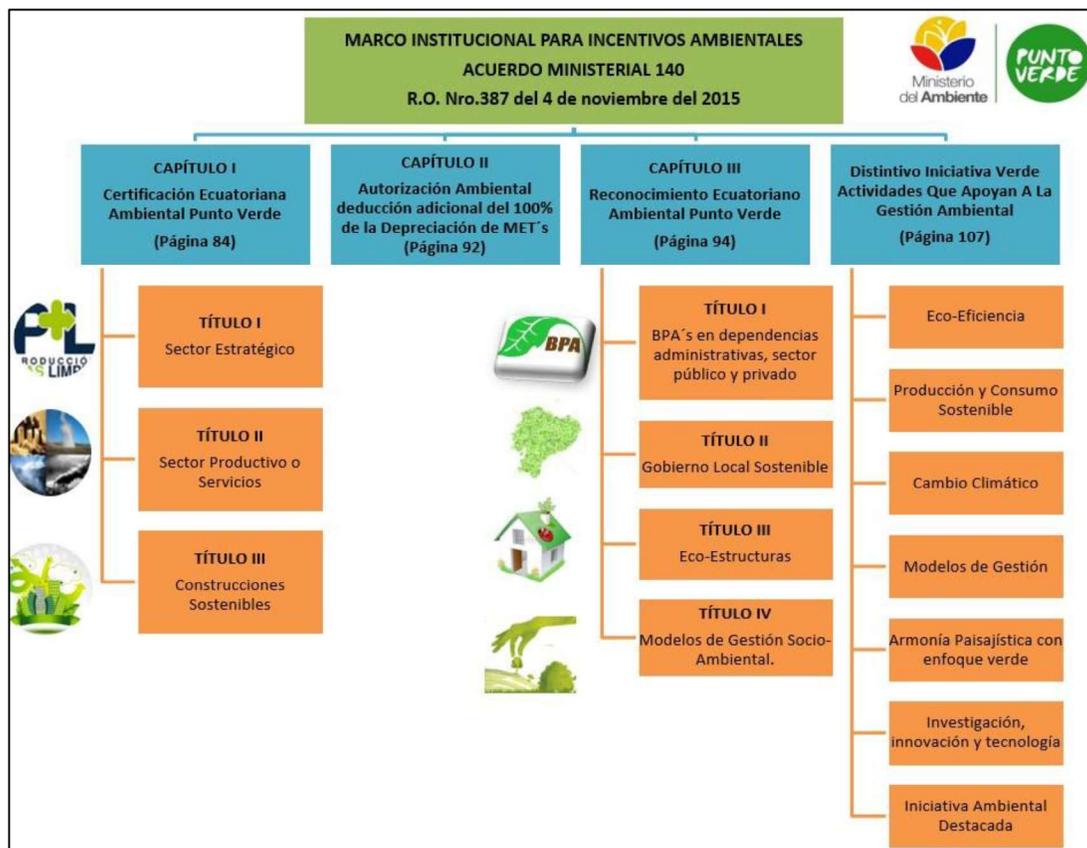


Ilustración 1: Guía general de incentivos ambientales de acuerdo al AM140

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017

Las políticas ambientales del campus de la EPN se enmarcan en el cumplimiento del mencionado marco institucional de incentivos ambientales del Ecuador, la EPN plantea en su política una reducción progresiva de la Huella Ecológica para la creación de un ambiente

propicio para la vida universitaria (EPN, 2017b, p. 3), adicionalmente, considera importante la implementación de prácticas sustentables y la mitigación del cambio climático; por lo tanto, las acciones de sostenibilidad que emprenda la ESFOT deben enmarcarse en las mencionadas políticas ambientales del campus de la EPN.

#### **1.4.7. Código Orgánico Ambiental**

El Código Orgánico Ambiental (COA) (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017a) constituye un instrumento de legislación ambiental de trascendencia que en conjunto con su reglamento permitirá una mejora en aplicación de política pública ambiental, patrimonio natural, calidad ambiental, cambio climático y gestión marino-costera, integra normativa ambiental dispersa a nivel nacional, el COA entró en vigencia a partir del 12 de abril del 2018; adicionalmente, enfatiza los derechos de la naturaleza, los deberes y responsabilidades de los particulares y del Estado. Se recomienda que las Buenas Prácticas Ambientales incorporen los avances de la ciencia y tecnología (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017b, p. 43), y que sigan un criterio precautelatorio, por lo tanto, se promueve un mayor acompañamiento de la autoridad ambiental competente en el desarrollo de iniciativas ambientales.

#### **1.4.8. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021**

En el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 (República Nacional del Ecuador, 2017), en su eje 1: Derechos para todos durante toda la vida, en su objetivo 3 plantea: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, se destaca la necesidad de mantener esquemas de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos, una mejora de la calidad ambiental, promoción de la educación ambiental, política pública aplicable en todos los niveles de gobierno.

El objetivo 3.7 considera *“Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsables, con base en los principios de la economía circular y bioeconomía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada”* (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2018). El Plan Nacional de Desarrollo plantea una meta para 2021: Evitar que la brecha entre la Huella Ecológica y la biocapacidad sea menor a 0,35 hectáreas globales per cápita e incrementar del 70.3%, al 80% los residuos no peligrosos con disposición final adecuada (República Nacional del Ecuador, 2017, p. 67).

#### **1.4.9. Estrategia Nacional de Educación Ambiental 2017-2030 del Ecuador**

La Estrategia Nacional de Educación Ambiental 2017-2030 del Ecuador considera que las Buenas Prácticas Ambientales deben enmarcarse en el Acuerdo Ministerial 140 *“Marco*

*institucional de incentivos ambientales*“ mediante el reporte de indicadores de consumo y de gestión ambiental (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017c, p. 11).

#### **1.4.10. Distinción metropolitana Ambiental Quito Sostenible**

El Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2025 de Quito, en el Componente Ciudad Inteligente: Ambiente, considera las políticas de “*Garantizar la sostenibilidad local del territorio enfocado a la reducción y compensación de la huella de carbono y a la resiliencia del DMQ frente al cambio climático*”. La huella ecológica de una persona en la ciudad de Quito, 1,77 hag, es 9% superior a la media nacional de 1,62 hag (Alcaldía Metropolitana de Quito, 2015, p. 54).

#### **1.5. Problemática relacionada al uso de recursos y energía en la ESFOT y en el resto de la EPN.**

Las actividades docentes y académicas demandan energía y recursos de la naturaleza, sin embargo, el uso no sostenible de la energía genera pérdidas energéticas en la ESFOT, por otra parte, se requieren estrategias para reducir el consumo de agua y papel, mejorar la movilidad, minimizar la generación de residuos en la ESFOT porque estas categorías modifican el indicador de la Huella Ecológica. Por estas razones el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y la Escuela Politécnica Nacional (EPN) mantienen un convenio marco de cooperación (Ministerio del Ambiente del Ecuador & Escuela Politécnica Nacional, 2014) para mantener Buenas Prácticas Ambientales y mitigar la Huella Ecológica del campus.

En 2013, el Ministerio del Ambiente calculó la Huella Ecológica del edificio de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional (FICA); las categorías utilizadas en la Huella Ecológica Institucional fueron:

- Emisiones directas: corresponden a consumo de combustibles fósiles
- Emisiones indirectas: corresponden a consumo de electricidad
- Recursos forestales
- Agua
- Uso de suelo
- Residuos como vertidos y emisiones

Los resultados obtenidos se presentan en la ilustración 2 a continuación:

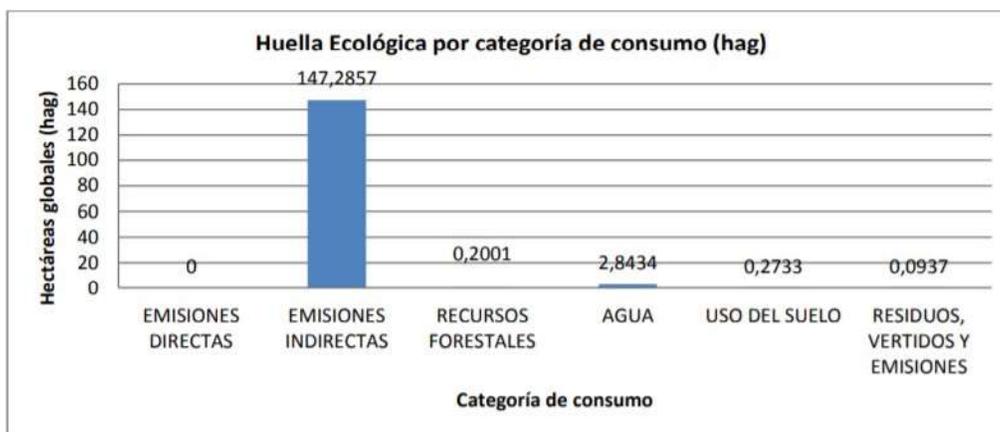


Ilustración 2: Reporte de la huella ecológica por categoría de consumo

Fuente: Proyecto Huella Ecológica (MAE, 2013)

La Huella Ecológica contempla el uso de superficies productivas: bosques para absorción de CO<sub>2</sub>, pastos, tierra cultivable, bosques, terreno construido y mar productivo. Para el caso de la Escuela Politécnica Nacional, los resultados se muestran en la ilustración 3 a continuación:

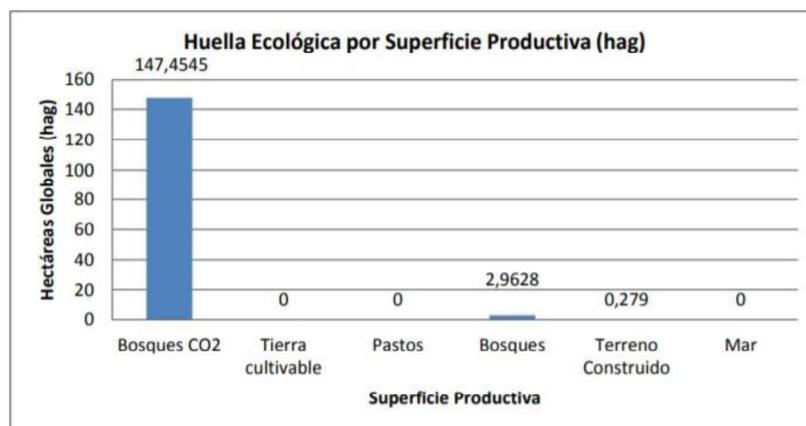


Ilustración 3: Reporte del cálculo de la Huella Ecológica por superficie productiva

Fuente: Proyecto Huella Ecológica (MAE, 2013)

La Huella Ecológica del edificio de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental (FICA) de la Escuela Politécnica Nacional fue 150,7 hag y un valor de 3.01 hag / per cápita, cabe mencionar que esta HE tomó como población total 50 personas en FICA.

El desarrollo de las mencionadas actividades de medición y reporte de la Huella Ecológica permitieron que la EPN obtenga un Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental "Punto Verde", se lo puede observar en la ilustración 4, por su compromiso con el cuidado ambiental.



Ilustración 4: Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental "Punto Verde" en 2013 para EPN

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2018

La problemática ambiental del edificio de FICA reside en las emisiones indirectas relacionadas al consumo de energía; finalmente, el valor per cápita de la Huella Ecológica es de 3,01 hag, este valor sobrepasa la huella per cápita del Ecuador de 1,57 hag en 2013. El Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Punto Verde de la Escuela Politécnica Nacional es del año 2013, por esta razón, es importante calcular la HE de la ESFOT y actualizar el cálculo de la HE periódicamente.

La Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental en 2012 contó con 33 profesores, 668 estudiantes; 41 personas del instituto geofísico que se encuentra dentro de las instalaciones de la facultad y 9 trabajadores de FICA (Espinosa, 2013, pp. 19–25). Por lo tanto aproximadamente la población de estudiantes, profesores y trabajadores en 2012 fue de 751 personas, al dividir 150 hag para esta población se obtiene aproximadamente 0,20 hag per cápita en FICA durante 2013.

El uso de recursos naturales, consumo energético y generación de residuos tiene como consecuencia impactos ambientales que pueden ser cuantificados mediante el cálculo de la Huella de Carbono y de la Huella Ecológica, por ejemplo, la HE relacionada con la movilidad del personal docente, personal administrativo aumenta si hay una mayor distancia desde los domicilios hasta la ESFOT o si se usa principalmente un auto particular para transportarse, la HE disminuye con la utilización del transporte público, el uso de bicicleta o caminar desde los domicilios hacia la ESFOT.

## 1.6. Diagnóstico de iniciativas ambientales en la ESFOT-EPN

Desde el 11 al 17 de octubre del 2009 se realizó una investigación de pregrado de la carrera de ingeniería ambiental de la EPN (Rodríguez, Diego & Simbaña, Daniel, 2010) relacionada a la generación de residuos sólidos del campus de la EPN, en el trabajo se realizaron muestreos y diferenciaciones de residuos, se determinó una tasa de generación de residuos de 0,07 Kg /hab/día para el 2009, la generación de residuos de la ciudad de Quito en el 2009 fue de 0,75 Kg/hab/día, actualmente la tasa de generación de residuos en la ciudad de Quito es 0,842 Kg/hab/día (Knust, 2017, p. 9), la diferencia de las tasas se debe principalmente al tiempo de ocupación de los espacios en el campus politécnico.

En Ecuador se estima la existencia de 20000 recicladores de base Quito ("Municipio de Quito rindió homenaje a recicladores al celebrar su Día Internacional", 2018), la mayoría de personas dedicadas al reciclaje son mujeres (Abizaid, Olga, 2011), sus condiciones de trabajo son inadecuadas, la EPN busca mejorar las condiciones de los recicladores de base en forma directa o indirecta mediante iniciativas ambientales que se relacionen con trabajos de titulación, arreglos institucionales para reducir el consumo de plásticos y energía, proyectos de vinculación con la colectividad como el proyecto Reciveci de la ESFOT, este proyecto nace de la iniciativa ciudadana (profesionales, estudiantes, asociaciones de recicladores y moradores del barrio la Floresta) para el reciclaje inclusivo, separación diferenciada en la fuente, por lo tanto, Reciveci construye una cultura de reciclaje mediante un vínculo más humano entre el ciudadano y el reciclador de base (Reciveci, 2016), el proyecto trabaja principalmente en dos áreas:

1. Fortalecimiento de las organizaciones sociales de recicladores en el país y promover el reconocimiento de su trabajo.
2. Capacitación a la ciudadanía en la separación de residuos sólidos.

De acuerdo al informe de rendición de cuentas 2016 de la Escuela Politécnica Nacional el proyecto de vinculación Reciveci-ESFOT fue aprobado con un monto de \$8 395.00 USD (Calderón, 2017a), la institución vinculada al proyecto es la Red Nacional de Recicladores del Ecuador (RENAREC), los principales resultados del proyecto reportan:

1. Primeras capacitaciones: recicladores y moradores de La Floresta
2. Grupos de recicladores organizados:
3. 6 recicladoras en La Floresta y 5 recicladoras en la EPN
4. Caracterización de residuos en La Floresta (procesando información)
5. Página web desarrollada ([www.reciveci.ec](http://www.reciveci.ec))
6. Aplicación móvil implementada (en actualización)

El proyecto integrador “Diseño de un modelo de reciclaje inclusivo para la comunidad politécnica del campus "J. Rubén Orellana" de la Escuela Politécnica Nacional” del año 2018 considera que la ESFOT es el mayor generador de residuos del campus politécnico con 79,4 kg de residuos/semana (Campoverde, 2018, p. 62); adicionalmente, en los 15 puntos ecológicos del campus politécnico los residuos recuperables con mayor generación fueron el vidrio y el plástico con 53,6 kg/ semana y 46,4 kg/ semana respectivamente (Campoverde, 2018, p. 95).

La situación ambiental de la ESFOT refleja esfuerzos de capacitación para los recicladores de base dentro y fuera del campus, considerando la mediciones periódicas de los residuos separados; sin embargo, se desconoce la huella ecológica de la ESFOT; por lo tanto, esta tesis responde a esa necesidad, la HE es un indicador de gestión para la planificación relacionada a la sostenibilidad ambiental de la ESFOT y su mitigación mediante Buenas Prácticas Ambientales debe estar amparada en las Políticas Ambientales del campus de la EPN (2017b).

El presente trabajo calcula la Huella Ecológica de la ESFOT para el año 2016 y con esta información se presenta un Manual de Buenas Prácticas Ambientales que permita mejorar la sostenibilidad ambiental de la ESFOT y del campus politécnico.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Definición de la Huella Ecológica

De acuerdo a Global Footprint Network, la Huella Ecológica es una medida del área de tierra y agua biológicamente productiva que un individuo, población o actividad requiere para producir todos los recursos que consume y para absorber los desechos que genera, es el único indicador que mide cuanto de la naturaleza tenemos y cuanto de la naturaleza usamos; por esta razón, permite que los países, organizaciones y personas mejoren su sostenibilidad ambiental, por lo tanto, es un indicador relevante para los tomadores de decisiones organizacionales. Si la demanda de recursos ecológicos de un país (Huella Ecológica) es menor que la oferta de recursos (Biocapacidad) se presenta una reserva de recursos ecológicos (superávit); por otra parte, cuando la demanda de recursos ecológicos de un país supera la oferta de recursos del mismo, el país se encuentra en una situación de agotamiento ecológico (déficit).

En el contexto nacional el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) en el año 2011 inició con el proyecto Huella Ecológica, el MAE promueve un consumo sostenible de los recursos naturales del país, se realizaron reportes, actividades de vinculación con universidades incluyendo a la EPN, finalmente el proyecto terminó en diciembre del 2014, el equipo técnico del MAE continúa con el proyecto desde la Dirección de Información, Seguimiento y Evaluación (Défaz & Andrade, 2015).

La Huella Ecológica del Ecuador per cápita en el 2013 fue de 1,57 hag, la proyección para el 2016 fue 1,33 hag de acuerdo al Sistema Único de Información Ambiental del Ministerio del ambiente de Ecuador (MAE, 2017). La Biocapacidad del Ecuador per cápita es 2,2 hag y la Huella Ecológica del Ecuador es 1,9 hag para el 2013 de acuerdo a Global Footprint Network (GFN). La relación entre la Huella Ecológica vs. La Biocapacidad del Ecuador en el 2016 fue 0,74 hag (MAE, 2017).

En las cuentas nacionales de Global Footprint Network (GFN) para el 2013 la Huella Ecológica Mundial es de 2,9 hectáreas globales por persona y la Biocapacidad Mundial es de 1,7 hectáreas globales por persona lo que genera un déficit de 1,2 hectáreas globales involucrando una exigencia de 1,7 planetas para mantener nuestro nivel de producción y consumo actual a nivel global.

Ecuador tiene una Huella Ecológica per cápita de 1,57 hag de acuerdo al reporte nacional de la Huella Ecológica en 2013; la HE per cápita de Quito fue 1,77 hag para el año 2011, no se reporta en Quito una HE actualizada, este valor se actualizó mediante un informe técnico del año 2014 (Baca, 2014).

Global Footprint Network cuenta con registro de datos histórico de la evolución de la Huella Ecológica en el Ecuador desde 1961 hasta el 2013 en relación con la biocapacidad que se muestra a continuación en la ilustración 5, cabe mencionar que su última actualización metodológica se publicó en el 2017.

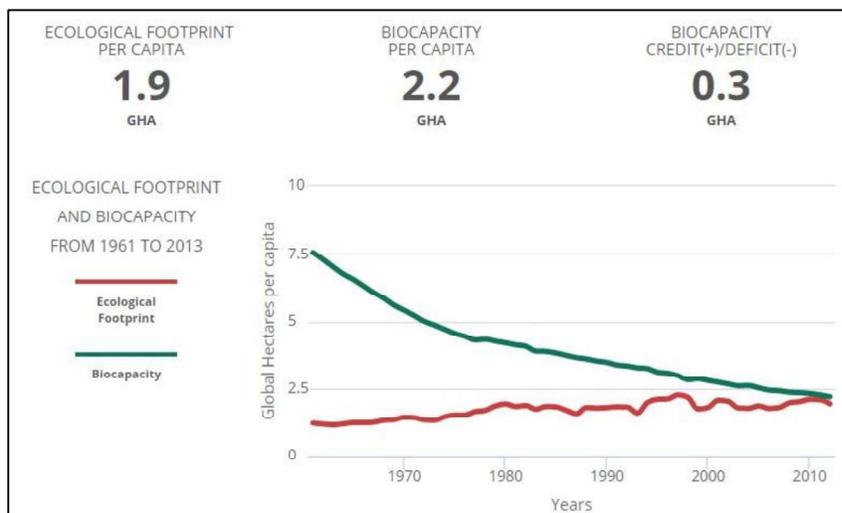


Ilustración 5: Histórico de huella ecológica y biocapacidad en Ecuador 1961-2013 GFN

Fuente: Global Footprint Network, 2017

Para los años 2014, 2015, 2016 y 2017 el Ministerio del Ambiente consideró proyecciones de la Huella Ecológica Nacional porque no se cuenta con toda la información necesaria para su cálculo definitivo (MAE, 2017).

La HE de la ciudad de Quito para el 2011 fue de 1,77 hag per cápita de acuerdo a la memoria técnica de actualización del 2014 de la Secretaría de Ambiente de Quito, la HE de Quito es 12,7% mayor a la Huella Ecológica Nacional (1,57 hag/cápita en 2013), desde el enfoque parroquial de Quito se encuentran desequilibrios por ejemplo en Cumbayá y Pomasqui la HE es 2,56 hag/cápita un 44,6% mayor que en todo el DMQ, en la parroquia Atahualpa es 1,15 hag/cápita un 35% menor que la HE de todo el DMQ (Baca, 2014, p. 32), la HE muestra déficit o superávit en función del mayor consumo de bienes, servicios.

En la tabla 1 e ilustración 6, a continuación, se muestra la Brecha entre Biocapacidad y Huella Ecológica per cápita que nos permite medir la relación existente entre el consumo y la disponibilidad de recursos.

Tabla 1: Brecha entre Huella Ecológica y Biocapacidad per cápita 2008-2017

Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Valor de la brecha	0.94	0.82	0.72	0.45	0.62	0.64	0.7	0.71	0.74	0.57

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2018

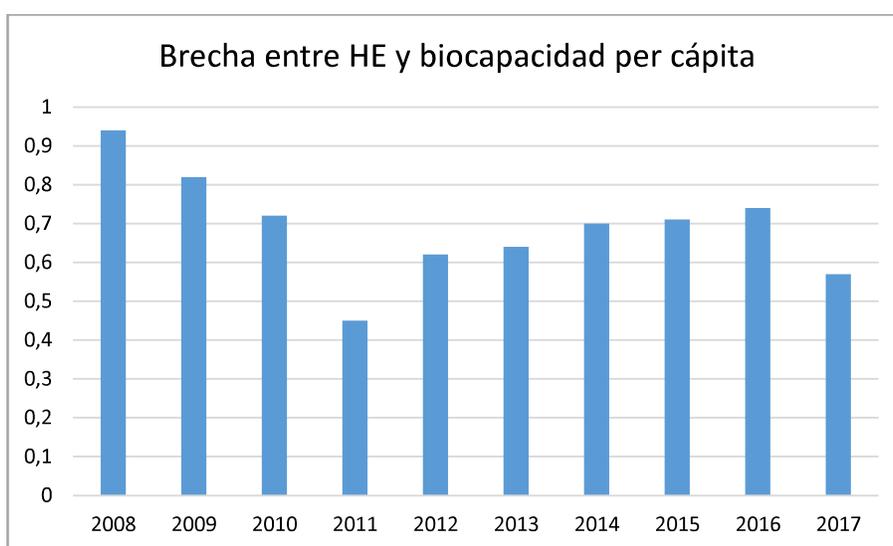


Ilustración 6: Brecha entre Biocapacidad y Huella Ecológica en Ecuador (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017)

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2018

## 2.2. Indicadores Ambientales en Universidades y Escuelas Politécnicas

Los indicadores ambientales resumen, simplifican y comunican grupos de datos complejos, por lo tanto, un indicador ambiental es medible, muestra tendencias a lo largo del tiempo y permite evidenciar el estado medio ambiental de un determinado espacio (Maguire et al., 2014, p. 7), no describen únicamente el estado ecológico; también, incluyen las reacciones de la biosfera a las demandas sociales y económicas del lugar (Blauvelt, 2014).

A continuación se describe la Huella Ecológica de las universidades como un indicador de sostenibilidad ambiental.

### 2.3. Huella Ecológica en Universidades:

La metodología para el cálculo de la HE en universidades no está estandarizada a nivel nacional o internacional; sin embargo, algunas universidades han propuesto metodologías donde difieren algunos de sus parámetros de evaluación en función de la disponibilidad de datos.

La metodología considerada en esta tesis fue desarrollada por Wackerna & Rees (1998), Doménech (2006), Paiz y otros (2011), por otro lado, en el contexto nacional se ha utilizado la mencionada metodología para calcular la Huella Ecológica de la Universidad Nacional de Loja (Quichimbo, 2015) y la HE de la Universidad Internacional SEK en 2016, con orientaciones desarrolladas por la Universidad Santiago de Compostela (N. López & Blanco, 2008) en la publicación “*Metodología para el cálculo de la Huella Ecológica en universidades*” se presenta la ecuación 1, donde HE es Huella Ecológica.

$$HE \left( \frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones (Ton CO_2)}{C Fijación \left( \frac{Ton CO_2}{\frac{ha}{año}} \right)} + Superficie de la Universidad \left( \frac{ha}{año} \right) \quad (1)$$

La fijación de carbono debe realizarse de acuerdo al contexto nacional; por lo tanto, para estimar la fijación de carbono de la ecuación 1; se considera, que una hectárea bosque secundario, en suelo ecuatoriano fija 100 toneladas de carbono cada 30 años (M. López, 2006); por esta razón, se determinó que en un año se fijan 3,33 ton de carbono/ha/año, esto es equivalente a fijar 12,21 ton de CO<sub>2</sub>/ha/año (J. Romero, 2016, p. 3)

Adicionalmente, se debe considerar el tipo de área que ocupa la ESFOT, por ejemplo si es para agricultura, bosques, pesca, artificializado, la medición de la Huella Ecológica se obtiene al multiplicar el área obtenida en la ecuación 1 por el factor de equivalencia de la tabla 2, dando como resultado la Huella Ecológica en las Universidades en la unidad hectáreas globales (hag).

Tabla 2: Factores de equivalencia

Tipo de área	Factor de equivalencia (hag/ha)
Agricultura (tierras principales)	2,21
Agricultura (tierras marginales)	1,79
Bosques	1,34
Ganadería	0,49
Pesca (aguas marinas)	0,36
Pesca (aguas continentales)	0,36
Artificializado	2,21

Fuente: Noelia López Álvarez de la Universidad Santiago de Compostela

#### 2.4. Huella de carbono

La huella de carbono mide las emisiones de gases de efecto invernadero directas o indirectas en Toneladas de CO<sub>2</sub> Equivalente (tCO<sub>2</sub>e) relacionadas al consumo de energía eléctrica, la movilidad de las personas, la generación de residuos, el consumo de agua relacionado a la dotación por el uso de bombas y equipos; adicionalmente, para el análisis organizacional de emisiones de CO<sub>2</sub>e se pueden utilizar diversas metodologías de medición y reporte de la huella de carbono entre ellas se mencionan las siguientes:

- PAS 2050 (Publicly Available Specification) presenta metodologías de evaluación del ciclo de vida de gases de efecto invernadero.
- GHG Protocol (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2005) corresponde a Greenhouse Gas Protocol, un instrumento normativo muy difundido a nivel internacional para entender cuantificar y manejar las emisiones de GEI a nivel organizacional.
- Normas ISO: las ISO 14064 describen especificaciones para la cuantificación y reporte de los GEI; ISO 14067 plantea los requerimientos y guía para la cuantificación y reporte de la huella de carbono de productos (Baumann, 2012).
- Factores de emisión de CO<sub>2</sub> nacionales, de la ciudad o institucionales.

Es recomendable el uso de factores de emisión de CO<sub>2</sub>e nacionales, de una ciudad o institucionales si están disponibles ya que disminuyen los errores que se puedan generar en las mediciones de la huella de carbono, el Ecuador cuenta con el factor de emisión de 0,5062 tCO<sub>2</sub>e/ MWh para el sistema nacional interconectado de energía (Ministerio del Ambiente & República del Ecuador, 2013, p. 21).

En este ensayo para el cálculo de la huella de carbono se utilizó metodología del GHG Protocol que establece tres alcances para el reporte de emisiones de GEI que se muestran en la ilustración 7.

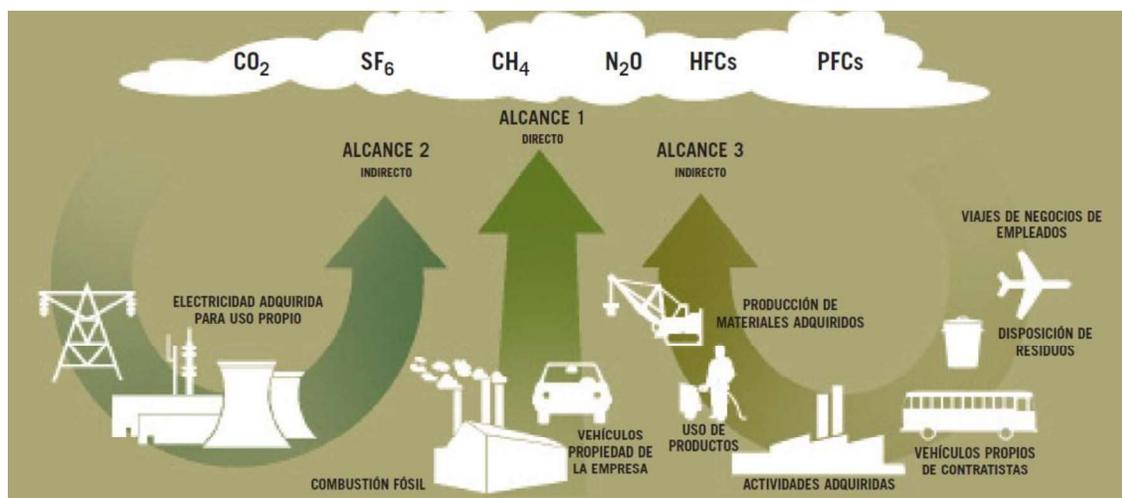


Ilustración 7: Resumen de alcance y emisiones de la huella de carbono

Fuente: World Resources Institute, 2005, p. 30

## 2.5. Buenas Prácticas Ambientales (BPAs)

Son prácticas complementarias a las exigidas por la normativa ambiental vigente, se ejecutan con el fin de reducir, optimizar o eliminar el uso de bienes y servicios ambientales (sobre todo aquellos definidos como recursos no renovables), disminuyen la contaminación, y cambian los patrones de producción y consumo, bajo los principios de sostenibilidad (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015b, p. 4).

La aplicación de BPAs y la consecuente reducción de la HE implica cambios organizacionales y de actitud en la comunidad universitaria (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013, p. 20); adicionalmente, las BPAs deben demostrar simplicidad y bajo costo al obtener resultados favorables para el ambiente (ahorro del consumo eléctrico, consumo de agua, movilidad, consumo de papel, reducción y separación diferenciada de residuos sólidos) y sencillez en su aplicación para mejorar la gestión ambiental del campus.

## 2.6. Relación entre la Huella Ecológica, la Huella de Carbono y las Buenas Prácticas Ambientales (BPAs)

La Huella Ecológica se enfoca en la demanda agregada que el consumo de recursos ocasiona en la biocapacidad del planeta, esto implica, que existen límites naturales para la contaminación, por lo tanto, las actividades antropogénicas no deberían sobrepasar los límites mencionados, por otro lado, la huella de carbono se enfoca en la cantidad de gases de efecto invernadero liberados en el consumo de bienes y servicios, por lo tanto, la huella

de carbono provee información suficiente para consolidar inventarios de gases de efecto invernadero a nivel organizacional (Galli, Wiedmann, Ercin, & Knoblauch, 2011, p. 32).

La huella de carbono considera emisiones directas o indirectas de varios gases de efecto invernadero, como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , que se transforman a  $\text{CO}_2$  equivalente, por otra parte, la Huella Ecológica es un indicador más amplio al incluir la demanda humana de: alimentos, fibras, productos maderables. Las BPAs permiten una reducción de la huella de carbono y de la HE al generar una serie de lineamientos que reducen el consumo de bienes y servicios que generan emisiones de GEI, es recomendable mejorar los indicadores ambientales a lo largo del tiempo para aprovechar adecuadamente los recursos renovables y no renovables, otros indicadores pueden enfocarse en el análisis de ciclo de vida de los productos, la huella hídrica, la carbono neutralidad y huella de carbono de los mismos.

La Huella Ecológica se obtiene mediante la aplicación de la ecuación (1), los alcances de la esta se fundamentan con información base de la huella de carbono y sus respectivas categorías analizadas de acuerdo al Protocolo de Emisiones del GHG Protocol, por ejemplo, para la categoría residuos sólidos se utiliza la generación total anual de residuos sólidos urbanos, por lo tanto no hay necesidad de obtener la fracción de residuos orgánicos, residuos inorgánicos o residuos peligrosos.

### **2.7. Importancia y beneficios del indicador Huella Ecológica para Instituciones de Educación Superior (IES)**

Considerando que la Huella Ecológica (HE) per cápita en Ecuador fue 1,62 hag en 2009 (Ministerio del ambiente del Ecuador, 2013, p. 25) y 1,57 hag en 2013 (MAE, 2017), la mayoría de las universidades del país están por debajo de estas cifras, la mayor HE en universidades corresponde; en primer lugar, a la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN con 3,01 hag per cápita; en segundo lugar, a la Universidad Internacional SEK con 0.28 hag per cápita; por otra parte, el menor valor nacional corresponde a la Universidad Nacional de Loja con 0,08 hag per cápita.

Las Instituciones de Educación Superior (IES) pueden reducir sus respectivas Huellas Ecológicas mediante planes de acción que incluyan la aplicación de Buenas Prácticas Ambientales con criterios de mejora continua con el apoyo de las autoridades académicas y administrativas; de tal forma, se podrá contar con una gestión ambiental adecuada en la ESFOT y en el campus de la EPN. A continuación, en la Tabla 3, se comparan las Huellas Ecológicas en las IES nacionales e internacionales, donde se reflejan diferencias en los hábitos de producción, consumo y generación de residuos en los diversos campus universitarios.

Tabla 3: Comparativo de Huella Ecológica en Instituciones de Educación Superior  
(nacionales e internacionales)

Nombre	Año	Categorías estimadas	HE per cápita (hag)	HE total (hag)
Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia) (Molina Restrepo & Ocampo Rodríguez, 2016, p. 100)	2015	Energía, agua, alimentación, espacio construido, movilidad, papel, residuos sólidos	0,11	2111,16
Universidad Estatal de Ohio (Estados Unidos) (Jaclyn, 2007, p. 16)	2007	Energía, movilidad, residuos	8,66	650665,7
Universidad de Santiago de Compostela (España) (López Alvarez, 2009, p. 15)	2008	Energía, transporte, papel, agua, construcción	0,21	6990,88
Universidad Técnica de Norte (R. Romero, 2017, p. 475)	2016	Energía, agua, espacio construido, movilidad, papel, residuos sólidos	0,172	2924,45
Universidad San Francisco de Quito (Tomaselli, 2004, p. 36)	2004	Energía, transporte, agua, desechos	0,21	828
Universidad Internacional SEK (Yépez, 2016, p. 76)	2016	Energía, combustibles, residuos, agua, alimentación Para el campus Miguel Cervantes Para el Campus Juan Montalvo	0,15	247,2
			0,41	132,5
Universidad Nacional de Loja (Quichimbo, 2015, p. 46)	2015	Energía, combustibles, gas natural, consumo de papel, movilidad, residuos, agua	0,11	710,59
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Roby, 2015, p. 17)	2015	Energía, movilidad, residuos, espacio construido, consumo de agua, consumo de papel	0,14	120
Escuela Politécnica Nacional (Edificio FICA-EPN) (Ministerio del Ambiente & Soliz, 2014, p. 14)	2013	Emisiones directas (combustibles fósiles) Emisiones indirectas (Energía), recursos forestales, agua, uso del suelo, residuos, vertidos y emisiones	3,01 <sup>1</sup>	150,7

<sup>1</sup> El cálculo de esta Huella Ecológica consideró 50 personas del personal administrativo, por lo tanto, no es representativo para toda la EPN, ni de la FICA, la verdadera HE es aproximadamente 0,2 hag per cápita.

La HE de FICA-EPN en el 2013 fue 3,01 hag per cápita, menor que la HE de la universidad de Ohio en Estados Unidos de Norte América en 2007 de 8,66 hag per cápita, sin embargo, de acuerdo a la tabla 3, a nivel nacional y regional la HE de FICA-EPN es mayor.

Es importante mencionar que las HE no tienen las mismas categorías de análisis, realmente éste es un problema para el indicador por esta razón este ensayo propone una metodología del cálculo de la huella de carbono, esto disminuye problemas metodológicos permitiendo una mejor transparencia de la información y comparabilidad del indicador entre universidades nacionales e internacionales siempre y cuando se haga una actualización metodológica del indicador en otras universidades.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Materiales**

##### **3.1.1. Materiales de oficina**

Los equipos y materiales empleados en este ensayo para la recolección de datos fueron un diario de campo, una cámara fotográfica, un computador, hojas de cálculo para el procesamiento de la información y análisis estadístico, procesador de texto, ARGIS online con cartografía base del Ecuador de Open Street Maps.

##### **3.1.2. Ubicación**

El ensayo se realizó en base a datos de las dependencias administrativas y académicas de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional ubicadas en la calle Ladrón de Guevara E11·253, Quito-Ecuador

##### **3.1.3. Ubicación política**

La ESFOT se encuentra ubicada en el sector centro-oriental de Quito en la parroquia La Floresta.

##### **3.1.4. Límites**

Los límites de la ESFOT son los siguientes:

Norte: Centro de Investigaciones y Estudios en Recursos Hídricos, Guardianía.

Sur: Facultad de Ingeniería en Geología Minas y Petróleos, Facultad de Ingeniería en Sistemas.

Este: Avenida Toledo, Universidad Andina Simón Bolívar.

Oeste: Calle Andalucía y calle Alfredo Mena Caamaño.

##### **3.1.5. Ubicación Geográfica**

La Escuela de Formación de Tecnólogos se localiza dentro de las siguientes coordenadas:

Latitud: 0°12'38,25"

Longitud -78°29'18.15"

Se encuentra en un rango altitudinal de 2750-2800 msnm, con una temperatura media anual entre 14°C-16°C y una precipitación anual entre los 750-1000 mm.

##### **3.1.6. Área de estudio**

Para el estudio se consideraron: 1 dependencia administrativa, 3 dependencias académicas, y un área boscosa. La superficie total del área de estudio es 7297,5 m<sup>2</sup>.

### 3.2. Métodos

La metodología para el cálculo de la Huella Ecológica no se encuentra estandarizada a nivel nacional o internacional, las categorías de análisis entre las universidades generalmente no son comparables, por esta razón, el aporte de este trabajo se enmarca en una aproximación que permita disminuir el uso de factores de emisión sin relación al contexto nacional, en este sentido se mejora la calidad de la información y las acciones pertinentes para reducir la Huella Ecológica a lo largo del tiempo. En este trabajo se utilizó información del año 2016 relacionada a los alcances y categorías descritos en las consideraciones de este capítulo, por lo tanto, se contará con mejor información para definir estrategias, programas, proyectos y acciones que se enmarquen en el contexto de las Universidades y Escuelas Politécnicas, a continuación se desarrollan los siguientes apartados de la metodología:

- Definiciones
- Fuentes de información
- Consideraciones
- Variables

Para calcular la Huella Ecológica; en primer lugar, se requiere calcular la huella de carbono de las categorías pertinentes a la ESFOT de acuerdo a los alcances del GHG Protocol, el cálculo de cada huella de carbono responde a particularidades de cada categoría; sin embargo, generalmente se requiere un dato de actividad, el consumo eléctrico por ejemplo, que será multiplicado por un factor de emisión, el hallazgo del factor de emisión se realizó en función del contexto nacional; sin embargo, algunos factores de emisión internacionales fueron utilizados como por ejemplo, los utilizados en las emisiones de gases de efecto invernadero de vehículos, buses y motos donde se utilizaron factores de emisión de la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos.

Una vez obtenida la huella de carbono por categorías del protocolo se obtuvo la Huella Ecológica mediante la metodología del cálculo de la Huella Ecológica de Universidades (López Alvarez, 2009), finalmente, se dividió la HE total de la ESFOT para la población, estudiantes, docentes y personal administrativo, del año 2016 obteniéndose la HE por persona de la ESFOT, o HE per cápita, este indicador contribuirá con la actualización del manual de Buenas Prácticas Ambientales de la ESFOT.

### 3.3. Definiciones

**Dato de actividad:** Datos sobre la magnitud de las actividades humanas que dan lugar a las emisiones o absorciones que se producen durante un período de tiempo determinado.

**Factor de emisión:** Coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones.

**Emisiones de Alcance 1:** Son emisiones directas que ocurren en fuentes que son propiedad o que están controladas por la organización como hornos, calderos, vehículos (Development & World Resources Institute, 2005, p. 31).

**Emisiones de Alcance 2:** Son emisiones indirectas relacionadas a la electricidad adquirida y consumida por la organización, estas emisiones ocurren físicamente donde la electricidad es generada (Development & World Resources Institute, 2005, p. 32).

**Emisiones de Alcance 3:** Emisiones indirectas relacionadas a la extracción y producción de materiales, actividades relacionadas al transporte como los viajes de ida y vuelta hacia la organización (ESFOT), uso de productos y servicios vendidos, la disposición de residuos (Development & World Resources Institute, 2005, p. 34).

### **3.4. Fuentes de información**

#### **Procedimiento administrativo:**

Para obtener la información necesaria se realizaron solicitudes a las autoridades y dependencias administrativas de la ESFOT y de la EPN (se evidencian en los anexos 1 y 2), a continuación se detallan las principales actividades realizadas:

1. Solicitud mediante oficio a la Subdirección de la ESFOT para su autorización de la entrega de información oficial requerida para el estudio.
2. Solicitud mediante correos electrónicos al Centro de Información de la ESFOT para la entrega de información oficial requerida para el estudio autorizada por la Ing. Mónica Vinueza (Subdirectora de la ESFOT en el periodo de reporte).
3. Recepción de información relacionada a la población estudiantil y docentes del año 2016 mediante correos electrónicos enviados por el Centro de Información de la ESFOT y revisión del informe de gestión del rectorado del 2016.
4. Solicitud mediante oficio a Servicios Generales de la Escuela Politécnica Nacional sobre las planillas de agua y luz de la ESFOT de los meses del año 2016, adicionalmente, se generó y entregó los accesos a las facturas electrónicas de consumo energético del campus emitidas por la Empresa Eléctrica de Quito.
5. Recepción en físico de las copias de las planillas de agua de la ESFOT por parte de servicios generales.
6. Selección del registro de facturas y comprobantes de pago de servicio eléctrico, agua potable, dotación de papelería.
7. Compilación de información referente al consumo mensual de energía eléctrica, agua y papel.
8. Encuesta en línea para estudiantes (movilidad y uso de papel).

9. Encuesta física para estudiantes, docentes y personal administrativo (movilidad y uso de papel).
10. Información relacionada a la caracterización de residuos sólidos en la ESFOT del proyecto integrador *“Diseño de un modelo de reciclaje inclusivo para la comunidad politécnica del campus “J. Ruben Orellana” de la Escuela Politécnica Nacional”* del 2018.
11. Informe de Gestión del año 2016 del rector de la EPN (se incluye información relacionada a la población de la ESFOT, estado del proyecto ReciVeci, personal administrativo contratado en la ESFOT).

### 3.5. Población de la ESFOT y muestras para la realización de encuestas

Se realizó un análisis poblacional de la ESFOT considerando estudiantes y profesores para los periodos académicos 2016A y 2016B; por lo que, en el año 2016, la ESFOT contó con 1240 estudiantes matriculados y 8 personas de administrativo de acuerdo al informe de gestión de la EPN 2016. En el periodo académico 2016A se contó con 77 profesores, mientras que en el periodo académico 2016B se contó con 68 profesores, por lo tanto, en el año 2016 hubo un promedio de 73 profesores en la ESFOT.

Se requieren muestras representativas de la población total de la ESFOT, se utilizó la fórmula de probabilidades para poblaciones definidas de la ecuación 2 (descrita en la página 25), en este sentido, se requieren 113 encuestas para obtener información con un 95% de confiabilidad estadística; en primer lugar, se realizaron 69 encuestas de estudiantes, se utilizó un formulario en línea y otros físicos para los estudiantes; en segundo lugar, se realizaron 37 encuestas presenciales a los docentes; finalmente, se realizaron 7 encuestas al personal administrativo.

### 3.6. Consideraciones

**Análisis del sistema:** Los principales elementos de entrada y salida del sistema se muestran en la ilustración 8.

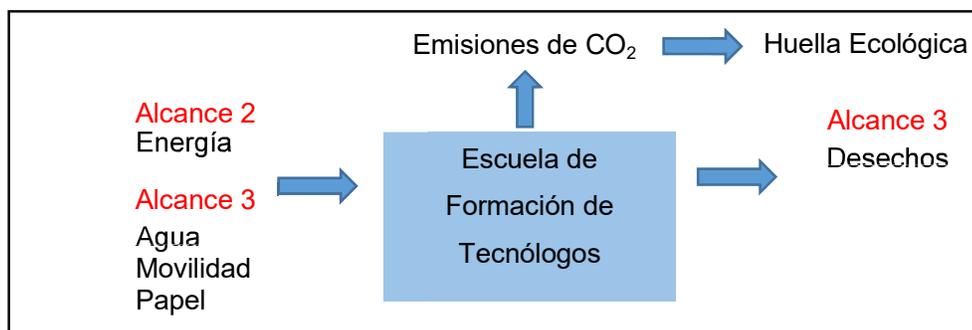


Ilustración 8: Sistema de entradas y salidas de la ESFOT.

Fuente: Noelia López Álvarez de la Universidad Santiago de Compostela, GHG protocol

La ESFOT puede entenderse como un sistema que tiene: entradas asociadas al consumo de recursos naturales, agua, energía, papel, y salidas, generación de residuos sólidos, (López Álvarez, autores, & Blanco Heras, 2008); adicionalmente, se realizó una consideración de los alcances del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Development & World Resources Institute, 2005); en este sentido, se determinó que el alcance 1 no es aplicable a la ESFOT porque no se tienen emisiones de GEI directas relacionadas a vehículos propios de la ESFOT, hornos o calderas.

#### **Entradas:**

##### **Alcance 2**

- Energía: Representa el consumo mensual de energía eléctrica en kilovatios hora (kwh) durante enero-diciembre del año 2016 en la ESFOT.

##### **Alcance 3**

- Agua: Se refiere al volumen de agua consumido en metros cúbicos durante el periodo comprendido entre enero-diciembre del año 2016 en la ESFOT.
- Movilidad: Hace referencia al consumo de combustible en 2016 de la ESFOT proveniente de los vehículos que ingresan a la ESFOT para movilizar estudiantes, docentes y personal administrativo; además, se considera la movilidad por transporte público, auto particular, motocicleta, bicicleta y a pie.
- Papel: Se refiere al consumo de papel en actividades administrativas, docentes y académicas que se estima en función del uso de cuadernos, resmas de papel bond, papel reciclado durante el 2016 en la ESFOT.

#### **Salidas:**

##### **Alcance 3**

- Residuos: Se refiere a la generación de residuos orgánicos e inorgánicos durante el 2016 en la ESFOT relacionada con:
  - Materiales inorgánicos: Papel, cartón y plástico: Cantidad de residuos provenientes de actividades estudiantiles, docentes y administrativas.
  - Materia orgánica: Cantidad de residuos provenientes de trabajos de jardinería y de alimentos consumidos por la población estudiantil, docente y administrativa.

Para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> se consideraron, las emisiones del alcance 3 que provienen del transporte en los viajes de ida y vuelta hacia la institución por parte de

estudiantes, profesores y trabajadores, el servicio de agua, el consumo de papel, desechos y las emisiones de alcance 2 provenientes del consumo de energía eléctrica. Los cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> utilizan factores de emisión reportados en la medición de la Huella Ecológica del edificio de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional, la Universidad Nacional de Loja y la Universidad Internacional SEK. La tabla 4, muestra los factores de emisión utilizados en este trabajo, los mismos se encontraron en artículos científicos, informes oficiales e investigaciones de pregrado y postgrado.

Tabla 4: Factores de emisión por categorías utilizados en el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

<b>Categorías</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Factor de emisión</b>	<b>Unidad</b>
<b>Alcance 2</b>	Energía eléctrica(Ministerio del Ambiente & República del Ecuador, 2013, p. 21)	0,5062	tCO <sub>2</sub> /MWh
<b>Alcance 3</b>	Transporte ida-vuelta (US EPA, 2015)		
	Automóvil	0,213	Kg CO <sub>2</sub> /Km
	Bus	0,035	
	Motocicleta	0,119	
	Servicio de potabilización y depuración(teóricamente)	0,202	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
	Potabilización (Quizhpe, 2017, p. 53) Depuración (Cordero, 2017, p. 75)	0,144	
Uso del Suelo : Área de edificaciones (Mercader, Ramírez de Arellano, & Olivares, 2012, p. 412)	694.16	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	
Residuos Sólidos Urbanos (IPCC, 2006) (Secretaria de Ambiente de Quito, 2017)	0,24	tCO <sub>2</sub> /t residuo	
Uso de papel (Department for Business, Energy & Industrial Stategy & Department for Environment Food & Rural Affairs, 2018)	955,6535	kg CO <sub>2</sub> / t papel	
Papel de fibra virgen			

Fuentes: Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2013, US EPA, 2015, Panel Intergubernamental de Cambio Climático, 2006, Secretaría de Ambiente de Quito, 2017, Congreso Nacional de Medio Ambiente-España, 2009.

### Tamaño de las muestras para la realización de encuestas

Para obtener el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula de probabilidades para poblaciones definidas (Herrera & Hospital Roosevelt, 2011) de la ecuación (2).

$$n = \frac{N * Za^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Za^2 * p * q} \quad (2)$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: total de la población

Za: 1,96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p: proporción esperada (en este caso 5%=0,05)

q: 1-p (en este caso 1-0.05=0,95)

d: precisión (en este trabajo se usó un 5%)

La ecuación (3) muestra un ejemplo de cálculo para obtener en número de muestras de la categoría “estudiantes”.

$$n = \frac{1240 * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,05^2 * (1240 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95} = \frac{226,27024}{3,279976} = 69 \quad (3)$$

En la tabla 5, se observa la población de la ESFOT y el número de encuestas necesarias para obtener una seguridad estadística del 95%.

Tabla 5: Población total y muestra por estratos de la ESFOT en el 2016

Estrato	Población	Muestra (n)
Estudiantil	1240 <sup>2</sup>	69
Docente	73 <sup>3</sup>	37
Administrativo	8 <sup>4</sup>	7
Total	1321	113

Fuente: (Calderón, 2017b)

<sup>2</sup> Estudiantes matriculados en el año 2016 en el nivel de formación tecnológico superior, Dirección de Gestión de la Información EPN.

<sup>3</sup> Promedio de profesores en los periodos académicos 2016A y 2016B.

<sup>4</sup> Reportado por recursos humanos de la EPN en 2016.

Para obtener los valores reales de la población de la ESFOT se multiplica el valor de las emisiones por un factor de extrapolación (Quichimbo, 2015, p. 38); de esta forma, se obtienen los valores más probables de generación de emisiones de CO<sub>2</sub> de cada categoría que utilice encuestas, movilidad y generación de papel, en toda la población de la ESFOT, en la ecuación (4) se evidencia el cálculo del factor de extrapolación de la muestra.

$$\text{Factor de extrapolación} = \frac{\text{Población}}{\text{Individuos de la muestra}} = \frac{1321}{113} = 11,69 \quad (4)$$

### Generación de residuos sólidos en la ESFOT

De acuerdo con (Campoverde, 2018, p. 62) la generación de residuos sólidos en la EPN es de 801 kg/ semana contabilizando la generación de residuos en puntos ecológicos y en edificios de la EPN. Considerando una población total de 11917 estudiantes, 822 docentes y 752 trabajadores administrativos (Calderón, 2018, pp. 45–52) se puede determinar una tasa de generación de residuos diaria equivalente a 0,0119 kg / hab día para el año 2017<sup>5</sup>.

La variación de la mencionada tasa de generación de residuos no varía significativamente en un año por esta razón es aplicable para calcular aproximadamente la generación de residuos durante el 2016. La tabla 6 evidencia la generación de residuos anual de la ESFOT considerando la tasa de generación de residuos mencionada y una permanencia promedio de 5 días en la ESFOT para estudiantes, docentes y personal administrativo.

Tabla 6: Generación de residuos en la ESFOT durante 2016

2016A	Alumnos	Profesores y personal administrativo	Kg/día tasa EPN 0,0119	Total	t RSU/año
				kg generados	
Enero-Marzo	Alumnos en vacaciones	81	0,9639	62,7	2,5
Abril- Julio	1240	81	15,7199	1351,9	
<b>2016B</b>					
Agosto-Septiembre	Alumnos en vacaciones	81	0,9639	43,4	
Octubre-Diciembre	1240	81	15,7199	1021,8	

Fuente: (Campoverde, 2018, p. 62)

De acuerdo al trabajo “*Diseño de un modelo de reciclaje inclusivo para la comunidad politécnica del campus “J. Rubén Orellana” de la Escuela Politécnica Nacional*”, se considera que semanalmente en la ESFOT se generan 74,9 kg de residuos / semana que son aproximadamente 15 kg de residuos al día. La mayor parte de los residuos son depositados en la basura común sin ningún tipo de aprovechamiento.

<sup>5</sup> Se puede consultar más información en la herramienta de cálculo digital de este trabajo.

En la EPN existe un alto potencial de recuperación de residuos plásticos y vidrio, 19% y 24% respectivamente, que se depositan en los puntos ecológicos del campus (Campoverde, 2018, p. 60); por lo tanto, las estrategias de aprovechamiento de residuos deben enfocarse en los dos materiales mencionados, sin descuidar la fracción orgánica de los mismos que representan el 26% de las generación de residuos en los puntos ecológicos.

### **Cálculo del peso del papel**

La ecuación (5) permite el cálculo de la masa de papel generada conociendo el gramaje del papel y el número de hojas(Quichimbo, 2015, p. 30).

$$P = \frac{g * N}{16.03 * 10^3} \quad (5)$$

Donde:

P= peso del papel en (kg)

g= gramaje del papel en (g/m<sup>2</sup>)

N= número de hojas

Se considera que 1 m<sup>2</sup> de papel bond es equivalente a 16.03 hojas de 29,7\*21,0 cm<sup>2</sup> (papel bond, papel reciclado)

Se consideró que 1 m<sup>2</sup> de papel cuadriculado es equivalente a 16.37 hojas de 29,7\*21,0 cm<sup>2</sup> (papel cuadriculado). El gramaje del papel bond es 73,8 g/m<sup>2</sup> y del gramaje del papel cuadriculado es 52,4 g/m<sup>2</sup> (Quichimbo, 2015, p. 31).

### **3.7. Variables**

Las variables corresponden a los datos de actividad de las categorías contempladas en este trabajo y necesarios para calcular las emisiones de GEI con los respectivos factores de emisión, para obtener la mencionada información se realizaron las solicitudes pertinentes a la Subdirección de la ESFOT y al departamento de servicios generales de la EPN (se evidencian en los anexos 1 y 2).

**Consumo de energía eléctrica:** Es el total de energía en Kwh consumida mensualmente durante el año 2016 en la ESFOT.

**Distancia recorrida al año:** Son los kilómetros recorridos en automóvil, bus, motocicleta, a pie o en bicicleta calculados a partir de encuestas realizadas a docentes, personal administrativo y estudiantes.

**Consumo de agua:** Es el total de agua en m<sup>3</sup>, consumida mensualmente durante el año 2016 en la ESFOT.

**Área de edificaciones:** Hace referencia al área total construida en la ESFOT.

**Generación de residuos sólidos urbanos:** Es la cantidad de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados en kg de forma anual en la ESFOT.

**Consumo de papel:** Es el papel utilizado para actividades académicas y administrativas de los estudiantes, docentes y personal administrativo de la ESFOT.

**Huella de carbono:** Emisiones de gases de efecto invernadero en los alcances considerados de acuerdo al GHG Protocol.

**Huella ecológica:** Proviene de la aplicación de la ecuación 1 relacionada al cálculo de la misma en universidades considerando el respectivo factor de equivalencia de la tabla 2.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

La tabla 7, muestra los alcances del protocolo aplicables para la ESFOT, el cálculo de la huella de carbono permitirá aplicar la ecuación 1 y encontrar la HE por cada categoría.

Tabla 7: Actividades consideradas en el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> y HE

Alcance 2	Alcance 3
Energía eléctrica	Movilidad Consumo de agua Construcción de edificios Generación de residuos Consumo de papel

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la ecuación (6), la multiplicación de un factor de emisión por un dato de actividad permiten obtener las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la categoría analizada (López Álvarez et al., 2008, p. 7).

$$\text{Emisiones de } t \text{ CO}_2 = \text{dato de actividad (unidad)} * \text{factor de emisión} \left( \frac{t \text{ CO}_2}{\text{unidad}} \right) \quad (6)$$

La información obtenida (datos de actividad) relacionada a impactos ambientales del sistema se transformó con factores específicos a emisiones de CO<sub>2</sub>, posteriormente se utilizó la ecuación 1 de la sección 1.7 “Huella Ecológica en Universidades” para calcular la Huella Ecológica. Los factores de emisión utilizados pueden ser consultados en la tabla 4 “Factores de emisión por categorías utilizados en el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>”; adicionalmente, el presente trabajo cuenta con una herramienta de cálculo digital que puede consultarse en la sección de Anexos como “Herramienta de cálculo de la huella de carbono y Huella Ecológica”, la mencionada herramienta permitirá actualizar el indicador de la HE de la ESFOT y con las debidas consideraciones de alcance y categorías puede replicarse en otras unidades académicas de la Escuela Politécnica Nacional.

## 4.2. Consumo de energía eléctrica

Son emisiones de alcance 2 dentro del Protocolo de emisiones, en consecuencia, para determinar las emisiones en t CO<sub>2</sub>e, relacionadas al consumo de energía eléctrica (en este caso de estudio de la ESFOT, como se evidencia en el anexo 3), se multiplica el consumo total anual de energía por el factor nacional de emisión del sistema nacional interconectado de energía reportado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, Ecuador presentó su último reporte del factor de emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado en 2013<sup>6</sup>, por lo que es recomendable un cálculo directo de las emisiones de tCO<sub>2</sub>e con el mencionado factor de emisión de 0.5062 tCO<sub>2</sub>e/ MWh.

A continuación en la ilustración 9, se muestra el consumo de energía mensual en la ESFOT, en el inicio del periodo 2016A (abril de 2016), se observa una elevación significativa del consumo energético por el inicio de actividades, por otro lado, en agosto 2016 se observa una disminución del consumo eléctrico; finalmente, en octubre el consumo de energía se eleva a consecuencia del nuevo inicio del periodo académico 2016B.

---

<sup>6</sup> Informe 2013: Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado (SIN) del Ecuador: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/Factor-de-emisi%C3%B3n-2013-PUBLICADO.pdf>

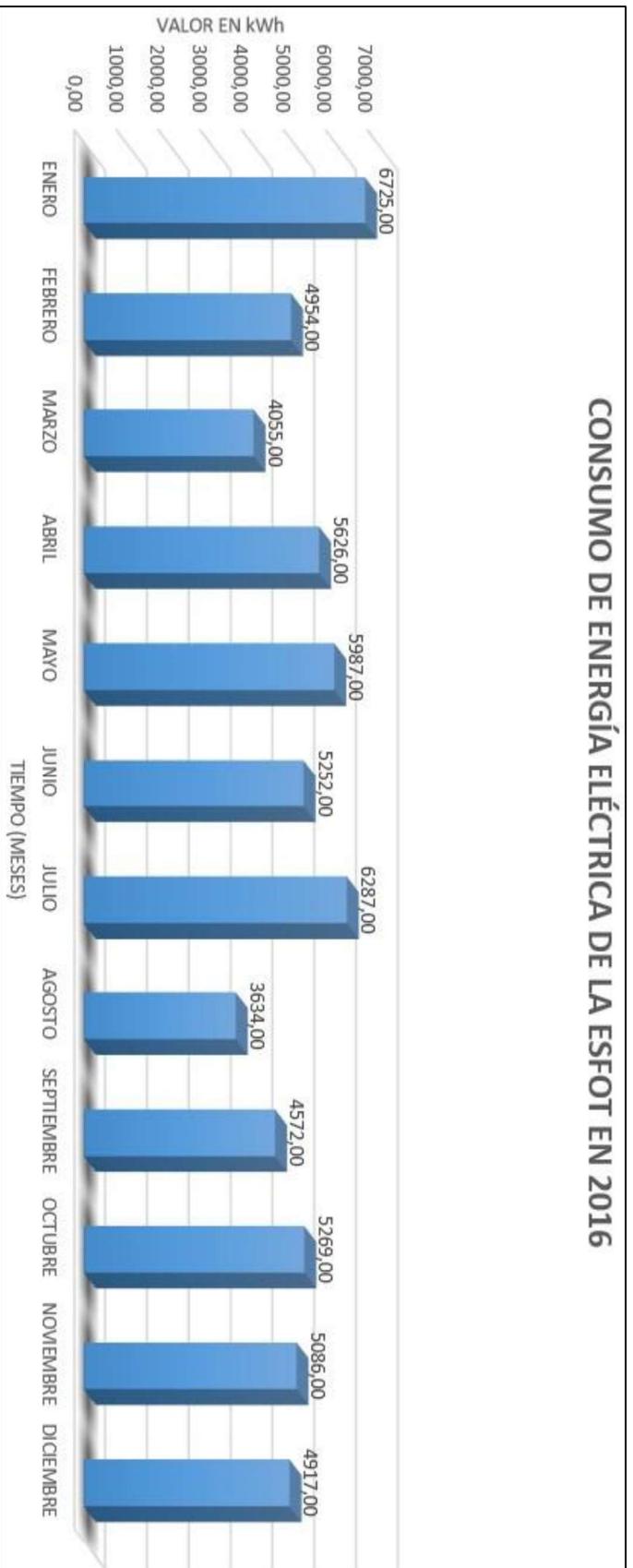


Ilustración 9: Consumo de energía eléctrica de la ESFOT en 2016

**Método de análisis:**

- Se considera el factor de emisión del sistema nacional interconectado 2013.
- Se obtiene el consumo energético asociado a todos los suministros de energía de la ESFOT, misma que cuenta con tres redes de energía eléctrica.
- Se utiliza el factor de emisión ex post ya que es posterior a 2013 este análisis de emisiones (0.5062 tCO<sub>2</sub>e/ MWh)

Tabla 8: Consumo de energía eléctrica y emisiones de CO<sub>2</sub> de la ESFOT en el 2016

<b>Consumo de energía eléctrica<sup>7</sup> y emisiones de CO<sub>2</sub> en Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) en 2016</b>					
<b>MES</b>	<b>880541 EPN ANDALUCIA ESFOT Y VEINTIMILLA TRAS ESC. DE TECNOLOGO S 156.14</b>	<b>881546 EPN TECNOLOGOS NORTE TOLEDO E12 B E12B LERIDA N24 POLITECNICA NACIONAL PB 11.7</b>	<b>883966 EPN INSTITUTO DE TECNOLOGOS N12A ANDALUCIA SN N23 A MENA CAAMAÑO LA FLORESTA PB 1 643.13</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL POR MES</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>
				<b>(kWh)</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>
ENERO	2752	2598	1375	6725	3,4
FEBRERO	1954	1738	1262	4954	2,5
MARZO	1148	1603	1304	4055	2,1
ABRIL	1764	2642	1220	5626	2,8
MAYO	1947	2694	1346	5987	3,0
JUNIO	1947	2839	466	5252	2,7
JULIO	2193	2834	1260	6287	3,2
AGOSTO	1238	1743	653	3634	1,8
SEPTIEMBRE	1436	2423	713	4572	2,3
OCTUBRE	1834	2423	1012	5269	2,7
NOVIEMBRE	1842	2217	1027	5086	2,6
DICIEMBRE	1563	2224	1130	4917	2,5
<b>TOTAL</b>				<b>62364</b>	<b>31,6</b>

Fuente: Facturas de consumo eléctrico de la ESFOT(Empresa Eléctrica Quito, 2016).

<sup>7</sup> Las facturas se obtuvieron de la empresa eléctrica Quito con la ayuda de servicios generales de la EPN.

Considerando que la tabla 8, muestra un consumo anual de energía equivalente a 62364 Kwh o 62,364 Mwh se obtienen las emisiones de GEI, la ecuación 7 muestra las emisiones de GEI relacionadas al consumo energético en la ESFOT.

$$\text{Emisiones del consumo energético} = 62,364 \text{ Mwh} * 0,5062 \left( \frac{tCO_2e}{Mwh} \right) = 31,6 tCO_2e \quad (7)$$

La ilustración 10 muestra la variación de las emisiones de dióxido de carbono equivalente relacionadas al consumo de energía eléctrica en la ESFOT. El factor de emisión de energía eléctrica del Ecuador y el consumo energético de la ESFOT permiten el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>e para el año 2016.

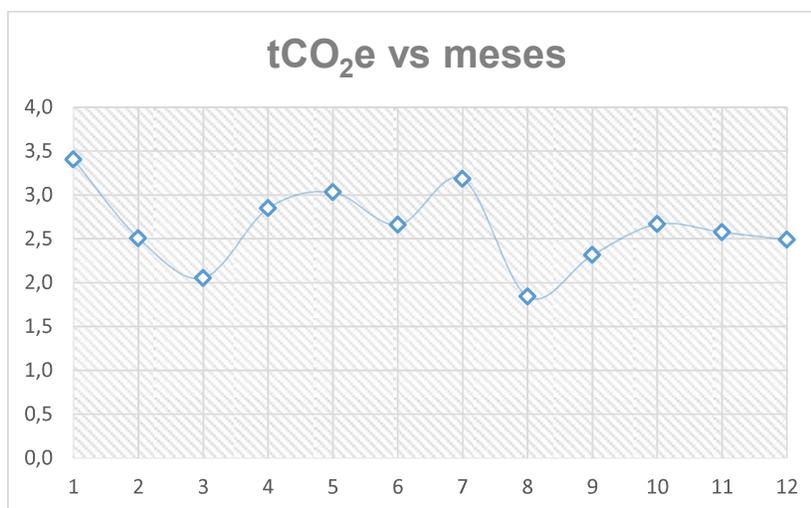


Ilustración 10: Emisiones relacionadas al consumo de energía eléctrica

Fuente: Elaboración de la autora

### 4.3. Movilidad de las personas en la ESFOT

Estas emisiones responden al alcance 3 del protocolo; por lo tanto, para obtener las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas al transporte de los miembros de la ESFOT se realizaron encuestas a estudiantes, profesores y al personal administrativo (ver anexos 5, 6 y 7) que permitieron contabilizar los kilómetros recorridos durante el año 2016; adicionalmente, en las encuestas se preguntó el tipo de vehículo utilizado, por ejemplo; si las personas se transportaban en vehículo particular, buses, motocicletas, los factores de emisión de estos medios de transporte se muestran en la tabla 9, o si se movilizaban por medio de bicicletas o a pie.

Tabla 9: Factores de emisión para los medios de transporte

Medio de transporte	Kg CO <sub>2</sub> /Km
Automóvil	0,213
Bus	0,035
Motocicleta	0,117

Fuente: (US EPA, 2015)

La movilización por bicicletas y a pie no genera emisiones; sin embargo, es posible estimar las emisiones que habrían generado si hubieran utilizado automóviles para transportarse, se multiplicó el recorrido en kilómetros por el factor de emisión de un vehículo particular 0,213 kgCO<sub>2</sub>/Km, se obtienen emisiones evitadas gracias al uso de medios no motorizados de transporte.

En la tabla 10, se muestran los kilómetros recorridos por los tres tipos de automotores, autos, buses y motocicletas, con sus respectivas emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas a la movilidad del personal docente, administrativos y estudiantes de la muestra representativa se estima un total de 43,3,9 t CO<sub>2</sub> emitidas; adicionalmente, las personas que se movilizaron en medios no motorizados evitaron la emisión de 1,1 t CO<sub>2</sub>.

También muestra el total de kilómetros recorridos en un año por el personal administrativo, los docentes y los estudiantes (véase el anexo 5), se utilizaron los factores de emisión de la tabla 9, para obtener las emisiones de esta muestra representativa.

Tabla 10: Emisiones del alcance 3, relacionadas a la muestra de transporte en la ESFOT

Medio de transporte	Km recorridos Administrativos	Km recorridos Docentes	Km recorridos Estudiantes	Km recorridos totales	t CO <sub>2</sub> e
Automóvil	11960,0	92322,0	9116,8	113398,8	24,2
Bus	49338,8	117490,9	367495,8	534325,52	18,7
Motocicleta	0	0	4084,8	4084,8	0,5
Bicicleta	0	3029,1	710,4	3739,5	
A pie	0	1140,8	1391,2	2532	
<b>Total</b>	<b>61298,8</b>	<b>213982,8</b>	<b>382799,0</b>	<b>658080,6</b>	<b>43,3</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de las encuestas realizadas

La ilustración 11, muestra que los diversos medios de movilidad, por lo tanto, es importante incentivar la caminata al trabajo, el uso de bicicletas en especial para el personal

administrativo y los estudiantes, esto implica, instalar estacionamientos de bicicletas seguros en la ESFOT, adicionalmente, se muestra que el uso de motocicletas es predominante estudiantil.

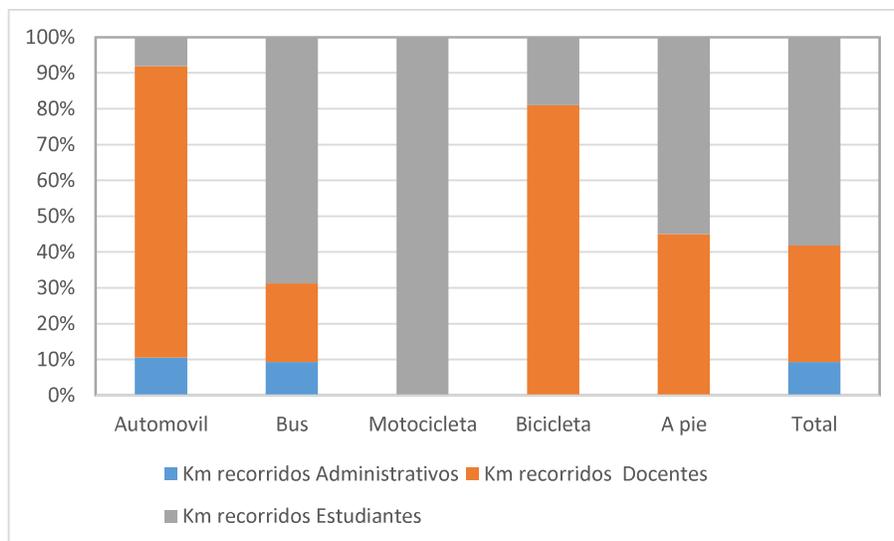


Ilustración 11: Porcentaje de kilómetros recorridos en cada categoría de población

Fuente: Encuesta elaborada por la autora

A continuación, la ecuación (8) permite obtener las emisiones de toda la población en esta categoría al multiplicar el factor de extrapolación, el factor es 11,69 de acuerdo a la ecuación 4, por las emisiones de la muestra analizada.

$$\text{Emisiones de la población} = \text{emisiones de la muestra} * \text{factor de extrapolación} \quad (8)$$

A continuación la ecuación, (9) representa las emisiones de GEI relacionadas al transporte de personas en la ESFOT.

$$\text{Emisiones del transporte} = 43,3 \text{ t CO}_2\text{e} * 11,69 = 506,177 \text{ t CO}_2\text{e} \quad (9)$$

#### 4.4. Consumo de agua

El consumo de agua (ver anexo 4), tiene un alcance 3 dentro del protocolo de emisiones, donde se hace referencia a los procesos de potabilización del agua que requieren el uso de energía que se puede contabilizar como parte de la huella de carbono (Burgos & Figueroa, 2016, p. 127), la ESFOT cuenta con 4 conexiones de agua potable: dos conexiones denominadas 605 J MAC y JMRA localizadas en la calle Mena Alfredo y otras dos conexiones de nombre 600 F TECNÓLOGO ESFOT que se encuentran en la calle Toledo. La ilustración 12, muestra el consumo de agua potable en la ESFOT durante el año 2016.

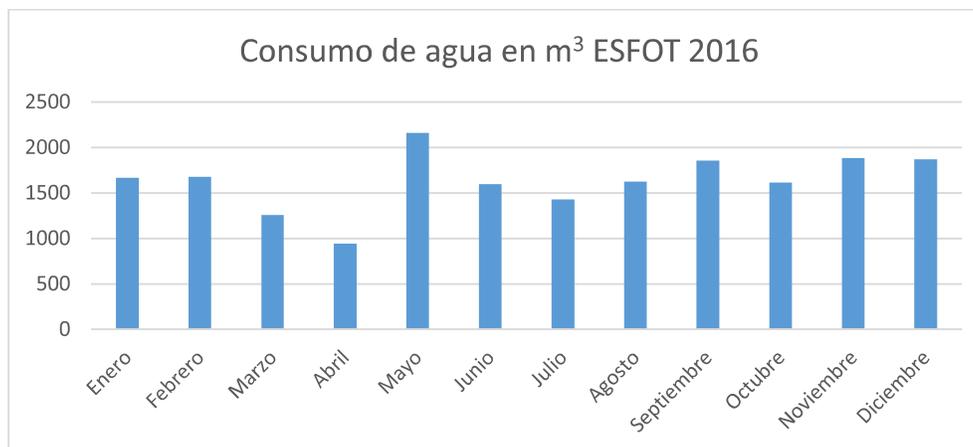


Ilustración 12: Consumo de agua potable en la ESFOT en el 2016

Fuente: Volumen del consumo de agua de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito

A finales del mes de abril e inicios de mayo se observa en la ilustración 12 un incremento en el consumo de agua de 941,7 m<sup>3</sup> a 2161 m<sup>3</sup> lo que implica una oportunidad de mejora importante para reducir el consumo de agua con campañas de difusión al inicio del semestre para evitar un excesivo consumo de agua durante el inicio y a lo largo de los periodos académicos.

### Método de cálculo

- La huella de carbono se asocia a la energía utilizada en los procesos de potabilización y depuración, se puede consultar la energía utilizada por m<sup>3</sup> en la tabla 11, se utilizó como factor de emisión 0,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> para la potabilización, se encontró un valor teórico para calcular las emisiones asociadas a la depuración de 0,284 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, sin embargo, la ciudad de Quito aún no cuenta con un sistema que depure las aguas residuales de la ciudad por esta razón las emisiones relacionadas a la depuración no se contabilizaron, las fuentes se pueden consultar en la tabla 4, estos valores se obtuvieron al multiplicar la energía por el factor de emisión de la categoría de alcance 2 para el consumo de energía.
- Se multiplica el consumo de agua por el mencionado factor de emisión y se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de agua en la ESFOT para el año 2016.

Tabla 11: Energía consumida en la potabilización y depuración

Consumo de energía y consumo de agua		
Potabilización	0,4	KWh/m <sup>3</sup>
Depuración	0,284	KWh/m <sup>3</sup>

Fuentes: Potabilización(Quizhpe, 2017, p. 53) y Depuración(Cordero, 2017, p. 75)

La tabla 12, muestra el consumo energético mensual relacionado a la potabilización del agua.

Tabla 12: Consumo de agua y energía relacionadas al consumo de agua

Mes	Consumo de agua	Energía potabilización	Consumo de energía	Emisiones
	(m3)	kWh	kWh	Ton CO2
Enero	1667	666,8	666,8	0,3
Febrero	1678	671,2	671,2	0,3
Marzo	1260	504	504	0,3
Abril	941,7	376,68	376,68	0,2
Mayo	2161	864,4	864,4	0,4
Junio	1599	639,6	639,6	0,3
Julio	1431	572,4	572,4	0,3
Agosto	1623	649,2	649,2	0,3
Septiembre	1859	743,6	743,6	0,4
Octubre	1616	646,4	646,4	0,3
Noviembre	1884	753,6	753,6	0,4
Diciembre	1871	748,4	748,4	0,4
<b>VALOR TOTAL ANUAL</b>	19590,72	7836,28	7836,28	4,0

Fuente: Elaboración propia con información de la facturación en el consumo de agua de la ESFOT durante el 2016.

La tabla 13, a continuación, muestra las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas a la potabilización del agua consumida en la ESFOT.

Tabla 13: Consumo mensual de agua y emisiones de GEI

Mes	Consumo m <sup>3</sup>	tCO <sub>2</sub> e Potabilización
Enero	1667	0,3
Febrero	1678	0,3
Marzo	1260	0,3
Abril	941,7	0,2
Mayo	2161	0,4
Junio	1599	0,3
Julio	1431	0,3
Agosto	1623	0,3
Septiembre	1859	0,4
Octubre	1616	0,3
Noviembre	1884	0,4
Diciembre	1871	0,4
Total	19590,7	4,0

Fuente: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito

La Ilustración 14, representa las emisiones de GEI asociadas a los procesos de potabilización del agua en la ESFOT, se observa que entre los meses de abril y mayo aumentan las emisiones y el correspondiente consumo de agua.

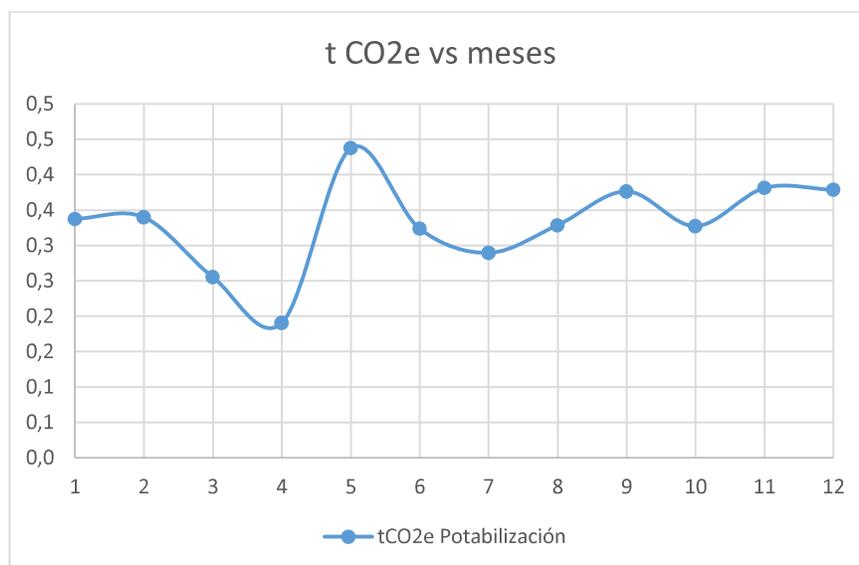


Ilustración 13: Emisiones asociadas al consumo de agua en la ESFOT

Fuente: Elaboración de la autora

El consumo de agua en la ESFOT durante el año 2016 fue 19 590,72 m<sup>3</sup>, la cantidad de energía requerida fue aproximadamente 13 400 KWh. La ecuación 10 calcula las emisiones de GEI asociadas al consumo de agua en la ESFOT durante el 2016.

$$\text{Emisiones del consumo de agua} = 7,836 \text{ Mwh} * 0,5062 \left( \frac{tCO_2e}{Mwh} \right) = 4 \text{ t } CO_2e \quad (10)$$

#### 4.5. Cálculo del área de construcción de la ESFOT y emisiones relacionadas

Las emisiones de GEI de las construcciones se alinean al alcance 3 del protocolo de emisiones; a continuación, se describen las construcciones analizadas en este ensayo.

La Escuela Politécnica Nacional ocupa un área de 152 mil metros cuadrados, tiene una superficie de construcción de 67 489 m<sup>2</sup> (EPN, 2017a); adicionalmente, se cuenta con 27 edificaciones, 1 estadio y 3 canchas deportivas, en este contexto, la ESFOT es la unidad académica número 21 que está conformada por 4 edificaciones.

A continuación, la ilustración 14 muestra un mapa de la ESFOT realizado en ARGIS online con una capa de mapa base de calles de Open Street Map, un proyecto colaborativo, para crear mapas editables y libres.



Ilustración 14: Edificios de la ESFOT

Fuente: Elaboración propia en ARGIS Online

La ESFOT cuenta con dos edificios patrimoniales con más de 60 años (edificios 3 y edificio 4 de la ilustración 14) de acuerdo a la consultoría para establecer un diagnóstico de edificaciones del campus de la Escuela Politécnica Nacional (Muñoz, 2015).

### Método de análisis

- a) Se referenciaron las 4 edificaciones de la ESFOT, la tabla 14 muestra las coordenadas respectivas, utilizando la herramienta de sistemas de información geográfica, ARGIS online, donde se calculó el área de cada edificio (polígono). Por lo tanto, la ESFOT cuenta con un área de construcciones de 5446,2 m<sup>2</sup> o 0,544 hectáreas.

Tabla 14: Geo-referenciación de los edificios de la ESFOT

Edificación	Puntos	Latitud	Longitud	Área (m <sup>2</sup> )
Edificio 1	1	-0,210278	-78,488275	387,9
	2	-0,210227	-78,488154	
	3	-0,210450	-78,488068	
	4	-0,210493	-78,488186	
Edificio 2	1	-0,210525	-78,488162	136
	2	-0,210485	-78,488050	
	3	-0,210568	-78,488015	
	4	-0,210608	-78,488133	

<b>Edificio 3</b>	1	-0,210147	-78,488870	793,7
	2	-0,209954	-78,488404	
	3	-0,210034	-78,488371	
	4	-0,210085	-78,488484	
	5	-0,210152	-78,488457	
	6	-0,210227	-78,488640	
	7	-0,210174	-78,488669	
	8	-0,210243	-78,488833	
<b>Edificio 4</b>	1	-0,210546	-78,488811	4128,6
	2	-0,210651	-78,488758	
	3	-0,210707	-78,488905	
	4	-0,210844	-78,488852	
	5	-0,210793	-78,488712	
	6	-0,210900	-78,488658	
	7	-0,210817	-78,488436	
	8	-0,210976	-78,488369	
	9	-0,210871	-78,488114	
	10	-0,210651	-78,488197	
	11	-0,210619	-78,488101	
	12	-0,210662	-78,488082	
	13	-0,210608	-78,487942	
	14	-0,210495	-78,487991	
	15	-0,210439	-78,487856	
	16	-0,210278	-78,487910	
	17	-0,210340	-78,488071	
	18	-0,210171	-78,488141	
	19	-0,210120	-78,488039	
	20	-0,210216	-78,488001	
	21	-0,210152	-78,487835	
	22	-0,210501	-78,487685	
	23	-0,210557	-78,487814	
	24	-0,210662	-78,487781	
	25	-0,210761	-78,488012	
	26	-0,210930	-78,487953	
	27	-0,211123	-78,488433	
	28	-0,210962	-78,488511	
	29	-0,211048	-78,488736	
	30	-0,210943	-78,488790	
	31	-0,210984	-78,488919	
	32	-0,210662	-78,489058	
<b>Área de los cuatro edificios de la ESFOT</b>				<b>5446.2 m<sup>2</sup></b>

Fuente: Open Street Maps, ARGIS online

Se calculó el área del bosque de la ESFOT cuyas coordenadas y el resultado se muestran en la tabla 15. Por lo tanto, el área total de la ESFOT es **7297,5 m<sup>2</sup>** o de 0,73 hectáreas.

Tabla 15: Coordenadas del área del bosque de la ESFOT

Bosque	Puntos	Latitud	Longitud	Área (m <sup>2</sup> )
ESFOT	1	-0,210337	-78,488624	1851,3
	2	-0,210227	-78,488310	
	3	-0,210635	-78,488160	
	4	-0,210648	-78,488203	
	5	-0,210664	-78,488195	
	6	-0,210764	-78,488471	

Fuente: Open Street Maps, ARGIS online

La tabla 16, muestra las características comunes de los materiales utilizados en construcciones, (Mercader et al., 2012) desarrolla una metodología para determinar las emisiones provenientes de modelos constructivos habituales

Tabla 16: Estimación del factor de emisión de CO<sub>2</sub> para las construcciones habituales

Materiales	Peso medio		Emisiones de CO <sub>2</sub>	
	kg/m <sup>2</sup>	%Edificio	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	% Edificio
Acero estructural y laminado	30,76	1,51	86,13	12,41
Acero cromado, esmaltado y galvanizado	5,21	0,25	19,74	2,84
Aditivo, disolvente, barniz y aceites	7,29	0,36	100,43	14,47
Aluminio (Anodizado y lacado)	0,99	0,05	31,14	4,49
Áridos	467,19	22,86	14,02	2,02
Betún asfáltico	1,67	0,08	10,85	1,56
Cantón y yeso	22,44	1,1	10,64	1,53
Cemento	29,4	1,44	12,09	1,74
Material cerámico	132,56	6,49	23,22	3,35
Cobre y cobre recocido	0,63	0,03	9,34	1,34
Hormigón celular y prefabricado	31,26	1,53	14,26	2,05
Hormigón prefabricado y suministrado	1026,79	50,24	224,37	32,32
Mortero prefabricado	93,45	4,57	20,81	3
Neopreno	1,5	0,07	26,48	3,81
Temple	1,61	0,08	23,7	3,41
PVC	1,04	0,05	10,77	1,55
Terrazo	43,34	2,12	9,37	1,35
Otros	146,48	7,17	46,8	6,74
<b>Totales</b>	<b>2043,61</b>	<b>100</b>	<b>694,16</b>	<b>100</b>

Fuente: (Mercader et al., 2012, p. 412)

- b) Adicionalmente, la metodología considera que la utilidad de una edificación es de 50 años antes de que se realicen reparaciones de relevancia (López Alvarez, 2009, p. 8), la ESFOT cuenta con 2 edificaciones con más de 60 años (Muñoz, 2015, p. 5); sin embargo, por la razón mencionada se utilizaron 50 años para medir las emisiones anuales asociadas a la construcción de los edificios.

La Tabla 17, muestra las emisiones de GEI acumuladas en un periodo de 50 años y de forma anual, es importante mencionar que después de 50 años de funcionamiento un edificio requiere adecuaciones para aumentar su vida útil, en este sentido la Escuela Politécnica Nacional requiere ejecutar una remodelación de las instalaciones de la ESFOT con un presupuesto aproximado de \$1 616 748,00 (Calderón, 2017a, p. 35). Adicionalmente, en esta tabla se muestra las emisiones por edificio.

La ecuación 11 calcula las emisiones relacionadas a la construcción de la ESFOT, sin embargo, cada construcción debe considerar una vida útil de 50 años, por lo tanto, la ecuación 12 calcula las emisiones para el año 2016 relacionadas a la construcción de la ESFOT.

$$\text{Emisiones de la construcción} = 5446,2 \text{ m}^2 * 0,694 \frac{\text{t CO}_2}{\text{m}^2} = 3780,5 \text{ t CO}_2 \quad (11)$$

$$\text{Emisiones de la construcción en 2016} = \frac{3780,5 \text{ t CO}_2}{50 \text{ años}} = 75,6 \text{ t CO}_2 \quad (12)$$

Tabla 17: Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a las edificaciones de la ESFOT (uso del suelo)

Construcción de la ESFOT	Área m <sup>2</sup>	Emisiones a 50 años tCO <sub>2</sub> e	Emisiones anuales tCO <sub>2</sub> e
Edificio 1	387,9	269,3	5,4
Edificio 2	136,0	94,4	1,9
Edificio 3 <sup>8</sup>	793,7	551,0	11,0
Edificio 4 <sup>9</sup>	4128,6	2865,9	57,3
<b>Total</b>	5446,2	3780,5	75,6

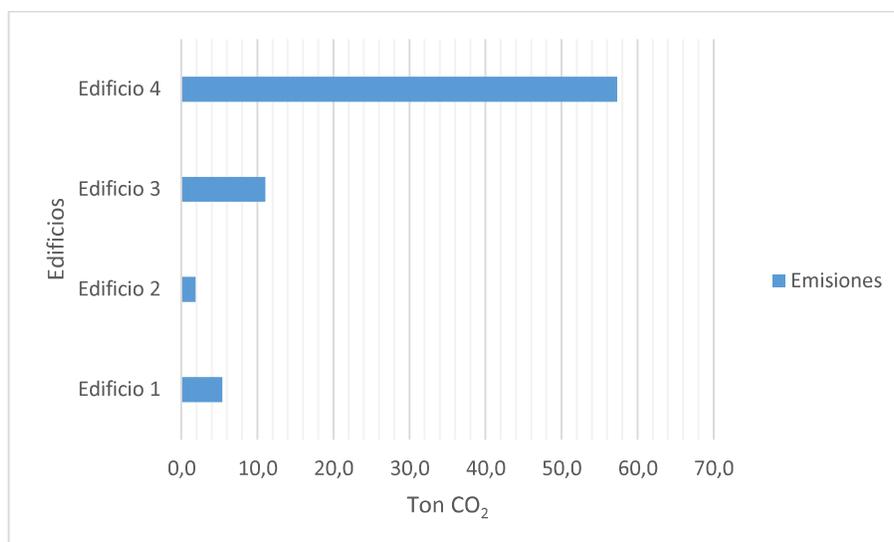
Fuente: Elaboración de la autora

En la ilustración 15, se evidencia que el edificio 4 tiene una mayor huella de carbono; adicionalmente, se consideró que la vida útil de todos los edificios es 50 años. La ESFOT tiene dos edificios (edificios 3 y 4) con más de 60 años, el cálculo es aplicable porque no se

<sup>8</sup> El edificio 3 tiene más de 60 años

<sup>9</sup> El edificio 4 tiene más de 60 años

había realizado con anterioridad una medición de la huella de carbono relacionada a la construcción de los edificios de la ESFOT.



*Ilustración 15: Emisiones por el uso del suelo (construcción de edificaciones)*

*Fuente: Elaboración de la autora*

#### **4.6. Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**

De acuerdo a los datos de la población de la ESFOT, reflejados en la tabla 6 de la sección 2.5 de consideraciones, detalla la siguiente información relacionada a la generación de residuos. La generación de residuos en el campus politécnico no es uniforme porque hay edificaciones que generan diversos volúmenes de residuos en función de las actividades que realizan; por lo tanto, se utilizó la tasa de generación de residuos del campus de 0,0119 kg/hab/día<sup>10</sup>; por otra parte, el factor de emisión para residuos se obtuvo del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) donde se consideró la generación de metano y óxido nitroso en 10 g CH<sub>4</sub>/ kg de residuos y 0,6 gN<sub>2</sub>O/kg de residuos respectivamente, adicionalmente, se consideró un poder de calentamiento global de 25 para el metano y de 298 para el óxido nitroso; por otra parte, de la Secretaría de Ambiente de Quito se obtuvo la generación de 2188 t de residuos/ día donde 1 247,16 toneladas de residuos son orgánicos. La ecuación 13 muestra el cálculo para el factor de emisión de los residuos de Quito considerando que la generación de GEI de los residuos de Quito produce 534, 78 t CO<sub>2</sub>e.

<sup>10</sup> Se obtuvo la tasa de generación de residuos para el año 2017 de la tesis de ESFOT “*Diseño de un modelo de reciclaje inclusivo para la comunidad politécnica del campus “J. Rubén Orellana” de la Escuela Politécnica Nacional. Escuela Politécnica Nacional*”, la tasa no varía significativamente en un año, y se la utilizó para encontrar la generación de residuos en la ESFOT.

$$\text{Factor de emisión de residuos} = \left( \frac{534,78 \text{ tCO}_2\text{e}}{2188 \text{ t residuos}} \right) = 0,24 \left( \frac{\text{tCO}_2\text{e}}{\text{t residuos}} \right) \quad (13)$$

De acuerdo a la tabla 6, la ESFOT generó en el año 2016 un total de 2,5 toneladas de residuos, la ecuación 14 calcula las emisiones de GEI relacionadas a la generación de residuos en la ESFOT.

$$\text{Emisiones de tCO}_2\text{e} = 2,5 \text{ t residuos} * 0,4288 \left( \frac{\text{tCO}_2\text{e}}{\text{t residuos}} \right) = 1,1 \text{ tCO}_2\text{e} \quad (14)$$

La ilustración 16, muestra las emisiones en t CO<sub>2</sub>e relacionadas a la generación de residuos en la ESFOT. Durante los meses de clases existe una necesidad de implementar Buenas Prácticas Ambientales; también, durante el inicio y final de cada semestre donde se encuentran puntos de máxima generación de residuos en la ESFOT.

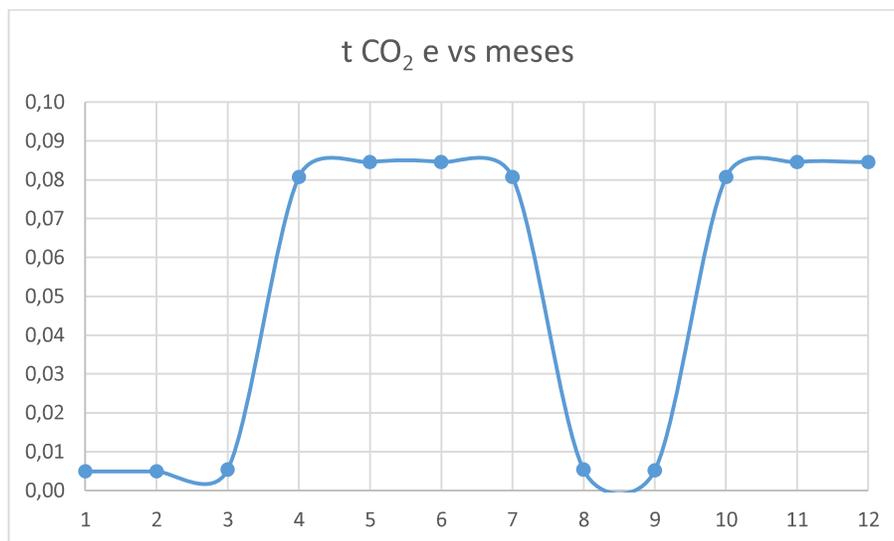


Ilustración 16: Emisiones de GEI de los residuos sólidos de la ESFOT en el 2016

Fuente: Elaboración de la autora

### Método de análisis

- Se utilizan las tasas de generación de residuos sólidos para la Escuela Politécnica Nacional reportadas en la tesis "Diseño de un modelo de reciclaje inclusivo para la comunidad politécnica del campus "J. Rubén Orellana" de la Escuela Politécnica Nacional. Escuela Politécnica Nacional" (Campoverde, 2018).
- Se obtiene la generación anual de residuos en la ESFOT.
- Se utiliza el factor de emisión de la tabla 4 para residuos sólidos urbanos.
- Se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la generación de residuos de la ESFOT.

#### 4.7. Consumo de papel

Para obtener las emisiones de GEI de esta categoría se aplicó una encuesta (se evidencian los formatos de dicha encuesta en los anexos 6 y 7), con el mismo tamaño de la muestra utilizada en la categoría de movilidad, para estudiantes, docentes y personal administrativo donde se encontró el número total de hojas utilizado por estudiantes profesores y personal administrativo en un día y se lo multiplicó por los días laborables del 2016. Se contabilizó el número de hojas utilizado por estudiantes, docentes y personal administrativo, mediante la aplicación de encuestas, ver anexo de la herramienta de cálculo digital de este trabajo adicionalmente, se aplicó la ecuación 2, de la sección 2,5 sobre consideraciones para encontrar la masa de papel; en consecuencia, se encontró la masa las hojas de papel, también, se aplicó el factor de emisión de la producción de papel , 955,6535 kg CO<sub>2</sub>e / t papel, que es equivalente a decir que en 0,956 t CO<sub>2</sub>/ t papel de la tabla 4.

Al aplicar el factor de emisión se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub>e relacionadas al consumo de papel en la ESFOT de la muestra; finalmente, se multiplican las emisiones por el factor de extrapolación para obtener las emisiones de GEI relacionadas al consumo de papel en la ESFOT.

La tabla 18, muestra la masa de papel encontrado la diferenciación entre papel cuadriculado y papel bond. En el cálculo de las emisiones de GEI se usa el mismo factor de emisión para el papel bond y el papel cuadriculado, 955,6535 Kg CO<sub>2</sub> e / t papel.

Tabla 18: Uso de papel y emisiones de CO<sub>2</sub>

Área	Tipo de papel	No. de hojas/día	Gramaje g/m <sup>2</sup>	Total de hojas al año	No. De folios por m <sup>2</sup>	Kg	Toneladas de papel
Estudiantes	Papel Bond tamaño A4	375,2	73,8	56655,2	16,03	260,8	0,26
	Papel Cuadriculado	333,6	52,4	50373,6	16,37	161,2	0,16
Profesores y administrativos	Papel Bond tamaño A4	196,7	73,8	51338,7	16,03	236,4	0,24
	Papel Cuadriculado	62,7	52,4	16364,7	16,37	52,4	0,05
TOTAL							0,71

Fuente: Encuestas relacionadas al consumo de papel del 2016 en la ESFOT

La ecuación 15 muestra las emisiones de GEI relacionadas al consumo de papel en la ESFOT, en esta se multiplica la masa de papel de la muestra, el factor de emisión del papel y el factor de extrapolación de la muestra.

$$\text{Emisiones (consumo de papel)} = 0.71 \text{ t papel} * 0,956 \frac{\text{t CO}_2\text{e}}{\text{t papel}} * 11,69 = 7,93 \text{ t CO}_2\text{e} \quad (15)$$

#### 4.8. Cálculo de la Huella Ecológica de la ESFOT

Una vez calculadas las emisiones de CO<sub>2</sub>, de las categorías seleccionadas se compilan los valores de las emisiones de GEI del alcance 2 y 3 en la tabla 19:

Tabla 19: Resumen de las emisiones de CO<sub>2</sub> de las categorías seleccionadas

<b>Categorías</b>	<b>Emisiones tCO<sub>2</sub>e al año</b>	<b>Porcentaje</b>
Alcance 2		
<b>Consumo de energía eléctrica</b>	31,6	5,04%
Alcance 3		
<b>Movilidad</b>	506,6	80,83%
<b>Consumo de agua</b>	4,0	0,63%
<b>Uso del suelo: construcciones</b>	75,6	12,06%
<b>Generación de RSU</b>	1,1	0,17%
<b>Consumo de papel</b>	7,9	1,27%
<b>Total de emisiones de tCO<sub>2</sub>e anuales</b>	626,7	100%

Fuente: Elaboración propia

Se utilizará la ecuación 1 para el cálculo de la Huella Ecológica en la ESFOT, considerando el factor de equivalencia de bosques de la tabla 2.

La ecuación 16 muestra un ejemplo de cálculo de la Huella Ecológica para la categoría de movilidad en la ESFOT:

$$HE \text{ movilidad en ESFOT} = \frac{506,6 \text{ Ton } CO_2}{12,21 \frac{\text{Ton } CO_2}{\text{ha} * \text{año}}} + 0,72975 \text{ ha} = 42,22 \frac{\text{ha}}{\text{año}} \quad (16)$$

Se consideró que la fijación de Carbono para un bosque secundario en el suelo del Ecuador es 12,21 Ton CO<sub>2</sub>/ha\*año, se transforma la superficie de la ESFOT en hectáreas.

Se multiplica el resultado por el factor de equivalencia 1,34 para bosques de la tabla 2 y de esta forma obtener la huella ecológica en hag (hectáreas globales) esto da como resultado una huella ecológica la ESFOT asociada a la movilidad de 56,57 *hag*.

La tabla 20, muestra una recopilación de la huella de carbono por alcance y por categoría de análisis en la ESFOT.

Tabla 20: Huella Ecológica de las categorías escogidas

Categorías	Emisiones tCO <sub>2</sub> e al año	HE (ha)	HE (hag)	Porcentaje
Alcance 2				
Consumo de energía eléctrica	31,6	3,32	4,44	6%
Alcance 3				
Movilidad	506,6	42,22	56,57	76%
Consumo de agua	4,0	1,05	1,41	2%
Construcciones	75,6	6,92	9,28	12%
Generación de RSU	1,1	0,82	1,09	1%
Consumo de papel	7,9	1,38	1,85	2%
<b>Total de emisiones de tCO<sub>2</sub>e anuales</b>	<b>626,7</b>	<b>55,71</b>	<b>74,65</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.9. Resultados del indicador de Huella Ecológica en la ESFOT

A finales del año 2016, la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional tuvo una Huella Ecológica de 74,65 hag (hectáreas globales) considerando que la población de la ESFOT estaba conformada por 1321 personas durante el 2016.

La ecuación 17 evidencia uno de los objetivos de este trabajo, calcular la Huella Ecológica per cápita y total de la ESFOT.

$$HE \text{ per cápita} = \frac{HE \text{ ESFOT en 2016}}{Población \text{ en 2016}} = \frac{74,65 \text{ hag}}{1321 \text{ personas}} = 0,06 \frac{\text{hag}}{\text{persona}} \quad (17)$$

En el cálculo de la HE es común hacer una comparación de la Huella Ecológica con el número de planetas requeridos; por ello, para obtener la cantidad de planetas que una persona en la ESFOT necesitaría para mantener sus hábitos de consumo de recursos se divide la huella per cápita para la biocapacidad del planeta (1,7 hag/persona/año), en el caso de la ESFOT una persona requeriría 0,04 planetas para llevar mantener la Huella Ecológica de 0.06 hag/cápita. Los valores reflejados indican que la Huella Ecológica de la ESFOT es aceptable en función de los recursos que tiene el planeta. A continuación, la ilustración 18, muestra los porcentajes de la Huella Ecológica de la ESFOT reflejados en las categorías del alcance 2 y 3 del presente trabajo.

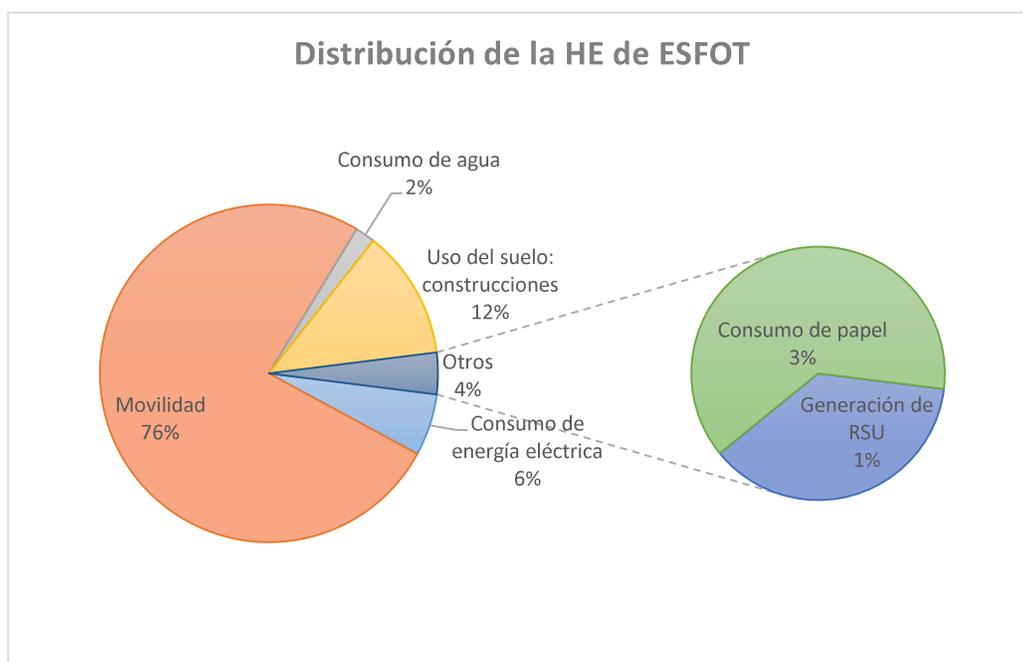


Ilustración 17: Huella Ecológica en la ESFOT en el 2016

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la ESFOT, el mayor porcentaje de la Huella Ecológica se encuentra en la categoría movilidad que representa un 76% del total de la dicha huella, por lo tanto, las principales acciones de reducción de la esta huella deberían dirigirse a esta categoría.

La HE relacionada a la construcción de los edificios representa un 12% de la Huella Ecológica total, las renovaciones futuras de los edificios pueden reducir futuras emisiones si se utilizan materiales con una menor huella de carbono.

El consumo de energía eléctrica representa un 6% de la huella ecológica, la reducción del consumo de energía acompañado del uso de equipos eficientes permitirá una consecuente reducción de la HE en esta categoría. El consumo de papel representa un 2% de la Huella Ecológica, en general las universidades utilizan más papel que otras instituciones, este valor muestra que hay una buena oportunidad de reducir el consumo de papel y optimizar los medios de entrega digitales para reducir la cantidad de impresiones en trabajos y lecciones.

La generación de residuos representa el 1% de la HE. La principal categoría a mitigar es la movilidad de las personas en la ESFOT. La problemática de movilidad en la población de la ESFOT se relaciona al déficit del uso de medios alternativos de transporte y la falta de seguridad para usar bicicletas públicas o personales, las principales acciones para reducir la HE se deben enfocar en las categorías analizadas, sin embargo, algunas presentan mayor dificultad que otras para reducir la HE en la ESFOT.

La ilustración 18, indica que la HE per cápita de la ESFOT es inferior a la Huella Ecológica de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional y de todas las universidades de esta muestra, sin embargo, un valor menor de Huella Ecológica no debe ser una razón para no implementar Buenas Prácticas Ambientales en la ESFOT.

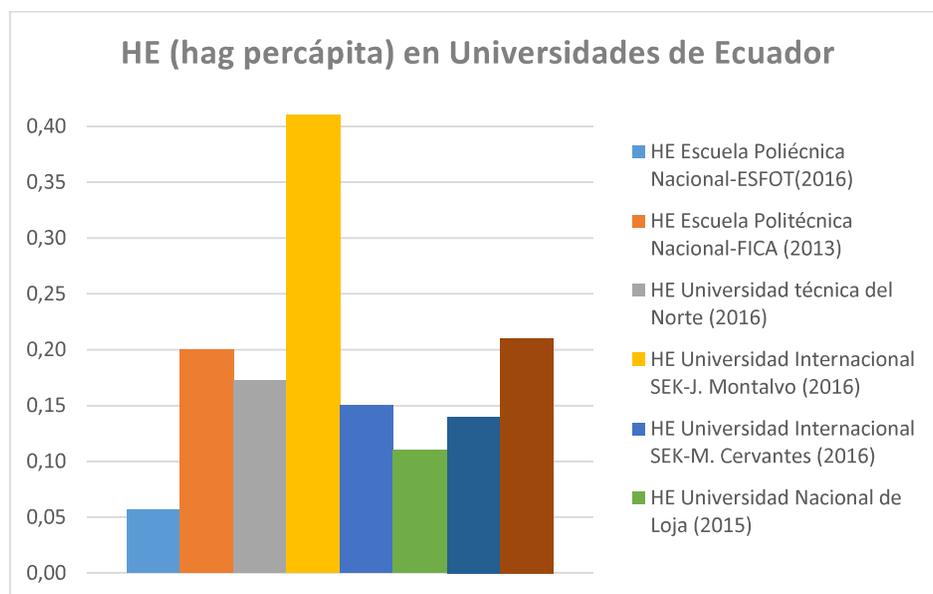


Ilustración 18 Comparación de la Huella Ecológica de universidades del Ecuador

Fuente: Elaboración propia

La ilustración 19, muestra la diferencia entre HE per cápita nacional y HE de la ESFOT, por lo tanto, esto evidencia que la ESSFOT debe continuar con su nivel de consumo de los recursos de la tierra y que las políticas ambientales del campus deben estar enfocadas a

mantener o reducir la Huella Ecológica de la ESFOT mediante Buenas Prácticas Ambientales u otros instrumentos de gestión ambiental.

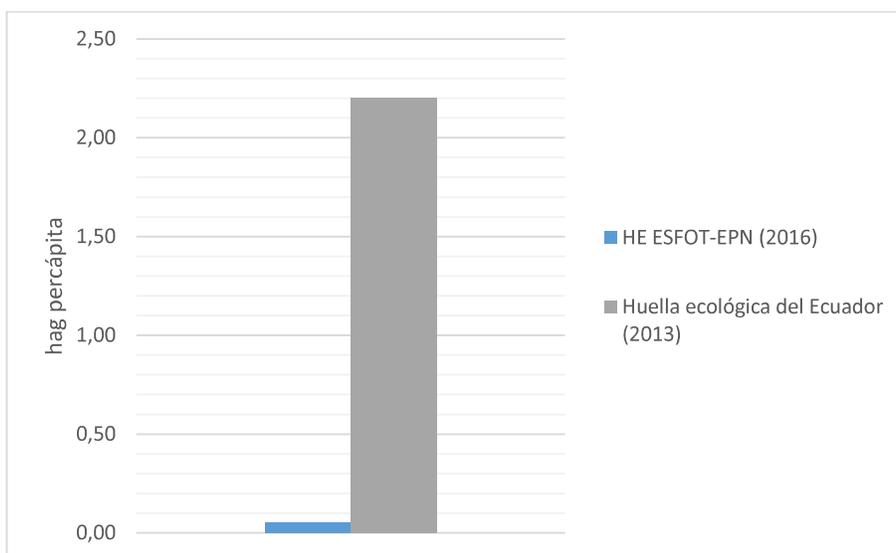


Ilustración 19: HE de la ESFOT vs HE del Ecuador

Fuente: Elaboración propia

#### 4.10. Análisis de los resultados obtenidos en el reporte de la Huella Ecológica de la Escuela de Formación de Tecnólogos.

La Huella Ecológica per cápita de la ESFOT es de 0,06 hag lo cual es menor al valor promedio entre las 5 universidades del país, aproximadamente 0.18 hag, de la tabla 3 "*Comparativo de huella ecológica de IES*"; en concreto, la HE de la ESFOT puede ser reducida sin una inversión alta de recursos humanos y económicos; por otra parte, la movilidad de la ESFOT representa el mayor porcentaje de la HE, por lo tanto, requiere una mitigación o limitación enfocada en priorizar el uso de medios de transporte no motorizado (a pie, en bicicletas) e incentivar el uso del transporte público; por otra parte, la optimización del transporte público requiere de políticas públicas que optimicen rutas ya que tiene una relación directa con el desarrollo del tráfico de la ciudad y el uso excesivo del vehículo privado.

El cálculo de las emisiones de movilidad debe ser mejorado periódicamente mediante el uso de encuestas enfocadas a estudiantes, profesores y personal administrativo; además, es recomendable que se realicen encuestas en línea de la HE que permita una mejor

contabilidad de las emisiones de GEI y de los hábitos de movilidad de la población de la ESFOT. Aproximadamente, la generación diaria de residuos sólidos en la ESFOT durante los periodos de vacaciones es de 1,10 kg de residuos/día y durante los periodos de clases es de 17,96 kg de residuos/ día.

Las Buenas Prácticas Ambientales (BPA) en instituciones educativas; en primer lugar, contemplan la formación de un equipo de trabajo que puede estar constituido por estudiantes, docentes y personal de limpieza; en segundo lugar se realiza una etapa de diagnóstico donde se puede registrar la generación de residuos, se determinan brechas y oportunidades con la medición de la HE, la huella de carbono o la huella hídrica; en tercer lugar, es recomendable analizar los resultados del diagnóstico periódicamente para actualizar medidas preventivas y correctivas en las categorías analizadas en el alcance 2 y alcance 3 del protocolo de emisiones; adicionalmente, cualquier medida debe ser promovida por las autoridades; finalmente, se requiere de un plan de seguimiento y comunicación donde se verifique el cumplimiento de las medidas de las BPAs y donde se motive a su equipo responsable a mejorar en diseño y aplicación de las acciones para reducir la contaminación ambiental en Universidades y Escuelas Politécnicas.

El manual de Buenas Prácticas Ambientales, uno de los resultados del presente ensayo, se adjunta en otro documento en formato Word como anexo.

#### **4.11. Posibles temas futuros de análisis relacionados a la Huella Ecológica en la ESFOT**

La Huella Ecológica como un proyecto piloto en la ESFOT puede escalarse a nivel de todo el campus politécnico, esto permitiría contar con un indicador de sostenibilidad para desarrollar estrategias, programas y proyectos que permitan un desarrollo sostenible en el campus politécnico. Entre los principales temas que se relacionan a la HE se pueden mencionar:

- El análisis de la alimentación estudiantil y su impacto en la Huella Ecológica puede ser un tema que permita optimizar el consumo de nutrientes y contribuir con la salud de las personas en el campus, adicionalmente, se requiere una mejora del sistema de encuestas donde se puedan reflejar categorías relacionadas a la ingesta de alimentos.
- El uso de transporte alternativo y su impacto en la Huella Ecológica del campus, esto permitirá viabilizar la construcción de parqueaderos de bicicletas seguros para los

usuarios interesados, es importante mencionar, que la infraestructura del sistema de bicicletas BICIQ no abastece el uso de bicicleta de la EPN.

- La sostenibilidad ambiental en el ámbito educativo de la EPN, este tema fue uno de los requerimientos de las políticas ambientales del campus de la EPN (EPN, 2017c) y el cumplimiento de la Estrategia Nacional de Educación Ambiental formulada en el 2017 por el Ministerio del Ambiente y varios actores de la sociedad civil y academia.
- Edificios inteligentes y patrimoniales una propuesta que puede integrar a varias carreras dentro de una temática ambiental y energética.
- El rol de la huella hídrica en la gestión hídrica del campus de la EPN.
- Talleres de educación ambiental en Buenas Prácticas Ambientales para comunidades y miembros del campus de la EPN realizados por estudiantes con el apoyo de docentes y autoridades del campus politécnico.
- Cálculo de la Huella Ecológica en todo el campus politécnico, esto permitirá mejorar las políticas ambientales de la EPN ya que se pueden identificar las categorías principales para desarrollar acciones de Buenas Prácticas Ambientales.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- ✓ Las metodologías para el cálculo de la Huella Ecológica en universidades no tienen una estandarización internacional o nacional. Este trabajo muestra como al mejorar la metodología del cálculo de la huella de carbono mediante los alcances del GHG Protocol, se aumenta el grado de confiabilidad de las categorías reportadas en la huella de carbono y posteriormente en la Huella Ecológica. Las categorías de análisis de la huella de carbono dependen de la disponibilidad de información de las universidades, sin embargo, cuando se mantiene un marco común de alcances se puede comparar las categorías entre las universidades y desarrollar acciones en conjunto que permitan mejorar la gestión ambiental de las universidades.
- ✓ El análisis de los alcances y categorías seleccionadas en este trabajo permitieron el cálculo de la huella de carbono y posteriormente de la Huella Ecológica de la ESFOT. En el año 2016, la Huella Ecológica de la ESFOT fue 74,65 hag y 0,06 hag per cápita. La HE de la ESFOT es aproximadamente un 25% de la HE de la FICA-EPN y se mantiene como una HE baja entre las universidades del Ecuador analizadas. La HE de la ESFOT es un 2,7% de la HE del Ecuador, aproximadamente 2,2 hag per cápita en el 2013.
- ✓ El 76% de la Huella Ecológica de la ESFOT se relaciona con la movilidad de los estudiantes, profesores y personal administrativo, por esta razón, las acciones de mitigación de la Huella Ecológica deben dirigirse especialmente a esta categoría.
- ✓ El manual de Buenas Prácticas Ambientales para la ESFOT fue desarrollado en función del cumplimiento de los lineamientos de la política ambiental de la EPN, el plan institucional de las BPAs del 2017 de la EPN y los principales hallazgos de la Huella Ecológica de la ESFOT para el año 2016.
- ✓ Las encuestas brindan información relevante para formulación de Buenas Prácticas Ambientales aplicables a la ESFOT, sin embargo, es recomendable una mejora continua de las encuestas acordado por el equipo de Buenas Prácticas Ambientales de la ESFOT. El equipo responsable de las BPAs en la ESFOT permitirá una adecuada gestión de medidas que permitan la reducción de la Huella Ecológica de la ESFOT, por esta razón, las personas que conforman este equipo deben contar con habilidades comunicacionales y ser constantes en la ejecución de actividades demostrando interés en la conservación del ambiente. El diagnóstico de la Huella Ecológica de la ESFOT requiere una actualización periódica para determinar las categorías críticas para la gestión ambiental de la ESFOT, por lo tanto, el registro del

consumo de recursos es relevante para consolidar la información necesaria para el cálculo de la huella de carbono y de la Huella Ecológica.

- ✓ El diseño de las medidas de reducción de la Huella Ecológica responde a las características específicas de las unidades académicas; por esta razón, en la ESFOT se determinó que la movilidad es la categoría que mayor Huella Ecológica presenta y en consecuencia se deben tomar acciones concretas para reducir dicha huella en esta categoría.
- ✓ El seguimiento de la implementación de medidas es parte de los compromisos de las unidades académicas y del rector de la EPN, por lo tanto, los medios de verificación y cumplimiento de las Buenas Prácticas Ambientales deben ser ordenados y reportados periódicamente por el equipo responsable de estas en la ESFOT.
- ✓ La EPN cumple con su responsabilidad de mantener una política ambiental de sostenibilidad, proceso que demanda de un firme compromiso institucional; requiere también la aplicación de las BPAs y de esta metodología en el campus de la ESFOT y de la EPN.
- ✓ La difusión de los resultados permite que la comunidad de la ESFOT conozca los esfuerzos realizados por el equipo y por el campus para mantener actividades relacionadas a la sostenibilidad ambiental de la ESFOT, para conseguir este objetivo, se pueden realizar campañas de concientización para disminuir el consumo de papel, el uso de botellas plásticas, por ejemplo; promoviendo el uso de bebederos institucionales, por otro lado, la comunicación efectiva es una práctica y permite que la comunidad replique las Buenas Prácticas Ambientales en su hogar que permitirá una verdadera gestión ambiental institucional y personal.

## **5.2. Recomendaciones**

- Es recomendable el cálculo y actualización de la Huella Ecológica puesto que permitirá obtener una métrica del estado de las Buenas Prácticas Ambientales en la ESFOT (“La EPN aspira ser una universidad con calidad y sustentabilidad ambiental”, 2016).
- Se recomienda determinar la huella de carbono en forma adecuada antes de proceder con el cálculo de la Huella Ecológica en hectáreas globales (hag) ya que de acuerdo a Global Footprint Network, la huella de carbono es un 60% de la Huella Ecológica.
- Para generar un mayor grado de involucramiento y concientización de los integrantes de la ESFOT es recomendable realizar una encuesta semestral en línea de la Huella Ecológica, adicionalmente, se pueden socializar otras calculadoras en línea de “Global Foot Print Network” y del proyecto “Huella Ecológica del Ministerio

del Ambiente del Ecuador”, el equipo de Buenas Prácticas Ambientales de la ESFOT debe actualizar el valor de la HE periódicamente para el desarrollo de categorías críticas para la gestión ambiental de la ESFOT.

- En los puntos de separación de residuos se debe incluir un tacho para residuos comunes, de esa forma se evita que las personas mezclen residuos comunes con el material separado que tiene un potencial de reciclaje o para ser reusado.
- Es recomendable implementar y actualizar el manual de Buenas Prácticas Ambientales (BPAs) en la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) considerando los lineamientos de la política ambiental y comunicacional del Campus de la Escuela Politécnica Nacional (Comité para el Campus Sustentable, 2017).
- Se recomienda realizar campañas ambientales en la ESFOT, ya que permiten una efectiva aplicación de Buenas Prácticas Ambientales en la ESFOT, sobre todo, en la movilidad, el consumo de energía eléctrica y el consumo de papel.
- Es importante generar hábitos en la comunidad de la ESFOT para usar correctamente los puntos ecológicos existentes en todo el campus. Los puntos ecológicos deben ser instalados en los lugares de mayor generación de residuos.
- Se recomienda mantener los convenios entre las Autoridades Ambientales Nacional y Distrital para el desarrollo de actividades amigables con el ambiente, de esto se podrán obtener beneficios relacionados al asesoramiento de técnicos expertos y el intercambio de experiencias e información aplicable a la Huella Ecológica y Buenas Prácticas Ambientales en Universidades.
- Es recomendable difundir los resultados de la Huella ecológica y el manual de Buenas Prácticas Ambientales a los estudiantes, profesores y personal administrativo, mediante charlas, foros de participación comunitaria y redes sociales institucionales.

## Bibliografía

- Abizaid, Olga. (2011). *Encontrando una voz colectiva para ser visible: La creación de la RENAREC* (p. 2). Recuperado de Fundación AVINA website: <https://goo.gl/GtaMFX>
- Alcaldía Metropolitana de Quito. *Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.* , (2015).
- Baca, J. C. (2014). *Memoria Técnica Actualización de la Huella Ecológica del Distrito Metropolitano de Quito* (p. 37). Recuperado de Secretaría de Ambiente website: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/9-cambio-climatico?download=169:huella-ecologica-dmq-2011>
- Baumann, T. (2012). *GHG schemes addressing climate change How ISO standards help* (p. 56). Recuperado de [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/ghg\\_climate-change.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/ghg_climate-change.pdf)
- Blauvelt, R. P. (2014). Systematizing Environmental Indicators and Indices. *Journal of Environment and Ecology*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.5296/jee.v5i1.4864>
- Burgos, C. C., & Figueroa, M. A. (2016). *Aproximación al cálculo de la huella ecológica de la universidad de Nariño sede Torobajo para el primer semestre de 2014*. Universidad de Nariño.
- Calderón, J. (2017a). *Rendición de cuentas 2016* (p. 152). Recuperado de Escuela Politécnica Nacional website: <http://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/05/Rendicion-EPN-2016-VF-152-pags.pdf>
- Calderón, J. (2017b). *Rendición de cuentas 2016* (p. 152). Recuperado de Escuela Politécnica Nacional website: <http://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/05/Rendicion-EPN-2016-VF-152-pags.pdf>
- Calderón, J. (2018). *Rendición de cuentas EPN 2017*. Recuperado de <https://tinyurl.com/y5qy5hsv>

- Campoverde, Z. (2018). *Diseño de un modelo de reciclaje inclusivo para la comunidad politécnica del campus "J. Ruben Orellana" de la Escuela Politécnica Nacional*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Comite para el Campus Sustentable. *Plan Institucional de buenas prácticas ambientales 2017 para la aplicación de las políticas para el campus sustentable de la EPN contenidas en resolución de concejo Politécnico*. , (2017).
- Congreso Nacional del Ecuador. *Ley de Gestión Ambiental*. , (2004).
- Consejo de Educación Superior. *Ley Orgánica de Educación Superior - Ley Orgánica de Educación Superior | CES - Consejo de Educación Superior | Ecuador*. , (2010).
- Cordero, J. (2017). *Evaluación del potencial energético de las aguas residuales urbanas generadas en ciudades de altura* (Universidad de Cuenca). Recuperado de <https://goo.gl/598ubK>
- Défaz, S., & Andrade, A. (2015). *Boletín Nro. 1. Huella Ecológica del Ecuador. Principales avances y resultados*. 25.
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy, & Department for Environment Food & Rural Affairs. (2018). *UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting*. Recuperado de <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2018>
- Development, W. B. C. for S., & World Resources Institute. (2005). *Protocolo de gases de efecto invernadero: Estándar corporativo de contabilidad y reporte* (p. 138). México: SEMARNAT.
- Empresa Eléctrica Quito. Consumo eléctrico de la ESFOT. , Pub. L. No. 001-999-000115062, 88054113-73 2 (2016).
- EPN. (2009). *Informativo Politécnico* (p. 20). Recuperado de EPN website: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2026/1/informativo%20polit%c3%a9cnico%2046.pdf>
- EPN. (2017a). Escuela Politécnica Nacional | Ubicación Geográfica. Recuperado 6 de diciembre de 2017, de <http://www.epn.edu.ec/institucion/ubicacion-geografica/>

- EPN. *Políticas ambientales del campus de la Escuela Politécnica Nacional.* , (2017).
- EPN. *Políticas ambientales del campus de la Escuela Politécnica Nacional.* , Pub. L. No. 60, 10 (2017).
- ESFOT. (2009). *Plan estratégico de la ESFOT 2009-20015* (p. 20). Quito: EPN.
- Espinosa, A. (2013). *Informe de gestión 2003-2013 EPN.* Recuperado de <http://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2014/01/Informe-de-Gestion-2003-2013.pdf>
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., & Knoblauch, D. (2011). *Integrating Ecological, Carbon and Water Footprint: Defining the —Footprint Familyll and its Application in Tracking Human Pressure on the Planet.* 73.
- Herrera, M., & Hospital Roosevelt. (2011). *Fórmula para el cálculo de la muestra, poblaciones finitas.* Recuperado de <https://tinyurl.com/y7ef23hd>
- Jaclyn, J. (2007). *Quantifying the ecological footprint of the Ohio State University* (The Ohio University). Recuperado de <https://tinyurl.com/y4cuugba>
- Knust, T. (2017). *Propuestas y tecnologías para la gestión integral y sustentable de residuos sólidos en Ecuador.* Recuperado de [http://ecuador.ahk.de/fileadmin/ahk\\_ecuador/Dokumente\\_ALT/Eventos/Archivos\\_adjuntos/Thorben\\_Knust\\_Secretaria\\_de\\_Ambiente.pdf](http://ecuador.ahk.de/fileadmin/ahk_ecuador/Dokumente_ALT/Eventos/Archivos_adjuntos/Thorben_Knust_Secretaria_de_Ambiente.pdf)
- La EPN aspira ser una universidad con calidad y sustentabilidad ambiental. (2016, enero 12). Recuperado 22 de mayo de 2018, de Escuela Politécnica Nacional website: <http://www.epn.edu.ec/la-epn-aspira-a-ser-una-universidad-con-calidad-y-sustentabilidad-ambiental/>
- López Alvarez, N. (2009). Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades. *Congreso Nacional del Medio Ambiente*, 24.
- López Álvarez, N., autores, O., & Blanco Heras, D. (2008). *Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades.*
- López, M. (2006). *Oportunidades para proyectos de secuestro de carbono en Ecuador.* 10.

- López, N., & Blanco, D. (2008). *Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades*. Recuperado de Universidad Santiago de Compostela website: <http://www.conama9.conama.org/conama9/>
- MAE. (2017). SUIA: Sistema Único de Información Ambiental Brecha entre Huella Ecológica y Biocapacidad per cápita. Recuperado 6 de diciembre de 2017, de <http://snia.ambiente.gob.ec:8090/indicadoresambientales/pages/indicators.jsf;jsessionid=RGua1oafvRnRf63I-sUEya3R>
- Maguire, C., Hoogeveen, Y., Martin, J., Petersen, J.-E., Panja, G., Pignatelli, R., ... European Environment Agency. (2014). *Digest of EEA indicators 2014*. Luxembourg: Publications Office.
- Mercader, M. P., Ramírez de Arellano, A., & Olivares, M. (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de la Construcción*, 64(527), 401–414. <https://doi.org/10.3989/ic.10.082>
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana. *Instrumento de Ratificación del acuerdo de París*. , (2017).
- Ministerio del Ambiente. *Política Ambiental Nacional*. , (2009).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Guía de buenas prácticas ambientales para reducción de la huella ecológica. "Hacia una gestión sostenible en Universidades y Escuelas Politécnicas"*. Quito-Ecuador.
- Ministerio del ambiente del Ecuador. (2013). *Reporte de la Huella Ecológica del Ecuador: 2008 y 2009* (Primera Edición). Recuperado de [https://www.footprintnetwork.org/content/images/article\\_uploads/2008\\_and\\_2009\\_NFA\\_Ecuador\\_Report.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/2008_and_2009_NFA_Ecuador_Report.pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. *Marco Institucional para Incentivos Ambientales*. , (2015).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. *Marco Institucional para Incentivos Ambientales*. , (2015).

- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). Brecha entre Huella Ecológica y Biocapacidad per cápita. Recuperado 7 de mayo de 2018, de <http://snia.ambiente.gob.ec:8090/indicadoresambientales/pages/indicators.jsf;jsessionid=RGua1oafvRnRf63I-sUEya3R>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. *Código Organico del Ambiente.* , (2017).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. *Código Organico del Ambiente.* , (2017).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017c). *Estrategia Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible 2017 - 2030* (p. 56). Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/ENEA-ESTRATEGIA.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, & Escuela Politécnica Nacional. *Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Ministerio del Ambiente y la Escuela Politécnica Nacional.* , (2014).
- Ministerio del Ambiente, & República del Ecuador. (2013). *Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.* Recuperado de <https://goo.gl/brojzT>
- Ministerio del Ambiente, & Soliz, M. (2014). *Informe de Cálculo de Huella Ecológica de la Escuela Politécnica Nacional, 2013* (p. 18). Quito-Ecuador.
- Molina Restrepo, J., & Ocampo Rodríguez, M. M. (2016). *Cálculo de la huella ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira.* Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/6819>
- Municipio de Quito rindió homenaje a recicladores al celebrar su Día Internacional. (2018, marzo 2). Recuperado 7 de mayo de 2018, de Quito Informa website: <http://www.quitoinforma.gob.ec/2018/03/01/municipio-rindio-homenaje-a-recicladores-al-celebrar-su-dia-internacional/>
- Muñoz, D. (2015). *Consultoría para establecer un diagnóstico del campus de la escuela politécnica nacional y realizar una propuesta de intervención inmediata y desarrollo estratégico del mismo* (p. 122). Recuperado de <https://tinyurl.com/y5frlgtx>

- Presidencia del Ecuador. *Decreto Ejecutivo 1815 El cambio climático como política de Estado.* , (2009).
- Quichimbo, L. (2015). *La Huella ecológica de la ciudad universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”*. Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Quizhpe, R. R. A. (2017). *Determinación de la eficiencia energética y plan de manejo del sistema de distribución puengasí – bellavista de la empresa pública de agua potable y saneamiento*. EPN.
- ReciVeci. (2016). *¿Qué es ReciVeci?* - YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=CK5tWLQ9jw&t=112s>
- República Nacional del Ecuador. *Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021.* , (2017).
- Roby, A. (2015). *“Elaboración del manual de buenas prácticas ambientales de la Universidad de las Fuerzas Armadas (UFA–ESPE), que permita la mitigación de la huella ecológica institucional”*. Sangolquí-Ecuador.
- Rodríguez,Diego, & Simbaña, Daniel. (2010). *Gestión integral de residuos sólidos universitarios para la comunidad politécnica del campus J. Rubén Orellana R.* (Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2343/1/CD-3093.pdf>
- Romero, J. (2016). *“Cálculo de la huella ecológica institucional de la Universidad Técnica del Norte campus el Olivo en el periodo enero-diciembre de 2015, en la ciudad de Ibarra Ecuador”* (p. 10). Universidad Internacional SEK.
- Romero, R. (2017). Cálculo de la huella ecológica institucional de la Universidad Técnica del Norte- campus el olivo, enero - diciembre 2015. *Ciencia*, 19(4). Recuperado de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/article/view/548>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2018). *Examen Nacional Voluntario Ecuador 2018* (p. 202). Quito-Ecuador.

Tomaselli, M. (2004). *Investigación de la huella ecológica en la Universidad San Francisco: cálculo y creación de un reportaje*. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1069>

UNFCCC. *Acuerdo de París*. , (2015).

US EPA, O. (2015, julio 27). Center for Corporate Climate Leadership GHG Emission Factors Hub [Overviews and Factsheets]. Recuperado 30 de septiembre de 2018, de US EPA website: <https://www.epa.gov/climateleadership/center-corporate-climate-leadership-ghg-emission-factors-hub>

World Resources Institute, & World Business Council for Sustainable Development. (2005). *Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte* (p. 138). Recuperado de World Business Council for Sustainable Development website: [http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/protocolo\\_spanish.pdf](http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/protocolo_spanish.pdf)

Yépez, V. (2016). *"Cálculo de la huella ecológica de la Universidad Internacional SEK del Ecuador"*. Quito-Ecuador.

**Anexos**

ANEXO 1: Solicitud de información a la Subdirección de la ESFOT

ANEXO 2: Solicitud de información a Servicios Generales y planillas de agua

ANEXO 3: Reporte del consumo mensual de energía eléctrica en la ESFOT

ANEXO 4: Reporte del consumo de agua en la ESFOT

ANEXO 5: Distancia en Km recorridos anualmente por profesores, personal administrativo y estudiantes

ANEXO 6: Formato de Encuesta para estudiantes

ANEXO 7: Formato de Encuesta para profesores y personal administrativo

ANEXO 8: Manual de Buenas Prácticas Ambientales

ANEXO (DIGITAL) 9: Herramienta de cálculo de la huella de carbono y Huella Ecológica en Universidades.

**ANEXO 1: Solicitudes de información a la Subdirección de la ESFOT.**

*Recibida  
solicitud informacion  
23/03/2017*

Quito, 27 de marzo 2017

Ingeniera  
Mónica Vinuesa  
Subdirectora de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT)

Yo, Daisy Gabriela Sarabia Panchi con CI: 0503999872, estudiante de la carrera Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental, actualmente en proceso de la Unidad de Titulación, realización de Ensayo: "CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS (ESFOT)", mismo que se encuentra ya aprobado, el desarrollo de éste requiere de varios datos estadísticos, entre los cuales son:

- El número total de personas que integran la ESFOT, es decir: estudiantes, docentes, personal administrativo, personal de limpieza, servicio de guardiana, entre otros. *OK*
- Las panillas de agua y luz (para determinar el consumo total anual respectivamente de la ESFOT). *NO*

Por lo que solicito a usted de la manera más comedida autorice a quien corresponda brindarme dicha información.

Por la atención prestada, expreso mi más sincero agradecimiento.

Atentamente,

*Daisy Sarabia*  
*g*

*(Signature)*

Daisy Gabriela Sarabia Panchi  
g.sarabia.93@hotmail.com  
Cel.: 0984672434

*esfot@qm.edu.ec*

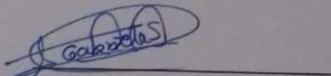
Quito, 27 de marzo 2017

Ingeniera  
Mónica Vinueza  
Subdirectora de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT)

Yo, Daisy Gabriela Sarabia Panchi con CI: 0503999872, estudiante de la carrera Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental, actualmente en proceso de la Unidad de Titulación, realización de Ensayo: "CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS (ESFOT)", mismo que se encuentra ya aprobado, el desarrollo de éste requiere de varios datos estadísticos, entre los cuales son el número total de personas que integran la ESFOT, es decir: estudiantes, docentes, personal administrativo, personal de limpieza, servicio de guardianía, entre otros, por lo que solicito a usted de la manera más comedida autorice a quien corresponda brindarme dicha información.

Por la atención prestada, expreso mi más sincero agradecimiento.

Atentamente,



Daisy Gabriela Sarabia Panchi  
g.sarabia.93@hotmail.com  
Cel.: 0984672434

Recibido  
27/03/2017

**ANEXO 2: Solicitud de información a Servicios Generales de la EPN.**

Quito, 27 de marzo 2017

Arquitecto  
Alejandro Pazmiño  
**Responsable del Departamento de Servicios Generales**

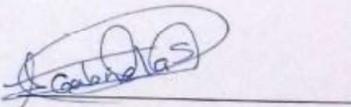
Yo, Daisy Gabriela Sarabia Panchi con CI: 0503999872, estudiante de la carrera Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental, actualmente en proceso de la Unidad de Titulación, realización de Ensayo: "CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS (ESFOT)", mismo que se encuentra ya aprobado, el desarrollo de éste requiere de varios datos estadísticos, entre los cuales son:

- a) El consumo anual total de agua y de luz (descrito por meses) de la ESFOT o a su vez de la Escuela Politécnica Nacional correspondientes desde enero 2016 hasta enero 2017.
- b) Una planilla de agua y una de luz. (De cualquier mes del período enero 2016-enero 2017)

Por lo que solicito a usted de la manera más comedida autorice a quien corresponda brindarme dicha información

Por la atención prestada, expreso mi más sincero agradecimiento.

Atentamente,



Daisy Gabriela Sarabia Panchi  
g.sarabia.93@hotmail.com  
Cel.: 0984672434

Manus -  
27.03.2017

**ANEXO 3: Reporte del consumo mensual de energía eléctrica de la ESFOT.**

<b>Consumo de energía eléctrica y emisiones de CO<sub>2</sub> en Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) en 2016</b>				
<b>MES</b>	<b>880541 EPN ANDALUCIA ESFOT Y VEINTIMILLA TRAS ESC. DE TECNOLOGOS 156.14</b>	<b>881546 EPN TECNOLOGOS NORTE TOLEDO E12 B E12B LERIDA N24 POLITECNICA NACIONAL PB 11.7</b>	<b>883966 EPN INSTITUTO DE TECNOLOGOS N12A ANDALUCIA SN N23 A MENA CAAMAÑO LA FLORESTA PB 1 643.13</b>	<b>CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL POR MES</b>
				<b>(kWh)</b>
ENERO	2752	2598	1375	6725
FEBRERO	1954	1738	1262	4954
MARZO	1148	1603	1304	4055
ABRIL	1764	2642	1220	5626
MAYO	1947	2694	1346	5987
JUNIO	1947	2839	466	5252
JULIO	2193	2834	1260	6287
AGOSTO	1238	1743	653	3634
SEPTIEMBRE	1436	2423	713	4572
OCTUBRE	1834	2423	1012	5269
NOVIEMBRE	1842	2217	1027	5086
DICIEMBRE	1563	2224	1130	4917
<b>TOTAL</b>				<b>62364</b>

**ANEXO 4: Reporte del consumo mensual de agua en la ESFOT.**

<b>Mes</b>	<b>Consumo m<sup>3</sup></b>
Enero	1667,00
Febrero	1678,00
Marzo	1260,00
Abril	941,70
Mayo	2161,00
Junio	1599,00
Julio	1431,00
Agosto	1623,00
Septiembre	1859,00
Octubre	1616,00
Noviembre	1884,00
Diciembre	1871,00
<b>Total</b>	<b>19590,70</b>

**ANEXO 5: Distancia en Km recorridos anualmente por profesores, personal administrativo y estudiantes de la ESFOT.**

**Estudiantes**

Número	Muestra	Tipo de transporte	Lugar	Número de personas	Veces al día	Distancia (km)	Total (km)	Total año
1	Estudiante	Bus	San Patricio de Puengasi	1	2	10,4	20,8	3078,4
2	Estudiante	Bus	Puengasi	1	2	11,4	22,8	3374,4
3	Estudiante	Bus	San José de Morán	1	2	19,7	39,4	5831,2
4	Estudiante	Bus	Valle de los Chillós	1	2	20	40	5920,0
5	Estudiante	Bus	San Juan de Calderón	1	2	22,1	44,2	6541,6
6	Estudiante	Bus	Beaterio	1	2	25,7	51,4	7607,2
7	Estudiante	Bus	Calderón	1	2	23	46	5446,4
8	Estudiante	Bus	Guamani	1	2	21,4	42,8	6334,4
9	Estudiante	A pie	Santa Clara	1	2	2,5	5	740,0
10	Estudiante	Bus	Guamani	1	2	21,4	42,8	5067,5
11	Estudiante	Vehículo	Guamani	1	2	21,4	42,8	6334,4
12	Estudiante	Bus	Biloxi	1	4	16	64	11366,4
13	Estudiante	Bus	Solanda	1	2	19,3	38,6	5712,8
14	Estudiante	Bus	Loma de Puengasi	1	2	11,4	22,8	3374,4
15	Estudiante	Bus	Monjas	1	4	11,4	45,6	6748,8
16	Estudiante	Bus	Cotocollao	1	2	13,8	27,6	4084,8
17	Estudiante	Bus	Guangopolo	1	2	19,4	38,8	5742,4
18	Estudiante	Bus	La Libertad	1	2	16,8	33,6	4972,8
19	Estudiante	Bus	Beaterio	1	2	25,7	51,4	7607,2
20	Estudiante	Bus	Santa Clara	1	2	2,5	5	740,0
21	Estudiante	Bus	Puente 2 Gral Rumiñahui	1	2	9,8	19,6	2900,8
22	Estudiante	Motocicleta	Cotocollao	1	2	13,8	27,6	4084,8
23	Estudiante	Bus	La Pampa	1	2	27,9	55,8	8258,4
24	Estudiante	Bus	La Magdalena	1	4	9,4	37,6	6677,8
25	Estudiante	Bus	Mitad del Mundo	1	2	30,8	61,6	9116,8
26	Estudiante	Bus	La Gatazo	1	2	11	22	3256,0
27	Estudiante	Bus	Llano Grande	1	2	17,2	34,4	5091,2
28	Estudiante	Bus	La Argelia Alta	1	2	17,4	34,8	5150,4
29	Estudiante	Bus	La Tola	1	2	4,9	9,8	1450,4
30	Estudiante	Bus	Sangolqui	1	2	23,5	47	6956,0

31	Estudiante	Bus	Quitumbe	1	2	23,9	47,8	5659,5
32	Estudiante	Bus	Miraflores Alto	1	2	5	10	1480,0
33	Estudiante	Bus	Confiteca	1	2	23,3	46,6	6896,8
34	Estudiante	A pie	El Ejido	1	2	2,2	4,4	651,2
35	Estudiante	Bus	Loma de Puengasi	1	2	11,4	22,8	3374,4
36	Estudiante	Bus	Guamani	1	2	21,4	42,8	6334,4
37	Estudiante	Vehículo	La Magdalena	1	2	9,4	18,8	2782,4
38	Estudiante	Bus	Carcelen	1	2	16,5	33	3907,2
39	Estudiante	Bus	Santa Isabel	1	4	22,3	89,2	13201,6
40	Estudiante	Bus	El Recreo	1	6	9,7	58,2	8613,6
41	Estudiante	Bus	Guajalo -San Martín	1	2	11,2	22,4	3315,2
42	Estudiante	Bus	Tumbaco	1	2	27,4	54,8	8110,4
43	Estudiante	Bus	Guamani	1	2	21,4	42,8	5067,5
44	Estudiante	Bus	Santa Rosa III Etapa	1	2	25,2	50,4	7459,2
45	Estudiante	Bus	Sangolqui	1	2	23,5	47	6956,0
46	Estudiante	Bus	El Inca	1	2	8,2	16,4	2427,2
47	Estudiante	Bus	Tabacundo	1	2	64,8	129,6	19180,8
48	Estudiante	Bus	La Magdalena	1	4	9,4	37,6	6677,8
49	Estudiante	Bus	Pomasqui	1	2	24,9	49,8	7370,4
50	Estudiante	Bus	Conocoto	1	2	18,5	37	5476,0
51	Estudiante	Bus	Yruquies	1	2	11,4	22,8	3374,4
52	Estudiante	Bus	Quitumbe	1	2	23,9	47,8	7074,4
53	Estudiante	Bus	Sangolqui	1	2	23,5	47	6956,0
54	Estudiante	Bus	Comité del Pueblo	1	2	12,5	25	3700,0
55	Estudiante	Bus	El tránsito	1	2	15	30	4440,0
56	Estudiante	Bus	Sangolqui	1	2	23,5	47	6956,0
57	Estudiante	Bus	La Ecuatoriana	1	2	17,3	34,6	6145,0
58	Estudiante	Bus	Buenaventura	1	2	19,8	39,6	5860,8
59	Estudiante	Bus	Chillogallo	1	2	14,3	28,6	4232,8
60	Estudiante	Bus	Valle de los Chillos-Alangasi	1	2	24,2	48,4	7163,2
61	Estudiante	Bus	Rio Coca	1	2	7,2	14,4	2131,2
62	Estudiante	Bus	Monjas	1	2	11,4	22,8	3374,4
63	Estudiante	Bus	Guayllabamba	1	2	38,9	77,8	11514,4
64	Estudiante	Bus	Chillogallo	1	2	14,3	28,6	4232,8
65	Estudiante	Bus	La Roldos	1	2	19,4	38,8	5742,4

66	Estudiante	Bus	Comité del Pueblo	1	2	12,5	25	3700,0
67	Estudiante	Bus	Santa Rita	1	2	12,2	24,4	3611,2
68	Estudiante	Bus	Pomasqui	1	2	24,9	49,8	7370,4
69	Estudiante	Bicicleta	Santa Prisca	1	2	2,4	4,8	710,4

### Docentes

Número	Muestra	Tipo de transporte	Lugar	Número de personas	Veces al día	Distancia (km)	Total (km)	Total año
1	Docente	Bicicleta	La Mariscal	1	2	2	4	920,0
2	Docente	Bus	Norte de Quito	1	2	10	20	4600,0
3	Docente	Bus	Sur de Quito	1	2	26	52	11960,0
4	Docente	A pie	La Floresta	1	2	1	2	460,0
5	Docente	Vehículo	Benalcazar	1	2	6	12	2760,0
6	Docente	Vehículo	Yaruqui	1	2	34,3	68,6	15778,0
7	Docente	Bus	La Armenia	1	2	15,2	30,4	6992,0
8	Docente	Bicicleta	Gonzalez Suárez	1	2	3,5	2,8	644,0
9	Docente	Bicicleta	El jardín	1	2	3,5	6,37	1465,1
10	Docente	Vehículo	La Magdalena	1	2	9,4	18,8	4324,0
11	Docente	Vehículo	Miraflores	1	2	3,2	6,4	1472,0
12	Docente	Vehículo	Quitumbe	1	2	23,9	47,8	10994,0
13	Docente	Vehículo	NA	1	2	11	22	5060,0
14	Docente	Bus	Belisario Quevedo	1	2	3,5	7	1610,0
15	Docente	Vehículo	Valle de los Chillos	1	2	15	30	6900,0
16	Docente	Vehículo	Conocoto	1	2	18,5	37	5106,0
17	Docente	Bus	Quitumbe	1	2	23,9	47,8	10994,0
18	Docente	Vehículo	Valle de los Chillos	1	2	26	52	11960,0
19	Docente	Vehículo	Quitumbe	1	2	20	40	9200,0
20	Docente	Vehículo	Zona Rural	1	2	26	52	11960,0
21	Docente	Bus	Guamani	1	2	21,4	42,8	6334,4
22	Docente	Bus	La Roldos	1	2	19,4	38,8	5742,4
23	Docente	A pie	Vicentina	1	2	2,3	4,6	680,8
24	Docente	Bus	Quitumbe	1	2	23,9	47,8	7074,4
25	Docente	Bus	Chillo Gallo	1	2	14,3	28,6	4232,8
26	Docente	Bus	La Magdalena	1	2	9,4	18,8	2782,4
27	Docente	Bus	Puengasi	1	4	11,4	45,6	4049,3
28	Docente	Bus	Sangolqui	1	2	23,5	47	6956,0
29	Docente	Vehículo	Calderón	1	2	23	46	6808,0

30	Docente	Bus	La Santiago	1	2	16	32	4736,0
31	Docente	Bus	Santo Tomas 2	1	2	26	52	7696,0
32	Estudiante	Bus	Guajaló	1	2	16,3	32,6	4824,8
33	Docente	Bus	Avelardo Moncayo	1	2	16,6	33,2	4913,6
34	Docente	Bus	La Pío 12	1	4	6,7	26,8	3966,4
35	Docente	Bus	Colla Loma	1	2	12,4	24,8	3670,4
36	Docente	Bus	Chillogallo	1	2	25	50	7400,0
37	Docente	Bus	Sangolqui	1	2	23,5	47	6956,0

### Personal administrativo

Número	Muestra	Tipo de transporte	Lugar	Número de personas	Veces al día	Distancia (km)	Total (km)	Total año
1	Administrativo	Bus	Solanda	1	2	19,3	38,6	8878,0
2	Administrativo	Vehículo	Carapungo	1	2	26	52	11960,0
3	Administrativo	bus	Ajavi	1	2	10,9	21,8	5014,0
4	Administrativo	Bus	Parque Bicentenario	1	2	14,5	29	6670,0
5	Administrativo	Bus	Nueva Aurora	1	2	28	56	12880,0
6	Administrativo	Bus	Carapungo	1	2	26	52	11960,0
7	Administrativo	Bus	Santa Bárbara Alto	1	2	13,3	26,6	3936,8

**ANEXO 6: Formato de Encuestas para estudiantes.**

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**  
**TECNOLOGÍA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

En mi calidad de autora de la tesis “*Cálculo de la Huella Ecológica para la Elaboración de un Manual de Buenas Prácticas Ambientales en la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT)*”, acudo a usted, para solicitarle su valiosa colaboración dando respuesta al siguiente cuestionario<sup>11</sup>.

La información que se obtenga servirá exclusivamente para los cálculos que requieren dicha tesis, por lo que sus datos serán de carácter confidencial.

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**No.:** \_\_\_\_\_

**1. Información del estudiante:**

- a. Nombre: \_\_\_\_\_
- b. Carrera en la que estudia: \_\_\_\_\_
- c. Semestre: \_\_\_\_\_
- d. Paralelo: \_\_\_\_\_

**2. Movilización domicilio-universidad y viceversa:**

- a. Barrio o sector donde vive: \_\_\_\_\_
- b. Medio de transporte en el que usted se traslada:
  - Vehículo propio ( )
  - Vehículo compartido ( )
  - Poli-bus ( )
  - Bus, eco vía, trole, metro ( )
  - Motocicleta ( )
  - Bicicleta ( )
  - A pie ( )
  - Taxi ( )
  - Otros ( ), especifique \_\_\_\_\_
- c. ¿Qué combustible utiliza si tiene vehículo propio?
  - Diésel ( )
  - Gasolina Extra ( )
  - Gasolina Súper ( )
  - Hibrido ( )
  - Eléctrico ( )
- d. ¿Cuántos galones de combustible utiliza por mes para las actividades universitarias?
  - Un galón ( )
  - Dos galones ( )
  - Tres galones ( )
  - Otros ( ), especifique \_\_\_\_\_

<sup>11</sup> Encuesta para movilidad y consumo de papel para estudiantes

- e. ¿Cuántas veces al día se moviliza desde su domicilio a la universidad y viceversa? (Señale una sola opción)
- |                     |     |
|---------------------|-----|
| Una vez             | ( ) |
| Dos veces           | ( ) |
| Tres veces          | ( ) |
| Cuatro veces        | ( ) |
| Más de cuatro veces | ( ) |
- f. ¿Cuántos días a la semana asiste a la universidad?
- |             |     |
|-------------|-----|
| Un día      | ( ) |
| Dos días    | ( ) |
| Tres días   | ( ) |
| Cuatro días | ( ) |
| Cinco días  | ( ) |
| Seis días   | ( ) |
| Siete días  | ( ) |
- g. ¿Qué distancia hay en kilómetros desde su domicilio hasta la ESFOT?
- |                |     |
|----------------|-----|
| Entre 0-1 km   | ( ) |
| Entre 2-5 Km   | ( ) |
| Entre 6-10 Km  | ( ) |
| Entre 11-15 Km | ( ) |
| Entre 16-20 Km | ( ) |
| Entre 21-25 Km | ( ) |
| Más de 26 Km   | ( ) |

**3. Test para calcular el tipo de papel que utilizan los estudiantes:**

a. ¿Qué tipo de papel utiliza para las siguientes actividades?

<b>Actividad</b>	<b>Tipo de papel</b>	<b>Día</b>	<b>Semana</b>	<b>Mes</b>
Toma de apuntes en clase				
Elaboración de deberes e investigaciones				
Pruebas de evaluación y exámenes				
Obtención de fotocopias				
Preparación de trabajos escritos e informes				
Otros (actividades en casa)				

En la celda *tipo de papel* ubicar: (1) Papel bond tamaño A4; (2) Papel cuadriculado;(3) Papel en línea;(4) Papel periódico; (5) Otros, papel reciclado.

Escribir en una sola celda; día, semana o mes, la cantidad de papel que utiliza y que corresponda a la respuesta de cada actividad.

**¡Gracias!**



c. ¿Qué combustible utiliza si tiene vehículo propio?

Diésel ( )

Gasolina Extra ( )

Gasolina Súper ( )

Hibrido ( )

Eléctrico ( )

d. ¿Cuántos galones de combustible utiliza por mes para las actividades universitarias?

Un galón ( )

Dos galones ( )

Tres galones ( )

Otros ( ), especifique \_\_\_\_\_

e. ¿Cuántas veces al día se moviliza desde su domicilio a la universidad y viceversa?  
(Señale una sola opción)

Una vez ( )

Dos veces ( )

Tres veces ( )

Cuatro veces ( )

Más de cuatro veces ( )

f. ¿Cuántos días a la semana asiste a la universidad?

Un día ( )

Dos días ( )

Tres días ( )

Cuatro días ( )

Cinco días ( )

Seis días ( )

Siete días ( )

g. ¿Qué distancia hay en kilómetros desde su domicilio hasta la ESFOT?

- Entre 0-1 km ( )
- Entre 2-5 Km ( )
- Entre 6-10 Km ( )
- Entre 11-15 Km ( )
- Entre 16-20 Km ( )
- Entre 21-25 Km ( )
- Más de 26 Km ( )

3. Test para calcular el tipo de papel que utilizan docentes / personal administrativo:

a. ¿Qué tipo de papel utiliza para las siguientes actividades?

Actividad	Tipo de papel	Día	Mes	Semestre
Impresión				
Obtención de Fotocopias				
Resmas asignadas				
Otros (actividades en casa)				

\*En la celda tipo de papel ubicar: (1) Papel bond tamaño A4; (2) Papel cuadriculado;(3) Papel en línea;(4) Papel periódico;(5) Otros, papel reciclado.

\*Escribir en una sola celda; día, mes o semestre, la cantidad de papel que utiliza y que corresponda a la respuesta de cada actividad.

**¡Gracias!**