

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS, TECATE**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA**



**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA  
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR: CASO FACULTAD DE  
INGENIERÍA Y NEGOCIOS, UNIDAD TECATE, B.C., MÉXICO**

**T E S I S**

que para obtener el grado de MAESTRO EN INGENIERÍA presenta:

**MARÍA ALEJANDRA ROJAS RUÍZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M.I. EDITH MONTIEL AYALA**

**TECATE B.C.**

**NOVIEMBRE 2017**

Tecate, B. C., a 7 de Noviembre del 2017.

**Dr. Oscar Omar Ovalle Osuna**  
**COORD. DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y NEGOCIOS TECATE**  
**Presente**

Con relación a la revisión del trabajo de TESIS denominado "ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR: CASO FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS, UNIDAD TECATE, B.C., MÉXICO", que presenta la **ALUMNA MARÍA ALEJANDRA ROJAS RUÍZ**, para efecto de obtener el **GRADO DE MAESTRA EN INGENIERÍA**, manifiesto a Usted, que después de haber leído dicho documento detenidamente y hecho las observaciones que a mí juicio consideré pertinentes, no tengo inconveniente en emitir mi **VOTO APROBATORIO**.

Sin otro particular, reitero la seguridad de mi consideración y respeto.

**ATENTAMENTE**



**M.I. EDITH MONTIEL AYALA**  
**PRESIDENTE**

Tecate, B. C., a 7 de Noviembre del 2017.

**M.I. Edith Montiel Ayala**  
**DIRECTORA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y NEGOCIOS TECATE**  
**Presente**

Con relación a la revisión del trabajo de TESIS denominado "ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR: CASO FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS, UNIDAD TECATE, B.C., MÉXICO", que presenta la **ALUMNA MARÍA ALEJANDRA ROJAS RUÍZ**, para efecto de obtener el **GRADO DE MAESTRA EN INGENIERÍA**, manifiesto a Usted, que después de haber leído dicho documento detenidamente y hecho las observaciones que a mí juicio consideré pertinentes, no tengo inconveniente en emitir mi **VOTO APROBATORIO**.

Sin otro particular, reitero la seguridad de mi consideración y respeto.

**ATENTAMENTE**

  
**M.I. CLAUDIA LIZETH MARQUEZ MARTINEZ**  
**SECRETARIA**

Tecate, B. C., a 7 de Noviembre del 2017.

**M.I. Edith Montiel Ayala**  
**DIRECTORA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y NEGOCIOS TECATE**  
**Presente**

Con relación a la revisión del trabajo de TESIS denominado "ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR: CASO FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS, UNIDAD TECATE, B.C., MÉXICO", que presenta la **ALUMNA MARÍA ALEJANDRA ROJAS RUÍZ**, para efecto de obtener el **GRADO DE MAESTRA EN INGENIERÍA**, manifiesto a Usted, que después de haber leído dicho documento detenidamente y hecho las observaciones que a mí juicio consideré pertinentes, no tengo inconveniente en emitir mi **VOTO APROBATORIO**.

Sin otro particular, reitero la seguridad de mi consideración y respeto.

**ATENTAMENTE**



**M.I. ADRIANA ISABEL GARAMBULLO**  
**VOCAL**

# ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Objetivos</b> .....	4
2.1. General.....	4
2.2. Específicos.....	4
<b>3. Marco teórico</b> .....	5
3.1. Cambio climático.....	5
3.2. Efecto invernadero.....	5
3.2.1. Emisiones GEI en México y Baja California.....	7
3.3. Huella de Carbono.....	8
3.3.1. Metodologías existentes para la Huella de Carbono.....	10
3.3.2. Metodologías globales para el cálculo de la Huella de Carbono.....	11
3.3.2.1. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.....	11
3.3.2.2. ISO 14064:2006.....	14
3.3.2.3. Indicadores GRI.....	16
3.3.3. Escala de aplicación de la Huella de Carbono.....	18
3.3.4. Cálculo de la Huella de Carbono en Universidades.....	19
3.4. Sustentabilidad.....	22
3.5. Calidad.....	22
3.6. Mejora Continua.....	25
3.6.1. Ciclo de Deming.....	26
<b>4. Metodología</b> .....	28
4.1. Planear.....	28
4.1.1. Fase I.....	28
4.1.2. Fase II.....	31
4.1.2.1. Definición de Límites.....	31
4.1.2.2. Identificación de límites.....	32
4.2. Hacer.....	33
4.2.1. Cálculo de emisiones.....	33
4.3. Verificar.....	41
4.3.1. Verificación de Procesos.....	41
4.3.2. Comunicación de Resultados.....	42
4.4. Actuar.....	45
4.4.1. Soluciones y Recomendaciones.....	45
<b>5. Discusión y Conclusiones</b> .....	51
<b>6. Bibliografía</b> .....	53

# 1. Introducción

Actualmente, una de las mayores preocupaciones a nivel mundial ha sido el calentamiento global que sufre el planeta, ya que se considera una de las principales amenazas de carácter ambiental, social y económico. Mientras que hay diversos factores que contribuyen al calentamiento global, el factor más grande es por parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); las actividades antropogénicas (realizadas por el hombre) siendo las productoras primordiales de éstos.

De acuerdo a *Global Footprint Network*, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son uno de los mayores contribuidores al sobregiro ecológico, la huella de carbono (HC) alcanzando el 60% de la demanda de la humanidad sobre la naturaleza [1].

La huella de carbono es un término generalmente utilizado para describir los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por actividades asociadas a una empresa, organización, evento o a la comercialización de un producto, determinando su contribución al cambio climático [2]. Debido a que el gas de efecto invernadero con mayor prevalencia es el dióxido de carbono, estas emisiones se expresan en términos de toneladas de dióxido de carbono (tonCO<sub>2</sub>eq) [3].

De acuerdo a los datos más recientes encontrados, diez países producen alrededor del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero globales, México siendo el décimo país productor de éstos [4]; el estado de Baja California contribuyendo con alrededor de 25 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente, teniendo como actividades prominentes el consumo de electricidad y el uso de transporte [5].

Debido a la creciente preocupación acerca del calentamiento global y las emisiones de carbono como un factor causal en constante crecimiento, muchas organizaciones están siguiendo proyectos referentes a la HC, para estimar sus propias contribuciones referentes al cambio climático y así llevar a cabo las estrategias de mitigación más rentables.

Las universidades son organizaciones educativas, las cuales también poseen una huella de carbono derivada de sus funciones. El conocer y aplicar medidas para su disminución es parte del papel esencial de una institución de educación superior (IES), el cual es contribuir a la prevención y solución de la problemática ambiental, teniendo la oportunidad de enseñar a futuras generaciones a superar los desafíos de la sustentabilidad, así como contribuir a la disminución del impacto ambiental a través de sus investigaciones.

Actualmente, se han realizado estudios de la huella de carbono en distintas IES alrededor del mundo, en donde se han implementado procesos de neutralización y reducción de la HC, logrando resultados satisfactorios [6]; los beneficios notándose en cambios operacionales y de comportamiento, los cuales reducen el uso de energía o combustible. Estas mejoras en la eficiencia conducen a un ahorro significativo de costos, además de ser reconocidos en proyectos que entregan resultados sociales y ambientales en adición a la reducción de sus emisiones [7]. Sin embargo, en México, a pesar de que se han iniciado esfuerzos para contribuir a la erradicación del impacto ambiental, pocas han sido las IES que se han dedicado a desarrollar un camino libre de emisiones de carbono.

La Universidad Autónoma de Baja California (UABC) se ha dedicado a establecer acciones hacia el propósito del cuidado del medio ambiente. Está en sus objetivos, descritos en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2015-2019, el promover una cultura de protección al ambiente y los recursos naturales en el desempeño de las funciones universitarias, y con ello contribuir a la formación de una sociedad más respetuosa con su medio ambiente, fomentando la responsabilidad social y ecológica [8].

Refrendando el compromiso que la UABC tiene por mejorar el medio ambiente, se ha llevado a cabo esta investigación, la cual consiste en el cálculo de la huella de carbono de una de sus unidades académicas (UA): La Facultad de Ingeniería y Negocios (FIN). La FIN, localizada en la ciudad de Tecate, Baja California, es una UA que actualmente cuenta con una oferta de cinco programas educativos en el área de licenciatura (Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecatrónica, Administración de Empresas, Contaduría y Derecho) y dos posgrados (Maestría en Ingeniería y Maestría en Administración). Tiene a su disponibilidad distintas infraestructuras (4 edificios con sus respectivas aulas, sanitarios, salas de usos multifuncionales y biblioteca; además de una cafetería y espacios para

personal docente y administrativo), en donde el desarrollo de sus actividades que son propensas a emitir GEI es efectuado a diario.

La institución está consciente de los temas acerca del cuidado ambiental y la responsabilidad social, sin embargo, no se han desarrollado estudios que permitan conocer la magnitud de las emisiones de GEI provocadas por las actividades llevadas a cabo dentro de sus instalaciones. Es ahí donde radica la importancia de realizar este tipo de estudios, de tal manera que estimar la huella de carbono que se produce brindará elementos para gestionar su impacto ambiental, además de lograr procesos educativos de mejor calidad y más responsables.

Con el fin de seguir un camino de calidad en el ámbito medioambiental, el aplicar filosofías de mejora continua resulta beneficioso, ya que el tema de la sustentabilidad es un campo que se encuentra en constante cambio, en donde nuevas tecnologías se desarrollan rápidamente [9]. Por tal motivo, las organizaciones que miden efectivamente y manejan su rendimiento ambiental de manera continua son más adeptas al cambio, ya que entienden el cómo mejorar continuamente sus procesos y seguir nuevos requerimientos, además de explorar nuevas oportunidades.

Es por ello que para el cálculo de la huella de carbono de la FIN, además de seguir los principios de metodologías para la medición de la huella de carbono (*GHG Protocol* e ISO 14064), se optó también por utilizar una de las herramientas cruciales de control de calidad para asegurar la mejora continua: El Ciclo de Deming.

En base a lo anterior, el reducir la huella de carbono puede resultar significativo para que las operaciones de la propia UA se desarrollen por medio de conceptos de sostenibilidad y concientización, promoviendo así el sentido de la responsabilidad hacia el medio ambiente. Además, las reducciones dan lugar a procesos más eficientes, ya que se busca no solamente disminuir la huella de carbono, sino también aminorar aquellas actividades en donde no existe un gran valor productivo, esto para reemplazarlas por opciones sostenibles y de calidad.

## **2. Objetivos**

### **2.1. General**

- *Estimar la Huella de Carbono generada en la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate del año 2016 mediante el uso de herramientas medioambientales y de mejora continua. Lo que permitirá brindar elementos de gestión y disminución de su impacto ambiental, mediante procesos productivos más responsables que no solamente contribuyan al medio ambiente, sino también al aumento de calidad, productividad y mejora de la Facultad.*

### **2.2. Específicos**

- *Identificar actividades desarrolladas en la FIN Tecate que ejercen algún tipo de impacto sobre el medio ambiente. Por medio de recopilación de información acerca de las actividades realizadas en la Facultad, para dar lugar a la creación de un inventario de GEI.*
- *Clasificar dichas actividades dependiendo de su alcance y cuantificar las emisiones asociadas a cada una de ellas.*
- *Adaptar y proponer una metodología propia de cálculo de la Huella de Carbono, que se pueda usar ampliamente en la Facultad, y que incluya conceptos de mejora continua.*
- *Proponer soluciones para disminuir el impacto ambiental producido por la FIN Tecate y las actividades ligadas a ella.*

### **3. Marco teórico**

#### **3.1. Cambio climático**

El término cambio climático se refiere al efecto de la actividad antropogénica (de origen humano) sobre el sistema climático global. Éste afecta a procesos fundamentales del funcionamiento del sistema del planeta Tierra, los cuales no sólo comprenden relaciones de ámbito ambiental y climático, sino también lazos entre procesos más complejos de carácter económico, político, institucional, social y tecnológico. Esto significa que el cambio climático no es solamente un problema ambiental, sino también de desarrollo, con impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas [10].

#### **3.2. Efecto invernadero**

El cambio climático hace referencia al efecto invernadero, el cual es un proceso que ocurre de forma natural. En este proceso, la emisión de radiación infrarroja (ondas caloríficas) por la atmósfera calienta la superficie del planeta. La atmósfera actúa naturalmente como una manta de aislamiento, atrapando la energía solar suficiente para mantener la temperatura media global en una gama confortable para mantener la vida. Esta manta aislante es, en realidad, una colección de varios gases atmosféricos, conocidos como gases de efecto invernadero [11].

Los GEI se encuentran de forma natural en la atmósfera. Sin embargo, como consecuencia de la actividad humana, su concentración ha ido en aumento. Este incremento contribuye al cambio climático, causando cambios en la atmósfera, tales como, por ejemplo, el agotamiento de la capa de ozono y variabilidad climática, especialmente en torno a la temperatura, lluvia y eventos extremos como sequías, inundaciones, ondas de frío y calor, entre otros.

Toda actividad humana produce impactos en el ambiente que, de no ser oportunamente gestionados, se convierten en problemas ambientales que llegan a involucrar una gran cantidad de variables sociales y económicas [12]. Estos impactos se ven reflejados en la liberación de gases de efecto invernadero, provocando no solamente un

aumento de temperatura en la atmósfera (calentamiento global), sino también despilfarro de recursos (sobre todos los energéticos).

Cada uno de estos gases puede permanecer en la atmósfera por distintos periodos de tiempo, ya sea desde unos cuantos años, hasta cientos de años, haciendo que el planeta se vuelva más cálido conforme la cantidad de gases incrementa. Su tiempo de vida agrava la problemática, por lo que, para enfrentar la situación de cambio climático, se han llevado a cabo esfuerzos tendientes a imponer restricciones hacia la emisión de gases de efecto invernadero; el esfuerzo más grande siendo aquel materializado en el Protocolo de Kioto, cuyo objetivo es reducir las emisiones de los seis GEI principales, los cuales se mencionan en la tabla 3.1.

En una escala global, el gas de efecto invernadero principal emitido por las actividades humanas es el dióxido de carbono, éste representando el 65% de emisiones en el mundo. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), las emisiones – de CO<sub>2</sub>, principalmente – seguirán creciendo si se toma como punto de referencia el año 1990, el aumento siendo del 41% en 2025 y del 45% en 2030. [13].

Cada año se intercambian miles de millones de toneladas de carbono de forma natural entre la atmósfera, los océanos y la vegetación terrestre. Sin embargo, desde la revolución industrial (1800's), las concentraciones han aumentado más del 30%. En la actualidad, se emiten más de 25,000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera cada año, y se predice que las cifras seguirán aumentando [14].

**Tabla 3.1.** Principales GEI. Fuente: Elaboración Propia.

<i>GEI</i>	<i>Actividades que lo generan</i>
<i>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</i>	Quema de cantidades masivas de combustibles fósiles para la producción de energía, principalmente en los países desarrollados. [15].
<i>Metano (CH<sub>4</sub>)</i>	Minería, quema de combustibles fósiles, cría de animales, cultivo de arroz y vertederos [15].
<i>Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</i>	Abonos a base de nitrógeno, quema de combustibles fósiles y producción química industrial (como tratamiento de residuos) [15].
<i>Hidrofluorocarbonos (HFC)</i>	Gases fluorados provenientes de la fabricación de productos industriales, como refrigerantes, agentes extintores de incendios y disolventes [16].
<i>Perfluorocarbonos (PFC)</i>	
<i>Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)</i>	

### 3.2.1. Emisiones GEI en México y Baja California

Los inventarios de gases de efecto invernadero identifican y cuantifican las emisiones y absorciones de gases capaces de producir el calentamiento global y cambio climático generadas en un territorio en particular [17]. Es una rendición de cuentas de la cantidad de GEI emitidos o eliminados hacia la atmósfera durante un periodo de tiempo específico, proporcionando información sobre las actividades que causan las emisiones y absorciones, así como de antecedentes sobre los métodos utilizados para hacer los cálculos [18]. Estos inventarios pueden ser realizados por cualquier persona dedicada a realizar un

seguimiento y análisis de las tendencias de las emisiones, para desarrollar estrategias y evaluar avances.

Estas emisiones son producidas, en su mayoría, durante el desarrollo de actividades energéticas, en los procesos industriales, los agentes económicos liberan a la atmósfera GEI como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>). La economía mexicana contribuyó a 748 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono durante el año 2010, lo que indica un incremento de 33.4% con respecto al año base 1990, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.5%, la categoría de Energía representando el 67.3% [19].

En Baja California, las emisiones de GEI basadas en el consumo aumentaron en un 112% de 1990 a 2005, este aumento relacionándose principalmente al consumo de electricidad y actividades de transporte [20].

Uno de los retos más grandes que se considera tendrán las organizaciones en los próximos diez años es su impacto ambiental, primordialmente a través de las emisiones de CO<sub>2</sub>. La suma de impactos no gestionados potencia los problemas, por lo que encontrar una metodología para evaluar estas emisiones y saber cómo gestionarlas y minimizarlas es de gran importancia.

Por eso, el conocer el impacto y la cuantificación de Gases de Efecto Invernadero es primordial, esto para establecer medidas preventivas o de mitigación que hasta el día de hoy son voluntarias, pero que en algunos países empiezan a ser obligatorias por los acuerdos globales.

### **3.3. Huella de Carbono**

Todos los productos que se consumen y los servicios que se prestan tienen un impacto sobre el planeta, ya que producen gases de efecto invernadero durante su producción, transporte, almacenamiento, uso y disposición final, la Huella de Carbono surgiendo como una medida de cuantificación de esos gases [21].

Comprender el concepto de Huella de Carbono, nos refiere a un concepto primario que le dio origen, el concepto de “huella”, haciendo referencia a la estimación de las

“marcas” o “rastros” que el ser humano ha dejado sobre el planeta Tierra durante el crecimiento económico sustentado en la utilización de recursos naturales y la capacidad de carga de sus ecosistemas [22].

Uno de los primeros antecedentes teóricos relacionados al concepto de “huella”, surge en 1996 por *Rees y Wackernagel*, con la denominada “Huella Ecológica”. Ésta se desarrolla como una herramienta estimativa, teniendo como fin el de conocer la utilización de recursos y la capacidad de asimilación de desechos requeridos para el funcionamiento normal de una población, incluyendo el grado de dependencia material que tienen los seres humanos con la naturaleza, en cuanto a niveles de consumos local e importación de recursos naturales. La Huella Ecológica, se expresa en hectáreas de suelo productivo necesarios para sustentar un estilo de vida determinado de manera indefinida en el tiempo [22].

La Huella Ecológica se subdivide en Huella de Carbono y Huella Hídrica.

En el contexto del fenómeno del cambio climático, realizando dicha subdivisión, es posible la cuantificación de impactos medioambientales generados a partir de la emisión de contaminantes provenientes de una determinada actividad productiva, expresada en términos de gases de efecto invernadero (GEI), conformando así la Huella de Carbono, y la cuantificación del consumo de agua, medida en términos del volumen total de agua consumida por un individuo o producida por una empresa, o Huella Hídrica [23].

La Huella de Carbono es la más significativa en función del impacto directo en el cambio climático, ya que ésta alcanza una participación de casi el 60% en la huella ecológica [24].

El término Huella de Carbono se introduce en el ámbito científico y el público en el año 2001, haciéndose muy popular en los últimos años y su uso se ha generalizado a través de los medios de comunicación. Se ha propuesto numerosas definiciones que varían desde una mirada simplista que contempla solamente las emisiones directas de CO<sub>2</sub>, a otras más complejas, asociadas al ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la elaboración de las materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes [25].

La definición de Huella de Carbono, según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) indica que “es la medida de la cantidad de emisiones totales de gases de efecto invernadero, producidas directa o indirectamente por un individuo, organización, producto, evento o Estado”. Una definición más específica indica que “calcula todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) las cuales un producto, servicio, empresa son responsables a lo largo de su cadena de valor/abastecimiento permitiendo encontrar eficiencias internas y externas que permitan disminuir emisiones y mejorar procesos” [26].

Para fines de esta investigación, se entenderá a la Huella de Carbono como: *“Medida de la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos directa o indirectamente, expresada en términos de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tonCO<sub>2</sub>e), producto de la realización de tareas diarias por actividades de estudiantes, personal docente y administrativo en la UA.”*

La Huella de Carbono puede analizarse sobre un individuo, institución, evento o producto. La Huella de Carbono individual, institucional o por evento mide las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de todas las actividades que se llevan a cabo, incluyendo el uso de energía en edificios y vehículos pertenecientes a estos, mientras que la Huella de Carbono de un producto mide las emisiones de GEI en el ciclo de vida del producto (bienes y servicios) desde la extracción de materia prima y fabricación hasta el uso final (re-uso, reciclado o eliminación) [27].

La Huella de Carbono, además de cuantificar el impacto por emisiones de Gases de Efecto Invernadero, permite identificar posibilidades de reducción, tanto en emisiones como en costes.

### **3.3.1. Metodologías existentes para la Huella de Carbono**

Existen diversas metodologías para el cálculo de la Huella de Carbono, sin embargo, no todas aportan sistemas de cálculo para todos los casos. En el año 2010, la Comisión Europea realizó una serie de estudios a fin de analizar iniciativas y ver la posibilidad de unificación de metodologías. Se analizaron más de 140 metodologías, de las

cuales se encontraron que unos 80 métodos presentan un enfoque de organización y unos 60 enfoque de producto.

En esta investigación, se dio prioridad a las metodologías con enfoque organizacional, esto con el propósito de llevar a cabo la selección de una iniciativa que pudiese aplicarse a instituciones educativas.

De todos los métodos organizacionales, se muestran en la tabla 3.2. las metodologías más utilizadas y difundidas para medir la Huella de Carbono, de acuerdo al *Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE)* y el *Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)* [28].

### **3.3.2. Metodologías globales para el cálculo de la Huella de Carbono**

#### **3.3.2.1. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero**

La iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Protocolo GEI) surgió de una alianza entre el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) involucrando a diversos gobiernos y empresas, la iniciativa siendo lanzada con la misión de desarrollo estándares de calidad para empresas que fueran aceptadas internacionalmente y promover su amplia adopción en términos medioambientales. El Protocolo permite [29]:

- ✓ Simplificar los procesos y reporte de emisiones de GEI.
- ✓ Tener un estándar común.
- ✓ Mejorar la comparabilidad y credibilidad de los reportes.
- ✓ Reducir costos en la gestión de las emisiones de GEI.
- ✓ Establecer medidas de reducción de GEI.

Para complementar este estándar, existe un conjunto de herramientas de cálculo de tipo sectorial e intersectorial. Estas herramientas ofrecen una guía paso a paso y hojas electrónicas de trabajo para ayudar a los usuarios a calcular emisiones de GEI para fuentes u organizaciones específicas.

**Tabla 3.2.** Metodologías más utilizadas para medir la Huella de Carbono en organizaciones. Fuente: Elaboración Propia.

<i>Metodología</i>	<i>Ámbito de Aplicación</i>	<i>Descripción General</i>
<i>WBCSD/WRI GHG Protocol Corporate Standard</i>	Global	Desarrollado entre <i>World Resources Institute (WRI)</i> y <i>World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)</i> , con el fin de construir una nueva generación de programas efectivos y creíbles para abordar el cambio climático. La utilidad de esta herramienta es: Preparar inventarios de los GEI, simplificar y reducir costos de inventariar los GEI, ofrecer información para planear estrategias de gestión y reducción, facilitar la transparencia en el sistema de contabilización. Tiene una metodología extensa, pero eficaz para la obtención de las emisiones de GEI. (Ecointeligencia, 2013)
<i>ISO 14064: 2006</i>	Global	Iniciativa que cuantifica, verifica y da lugar a seguimientos e informes de emisiones y/o remociones de gases de efecto invernadero de forma voluntaria. Ésta ha sido estructurada en tres partes, en donde se ayuda a transmitir compromiso con las partes interesadas en la reducción de gases de efecto invernadero, además de un seguimiento robusto del progreso con el desarrollo de credibilidad y confianza. (Lloyd's Register Group, 2014)
<i>French Bilan Carbone</i>	Europeo	Iniciativa que tiene como objetivo principal auditar y establecer las emisiones de GEI en orden de peso, dentro de un determinado ámbito de estudio, de modo que puedan presentarse las conclusiones prácticas y líneas de mejora. (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie – ADEME, 2002)

<p><i>DEFRA Company Guidance</i></p>	<p>Europeo</p>	<p>Guía de aplicación Europea diseñada para ayudar a negocios a medir y reportar sus impactos ambientales, incluyendo las emisiones de gases de efecto invernadero, creada por el departamento del ambiente, alimento y asuntos rurales del Reino Unido (DEFRA, por sus siglas en inglés). (Gobierno del Reino Unido, 2015).</p>
<p><i>UK Carbon Reduction Commitment (CRC)</i></p>	<p>Europeo</p>	<p>Iniciativa aplicada a grandes consumidores de energía en los sectores públicos y privados alrededor del Reino Unido, incluyendo supermercados, compañías de agua, bancos, autoridades locales y todos los departamentos gubernamentales centrales. Se enfoca en cuantificar los gases de efecto invernadero producidos a través del uso de energía, además de realizar reportes y monitoreo de éstos año tras año. (Gobierno del Reino Unido, 2015)</p>
<p><i>Indicadores de la Iniciativa del Reporte Global (GRI por sus siglas en inglés)</i></p>	<p>Global</p>	<p>Constituye un marco a presentar memorias sobre el desempeño económico y ambiental de las organizaciones informantes. Las directrices en ella recogidas están concebidas para poder ser aplicadas a presas de cualquier tipo y tamaño, y de cualquier lugar del mundo; no son exclusivas para ningún sector industrial concreto. (Fundación del presariado Chihuahuense, A.C., 2013)</p>

<p><i>US EPA Climate Leaders Inventory Guidance</i></p>	<p>Estados Unidos</p>	<p>Fue lanzada en el 2012 para establecer normas de liderazgo climático mediante el fomento de las organizaciones con objetivos climáticos emergentes para identificar y lograr reducciones de emisiones GEI rentables, ayudando a las organizaciones a impulsar innovaciones en la reducción de gases de efecto invernadero en sus cadenas de suministro. (US Environmental Protection Agency, 2016).</p>
---	-----------------------	--

❖ *Principios en los que se basa el protocolo*

Los principios de contabilidad y reporte de GEI que se marcan en este estándar aseguran que el inventario de GEI de una organización sea el reflejo fidedigno de las emisiones de una organización. Estos principios son los siguientes: Relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión [30].

❖ *Implementación*

La metodología de implementación de este protocolo se divide en [30]:

1. Establecimiento de límites organizacionales.
2. Establecimiento de límites operacionales.
3. Seguimiento a las emisiones a través del tiempo.
4. Identificación y cálculo de las emisiones GEI.
5. Gestión de la calidad del inventario.

**3.3.2.2. ISO 14064:2006**

La norma de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) ISO-14064 es una iniciativa que limita la emisión de gases de efecto invernadero en las empresas, buscando herramientas que permitan realizar la cuantificación, el

seguimiento, los informes y la verificación de las emisiones realizadas por las organizaciones [31].

La norma se encuentra dividida en tres partes [32]:

1. *ISO 14064: 2006-1*: En la primera parte, la norma se centra en contribuir con las organizaciones para diseñar, desarrollar y gestionar el inventario de los gases de efecto invernadero que la organización pueda omitir, así como su presentación mediante los informes pertinentes. Posibilita a la organización cuantificar todos los gases de efecto invernadero que emiten a la atmósfera, además de instaurar las bases para generar medidas preventivas o correctoras, evitando en la medida de lo posible la emisión de dichos gases a la atmósfera.
2. *ISO 14064: 2006-2*: En la segunda parte de la norma, se especifican los principios y los requisitos necesarios para orientar a la organización en la cuantificación, seguimiento y cómo realizar los informes donde expresen las actividades que pretende realizar para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, incluye todos los requisitos necesarios para planificar un proyecto de gases de efecto invernadero, donde se exprese cuáles son las fuentes y los sumideros de dichos gases.
3. *ISO 14064: 2006-3*: Esta última parte de la norma detalla los requisitos y recomendaciones necesarios para la correcta ejecución de los procesos de validación y verificación de los inventarios de emisiones GEI. El contenido de la norma describe y planifica las fases requeridas para asegurar un correcto proceso de verificación y validación de los informes del inventario. De igual forma, establece los procesos de evaluación y declaración de estos inventarios. Esta parte de la norma se ha diseñado para ser utilizada por organizaciones o terceras partes que quieran disponer de una herramienta para verificar/validar inventarios de emisión.

La implantación de esta norma genera una serie de beneficios a la empresa, que pueden ser [31]:

- ✓ Conocimiento de los riesgos que generan los gases de efecto invernadero.
- ✓ Facilita la identificación de los gases y cómo reducir su emisión.

- ✓ Posibilita a la organización la participación en programas voluntarios de gases de efecto invernadero.
  - ✓ Mejora la imagen de la empresa a la hora de realizar un Sistema de Gestión Ambiental.
  - ✓ Genera transparencia, coherencia y credibilidad de la empresa.
- *Principios en los que se basa la norma*

La norma recoge principios bajo los cuales deben ser realizadas todas las acciones que componen la elaboración del inventario de emisiones de GEI, los proyectos de reducción de emisiones y su posterior verificación. De esta manera, se asegura que la información relacionada con los GEI sea cierta e imparcial. Sus principios son: Pertinencia, cobertura total, coherencia, exactitud y transparencia [32].

### **3.3.2.3. Indicadores GRI**

La Guía del GRI constituye un marco para presentar memorias sobre el desempeño económico, ambiental y social de las organizaciones informantes. El uso de la guía es voluntario. Las directrices en ella recogidas están concebidas para poder ser aplicadas a empresas de cualquier tipo y tamaño, y de cualquier lugar del mundo; no son exclusivas para ningún sector industrial en concreto [33].

Su misión es mejorar la calidad, rigor y utilidad de los reportes de sustentabilidad para que alcancen un nivel equivalente al de los reportes financieros. Se basa fundamentalmente en la implementación del triple balance, económico, social y medioambiental [34].

Los informes elaboradores en base al GRI sostienen 4 principios [33]:

1. *Materialidad*: La información contenida en la memoria, deberá cubrir aquellos aspectos e indicadores que reflejen los impactos significativos, sociales, ambientales y económicos de la organización o aquellos que podrían ejercer una influencia sustancial en evaluaciones y decisiones de los grupos de interés.

2. *Participación de los grupos de interés:* La organización debe identificar a sus grupos de interés y describir en la memoria cómo ha dado respuesta a sus expectativas e intereses razonables.
3. *Contexto de sostenibilidad:* Se consulta sobre la forma en la que contribuye la organización, o pretende contribuir en el futuro, a la mejora o al deterioro de las tendencias, avances y condiciones económicas, ambientales y sociales a nivel local, regional y global.
4. *Exhaustividad:* La cobertura de los indicadores y la definición de la cobertura de la memoria deben ser suficientes para reflejar los impactos sociales, económicos y ambientales significativos para permitir que los grupos de interés puedan evaluar el desempeño de la organización durante el periodo que cubre la memoria.

Principios en los que se basa la metodología: Equilibrio, comparabilidad, precisión, periodicidad, claridad y fiabilidad [33].

El GRI tiene 3 partes [34]:

1. *Perfil:* Información que define el contexto general de la empresa y permite comprender el desempeño de la organización, entre otros a través de su estrategia, su perfil y sus prácticas de gobierno corporativo. Se incluye Visión y estrategia de sostenibilidad.
2. *Enfoque de dirección:* Información sobre el estilo de gestión a través del cual una organización aborda aspectos específicos y describe el contexto que permite comprender su comportamiento en un área concreta. Cómo se maneja la empresa en términos de estructura de decisiones y los sistemas de gestión para controlar tales decisiones. Además, se presenta el compromiso con las políticas sociales y ambientales.
3. *Indicadores de desempeño:* Económico, ambiental y social. Están clasificados en indicadores principales y optativos. Indicadores que permiten disponer de información comparable respecto al desempeño económico, ambiental y social de la organización.

El GRI organiza los indicadores de desempeño de acuerdo a una jerarquía de *categoría, aspecto e indicador*. Los indicadores se agrupan según las tres dimensiones del concepto convencional de sostenibilidad: la económica, la ambiental y la social [34].

### **3.3.3. Escala de aplicación de la Huella de Carbono**

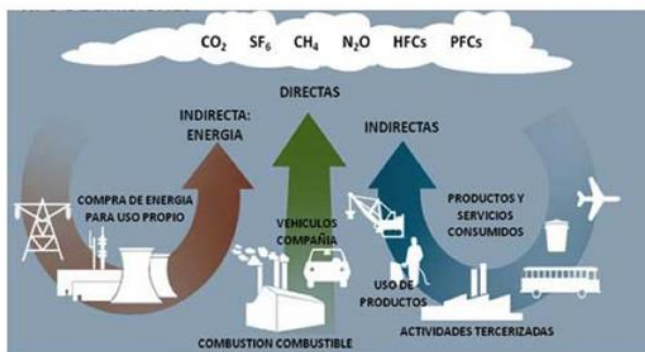
La Huella de Carbono se aplica al cálculo de las emisiones asociadas a las actividades de individuos, poblaciones de un determinado territorio, gobiernos, empresas, instituciones, procesos, sectores industriales, etc. Los productos incluyen bienes y servicios [35].

En cualquier caso, se deben establecer cuáles son las fuentes generadoras de GEI y se debe considerar tanto las emisiones directas (*on-site*, internas, por ejemplo, el consumo de energía dentro de la organización) como las indirectas (*off-site*, externas, como por ejemplo, el transporte) [35].

Para elaborar la huella de carbono, habitualmente se establecen tres alcances:

- ✓ *Alcance 1*: “Emisiones directas de GEI”. Las emisiones directas de GEI se producen por las fuentes que son propiedad de la organización o están controladas por la misma [36].
- ✓ *Alcance 2*: “Emisiones indirectas de GEI asociadas a la adquisición de electricidad”. Las emisiones del alcance 2 se generan físicamente en la planta que produce la electricidad pero la energía es consumida en las instalaciones y procesos de la organización que calcula su huella de carbono. Las emisiones indirectas asociadas a la electricidad son una categoría especial de emisiones indirectas, porque aunque no supone una emisión directa de GEI, para muchas organizaciones representa la oportunidad más significativa de reducir sus emisiones y sus costes, a través de medidas de ahorro de energía y de eficiencia energética [36].
- ✓ *Alcance 3*: Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de la actividad de la organización, pero ocurren en fuentes que no son de su propiedad ni están controladas por ella. El alcance 3 es opcional, pero facilita la oportunidad de innovar en la administración de GEI [36].

Los tres alcances proveen un marco de contabilidad inclusivo para el manejo y reducción de emisiones directas e indirectas (ver Figura 3.1.).



**Figura 3.1.** Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor. Fuente: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero – Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte.

### 3.3.4. Cálculo de la Huella de Carbono en Universidades

Las compañías industriales se consideran las más responsables por el incremento de contaminación y por la afirmación de un modelo social de producción y consumo que es actualmente amplio, caracterizado por un uso altamente intensificado de recursos. Sin embargo, el rol que otros tipos de organizaciones (como las instituciones educativas) juegan en el cambio climático es innegable y también son parte de la difusión y aplicación de conceptos de sustentabilidad, tales como el de la Huella de Carbono.

Las instituciones educativas son sistemas organizacionales integrados con entradas asociadas al consumo de recursos naturales como: Agua, materiales para la construcción de edificios, papel y combustibles fósiles (movilidad, energía eléctrica y calorífica) y salidas (producción de residuos). Estas actividades presentan un impacto ambiental debido a la producción de gases de efecto invernadero. En este sentido, implementar herramientas y métodos para reducir y mitigar los efectos dañinos de estos gases sobre el medio ambiente constituye no solo una necesidad, sino una prioridad. La emisión de Gases de Efecto

Invernadero es un problema actual, que de no enfrentarse debidamente, será devastador, no solo para nuestra localidad, sino también para el planeta en general.

A partir de una revisión de la literatura, se concluyó que estudios de huellas ecológicas – en especial de su subdivisión, la huella de carbono – en instituciones educativas existen, pero no en gran cantidad (alrededor del 40%). En las encontradas se presentó que las emisiones de dióxido de carbono dentro del sector de educación superior son globalmente significantes. Por ejemplo:

- En *“Assessing carbon dioxide emissions from energy use at a university”*, se estudiaron las emisiones de carbono provenientes de una universidad en Estados Unidos, aproximadamente 4 toneladas de emisiones de dióxido de carbono por estudiante por año siendo encontradas. En total, la universidad emitió casi 38,000 toneladas de dióxido de carbono en el 2007. Del 100% de las emisiones, 57% de éstas provenían de actividades productivas del campus [37].
- En *“Carbon Footprint of Environmental Science Students in Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand”*, se encontró que cada estudiante tenía una Huella de Carbono de 3.84 toneladas de dióxido de carbono, 20% atribuyéndolo a transporte, 40% a actividades en la vida cotidiana y 40% a actividades escolares [38].
- Al obtenerse la huella de carbono en la Universidad de Córdoba, España, se tuvo una emisión total de 14,551 toneladas de dióxido de carbono, 46% atribuidas a consumo de energía eléctrica [39].
- Por medio de un estudio de emisiones de dióxido de carbono en la Universidad Rafael Landívar, Guatemala, se reflejó un aumento de emisiones, de 1,270,001 en el 2007, a 1,410,962 en el 2012, más del 50% atribuyéndose al uso de energía eléctrica y creación de residuos en su campus central [40].

En México, se han realizado exploraciones de la obtención de la Huella de Carbono en sectores industriales y agrícolas principalmente, existiendo nulidad en investigaciones del mismo tema en el área educativa. Los datos mencionados anteriormente permiten conocer que las instituciones educativas también producen emisiones que conllevan a la creación de una huella de carbono remarcable, por lo que conocer la huella de carbono en el

área educativa permitirá identificar las posibles vías a seguir para reducir o aminorar las emisiones.

El cálculo de la Huella de Carbono de una organización constituye una doble oportunidad para ésta, siempre y cuando este cálculo suponga un primer paso para la reducción y/o compensación de sus emisiones. Por un lado, constituye una herramienta para reducir los costes que implica el consumo de energía para iluminación, climatización, calefacción y transporte y, por otro lado, conduce a la reducción de las emisiones de GEI y a una mayor concienciación medioambiental.

Por tanto, una institución educativa, además de contribuir a la lucha contra el cambio climático, tendrá las siguientes ventajas:

- Identificación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI. La mayor parte de ellas se derivarán de la reducción de consumos energéticos y por tanto se obtendrán ahorros económicos.
- Formar parte de esquemas voluntarios nacionales (registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono), regionales o privados.
- Mejorar el posicionamiento de la organización en el campo medioambiental y productivo.
- Desempeñar un papel central en la difusión del concepto de sustentabilidad en la comunidad, ya que tienen el deber de formar y educar a las futuras generaciones para adoptar este paradigma.

En base a lo anterior, el reducir la Huella de Carbono puede resultar significativo para que las operaciones de la propia universidad se desarrollen por medio de conceptos de sostenibilidad y concientización, promoviendo así el sentido de la responsabilidad hacia el medio ambiente. Además, las reducciones dan lugar a procesos más eficientes, ya que se busca no solamente disminuir la Huella de Carbono, sino también aminorar aquellas actividades en donde no existe un gran valor productivo, esto para reemplazarlas por opciones sostenibles y de calidad.

### 3.4. Sustentabilidad

La humanidad, en su paso por el planeta, ha degradado los recursos naturales de tal forma que, actualmente, es necesario procurar y planear concienzudamente el consumo de los mismos para garantizar su existencia en las generaciones futuras [41]. La sustentabilidad está basada en un principio simple: Todo lo que necesitamos para sobrevivir y nuestro bienestar depende, directa o indirectamente, de nuestro ambiente natural. Para seguir un camino de sustentabilidad, se necesita crear y mantener las condiciones bajo las cuales los seres humanos y la naturaleza pueden existir en armonía productiva; protegiendo al planeta Tierra de daño y destrucción [42].

Este concepto está estrechamente relacionado con los siguientes términos:

- *Concientización Ambiental:* Significa impartir conocimiento ecológico, actitudes y valores hacia el medio ambiente para tomar un compromiso de acciones y responsabilidades que tengan por fin un uso racional de los recursos y poder lograr así un desarrollo adecuado y sostenible [43].
- *Responsabilidad Ambiental:* Es el compromiso de una organización, institución o grupo personas con el medio ambiente, de manera que actúan en la prevención, reparación o mitigación de impactos ambientales, administrando riesgos y monitoreando la forma en que sus actividades interfieren con la naturaleza [44].

En ese sentido, una empresa, organización o grupo de personas es sustentable cuanto toma en cuenta de manera coordinada, responsable, consistente y consciente los impactos en los planos económico, social y ambiental de sus actividades productivas, políticas, acciones y proyectos. El desarrollo económico, el bienestar social y la integración están unidos con un medioambiente de calidad.

### 3.5. Calidad

La calidad es percibida de formas diferentes por distintas personas. El significado proveniente del diccionario describe a este término como “*el grado mayor de excelencia*”, sin embargo, esta definición es relativa. En la actualidad, se ha definido el concepto de

calidad como el grado de aceptación o satisfacción que proporciona un producto o servicio a las necesidades y expectativas del cliente [45]. En el caso de esta investigación, la calidad es el grado en el que un conjunto de características cumple con los requisitos u objetivos a desarrollar; es un valor agregado combinado con una meticulosa atención al detalle, en donde existe una continuada detección de áreas de mejora para la reducción del impacto negativo.

Existen distintas filosofías de calidad, en donde destacan personajes como *Edwards Deming*, *Philip Crosby*, *Joseph Juran*, *Kaoru Ishikawa* y *Genichi Taguchi*. Cada uno de estos personajes tenía un enfoque distinto de calidad, los cuales se mencionan en la tabla 3.3.

En el caso de las metodologías medioambientales, un punto crucial es la gestión de calidad de los inventarios para el cálculo de la Huella de Carbono. La gestión del inventario a desarrollar es un punto determinante en el manejo estratégico de los resultados a obtener y, por ende, de las soluciones que se deben llevar a cabo. Es por ello que toda metodología para la obtención de la Huella de Carbono sugiere que se seleccione y siga un enfoque de calidad, sobre todo en la creación del inventario (recopilación y registro de datos).

Para el cálculo de la Huella de Carbono de la FIN Tecate, se decidió seguir el enfoque de *Edwards Deming*, ya que se desea implementar procesos y soluciones mediante una filosofía de calidad que pueda combinarse abiertamente con herramientas medioambientales; el principio de mejora continua, a través del denominado ciclo de Deming siendo el más versátil para ser utilizado no solamente en productos o la satisfacción del cliente, sino también en sistemas de gestión de carácter ambiental, asegurando la calidad de esta investigación.

**Tabla 3.3.** Distintos enfoques de calidad. Fuente: Elaboración Propia.

<i>Autor</i>	<i>Filosofía de Calidad</i>
<i>Edwards Deming</i>	Enuncia que “un producto o servicio tiene calidad si ayuda a alguien y goza de un desarrollo sustentable”. Afirma que la disminución de la variación conlleva a una calidad y productividad más alta. [46].
<i>Philip Crosby</i>	La calidad significa conformidad con los requisitos, por lo que es preciso establecerlos de forma clara, a fin de que no se interpreten de manera errónea. En base a esto, la única medida de desempeño es el costo de la calidad en el gasto derivado de la no conformidad. [46].
<i>Joseph Juran</i>	La calidad se relaciona con “(1) el desempeño del producto que da como resultado la satisfacción del cliente; (2) productos libres de deficiencias, lo que evita la insatisfacción del cliente.” [46].
<i>Kaoru Ishikawa</i>	La calidad empieza con el cliente y por tanto, entender sus necesidades es la base para mejorar; las quejas se deben manejar en forma activa. [46].
<i>Genichi Taguchi</i>	Se basa en dos puntos: Productos atractivos al cliente y ofrecer mejores productos que la competencia. [46].

### **3.6. Mejora Continua**

El concepto de mejora continua se refiere al hecho de que nada puede considerarse como algo terminado o mejorado en forma definitiva. Estamos siempre en un proceso de cambio, de desarrollo y con posibilidades de mejorar. Es un ciclo ininterrumpido, a través del cual identificamos un área de mejora, planeamos cómo realizarla, la implementamos, verificamos los resultados y actuamos de acuerdo con ellos, ya sea para corregir desviaciones o para proponer otra meta más retadora [47].

En el área medioambiental, la mejora continua puede ser sin duda aplicada para la reducción de impactos ambientales.

Los riesgos ambientales tienen un impacto significativo en organizaciones, ya que afectan a decisiones de inversión, regulaciones gubernamentales e interacciones sociales. Estos riesgos han sido más aparentes en la última década, en donde el calentamiento global ha afectado no solamente a ecosistemas, sino también a industrias de carácter mundial y diversas poblaciones. Debido a esto, organizaciones de distintos giros han estado dando lugar a maneras de sustentabilidad para el manejo correcto de su energía, recursos naturales y residuos, en donde la excelencia de aplicación ha de alcanzarse mediante un proceso de mejora continua.

Siempre y cuando las organizaciones se mantengan continuamente mejorando su metodología sustentable, su credibilidad y reputación continuará en incremento. Además, ayudará a preservar sus recursos, manejar sus inversiones mejor y proveer un seguimiento de una filosofía de gestión, mientras contribuyen a la conservación de los recursos naturales (agua, tierra, energía).

Las organizaciones que miden efectivamente y manejan su rendimiento ambiental de manera continua son más adeptas al cambio, ya que entienden el cómo mejorar continuamente sus procesos, reducir costos, y seguir los requerimientos, además de explorar nuevas oportunidades.

Es por ello que las metodologías ambientales, aunadas a metodologías de mejora continua, proveen un camino exitoso hacia el incremento de la sustentabilidad de calidad y responsabilidad social en las organizaciones.

### **3.6.1. Ciclo de Deming**

W. Edwards Deming (1900-1993), introdujo el Ciclo de Deming, una de las herramientas cruciales de control de calidad para asegurar la mejora continua. El Ciclo de Deming también es conocido como la Rueda de Deming, Ciclo de Mejora Continua o Ciclo PDCA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar; en inglés *Plan-Do-Check-Act*). Es un proceso de resolución de problemas adoptado por organizaciones comprometidas con la mejora continua [48].

El ciclo PDCA fue originalmente concebido por Walter Shewart en los 1930's, y después adoptado por W. Edwards Deming. El modelo provee un marco de referencia para la mejora de un proceso o sistema. Puede ser utilizado para guiar un proyecto total de mejora, o para desarrollar proyectos específicos una vez que se identifican áreas en donde se necesita la mejora [48].

Esta metodología describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiendo como tal al mejoramiento continuado de la calidad (disminución de fallos, aumento de eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales, etc.).

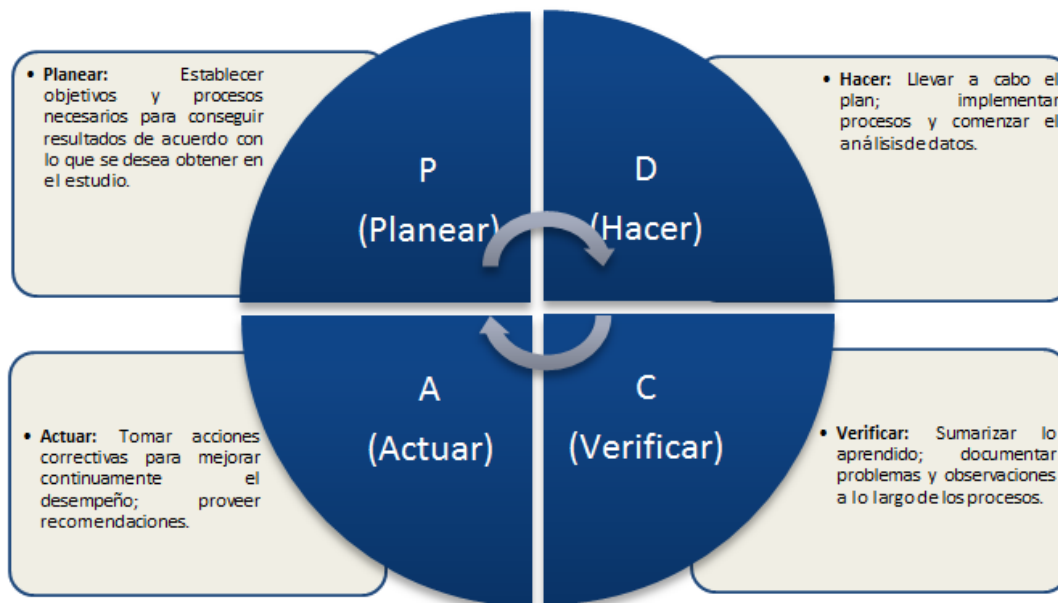
Los cuatro pasos esenciales son los siguientes (Ver Figura 3.2.):

1. *Planear*: Identificar la meta o propósito, formular una teoría, definir las métricas del éxito y poner un plan en acción [49]. En esta parte del ciclo se colecciona y se analiza información para validar el plan.
2. *Hacer*: Se ejecuta el plan de acción, documentando cualquier problema u observaciones relevantes durante la aplicación de éste [48].
3. *Verificar*: Los resultados son monitoreados para estudiar la validez del plan en cuanto a progreso y éxito, o problemas y áreas de mejora [49].

4. *Actuar*: Este paso cierra el ciclo, integrando la generación de conocimiento de todo el proceso, el cual se puede utilizar para ajustar la meta inicial, cambiar los métodos o incluso reformular toda la teoría inicialmente pensada [49].

El Ciclo PDCA fue diseñado para ser utilizado como un modelo dinámico. La compleción de un ciclo fluye en la inicialización del siguiente. El ciclo debe de estar constante rotación, siguiendo el espíritu de la mejora continua, en donde los procesos deben de ser siempre reanalizados, buscando nuevos desafíos de cambio. Utilizando lo que se ha aprendido en una Ciclo PDCA, se puede iniciar otro ciclo más complejo [48].

El Ciclo de Deming es un enfoque que puede ser utilizado en distintas áreas (elaboración de productos, desarrollo de procesos que van desde industriales hasta educativos, mejora de servicios, etc.), entre ellas la medioambiental. Es utilizado en organizaciones para gestionar aspectos de medio ambiente, esta metodología siendo mencionada en la ISO 14000 (Estándar desarrollado para la sistematización y mejora de gestión ambiental). De esta forma, el implementar un Sistema de Gestión Ambiental corresponde a un sistema cíclico que va adaptándose y evolucionando con el tiempo.



**Figura 3.2.** Ciclo de Deming. Fuente: Elaboración Propia.

## 4. Metodología

### 4.1. Planear

#### 4.1.1. Fase I

Para el establecimiento de una metodología, se comenzó por aplicar el paso número uno del Ciclo de Deming, el cual es *Planear*. En esta fase, se identificó el problema (carencia de una metodología para el cálculo de la Huella de Carbono en la FIN Tecate) y se planificó una forma de diseñar un método que se pudiera aplicar para su solución, el cual cumpliera con los objetivos citados en el apartado 2. Para ello, se llevó al cabo el siguiente análisis:

##### *a) Selección de la metodología de Huella de Carbono*

En base a una investigación exhaustiva de las metodologías relevantes antes mencionadas en la Tabla 3.2. del apartado 3.3.1., se dio lugar a la selección inicial de tres metodologías que pueden ser aplicadas en instituciones educativas, las cuales fueron elegidas en base a los siguientes criterios:

- ✓ *Ámbito territorial:* Las metodologías seleccionadas se pueden implementar en territorio mexicano, abriendo la posibilidad de ser verificada o certificada en México si en un futuro se desea tomar ese paso.
- ✓ *Ámbito de aplicación:* Las metodologías seleccionadas pueden ser aplicadas no sólo globalmente, sino también en instituciones educativas.
- ✓ *Reconocimiento de la metodología:* Las metodologías seleccionadas deben ser reconocidas ampliamente y mencionadas en distintas fuentes de información.
- ✓ *Beneficios:* Las metodologías seleccionadas muestran beneficios contundentes hacia la organización al ser implementadas.

A partir de esto, se realizó una comparación, descrita en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Comparación de metodologías más utilizadas en organizaciones en base a criterios listados. Fuente: Elaboración propia.

<i>Metodología</i>	<i>¿Puede ser aplicada en México?</i>	<i>¿Puede ser aplicada en organizaciones educativas?</i>	<i>¿Es altamente reconocida?</i>	<i>¿Provee beneficios a la organización?</i>
<i>WBCSD/WRI GHG Protocol</i>	Sí.	Sí.	Sí.	Sí.
<i>ISO 14064: 2006</i>	Sí.	Sí.	Sí.	Sí.
<i>French Bilan Carbone</i>	No, solamente de ámbito Europeo.	Sí.	Sí.	Sí.
<i>DEFRA Company Guidance</i>	No, solamente de ámbito Europeo.	Posiblemente, orientada más a compañías.	No.	Sí.
<i>UK Carbon Reduction Commitment</i>	No, solamente de ámbito Europeo.	Sí.	No.	Sí.
<i>Indicadores GRI</i>	Sí	Posiblemente, no se encontraron pruebas de aplicación en organizaciones educativas.	Sí.	Sí.
<i>US EPA Climate Leaders Inventory Guidance</i>	No, solamente de ámbito Estadounidense.	Orientada más a compañías.	No.	Sí.

Al final, se tomaron en cuenta las siguientes metodologías:

1. WBCSD/WRI GHG Protocol Corporate Standard (GHG Protocol)
2. ISO 14064: 2006
3. Indicadores GRI

Una vez que se eligieron tres metodologías, se desarrolló una investigación más profunda y específica de éstas (mencionadas en el apartado 3.3.2.) para su extensivo entendimiento, y a su vez para determinar cuál de estas tres será la más adecuada para implementarse en la Facultad de Ingeniería y Negocios, Tecate.

*b) Comparación entre metodologías*

La investigación llevada a cabo permitió desarrollar otra comparativa entre metodologías, extrayéndose las características más relevantes para el cálculo de la huella de carbono. Dicha comparativa se muestra en la Tabla 4.2.

*c) Selección de la metodología*

Se diferenciaron métodos para calcular la Huella de Carbono, realizando un resumen de procedimientos posibles para describir factores que contribuyen a emisiones de gases de efecto invernadero en organizaciones educativas. Una vez identificadas las metodologías y los datos que pertenecen a su definición, características y desglose de sus calculaciones, además de sus áreas de aplicación, se pudo llevar a cabo una decisión adecuada para aplicar la metodología que mejor contribuye a los objetivos planteados en la investigación.

Con base en esto, se decidió realizar una metodología propia teniendo en cuenta las directrices de dos metodologías: *GHG Protocol* e ISO 14064, ya que ambas presentan líneas de trabajo parecidas, y los rasgos de una complementarán a los de la otra, permitiendo un desarrollo más completo para el cálculo de la huella de carbono de la Facultad. Por ejemplo, *GHG Protocol* permite una mayor libertad en la aplicación de la metodología, además de la elección de objetivos de reducción que no se basan en proyectos establecidos, algo que ISO 14064 no tiene. Sin embargo, esta última dispone de un establecimiento y mantenimiento concreto de una gestión de la calidad de los

procedimientos, mientras que *GHG Protocol* solamente menciona cómo se podría gestionar la calidad si así se desea. Ambas características serían de mucha ayuda al momento de calcular la Huella de Carbono en la Facultad, por lo que la complementación de ambas es lo ideal.

#### d) *Diseño final de la metodología*

En base al análisis planteado, se construyó una metodología que constó de seis fases distintas, dos de ellas perteneciendo a la primera etapa del Ciclo de Deming (Planear); las demás ubicadas en los siguientes tres pasos del Ciclo (Hacer, Verificar, Actuar --- véase figura 4.1.).



**Figura 4.1.** Diseño final de la metodología utilizada para el cálculo de la Huella de Carbono de la FIN Tecate. Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.2. Fase II

La segunda fase de la etapa de planeación consiste en la definición e identificación de límites. Este segmento también se incluyó en el primer paso del Ciclo de Deming, debido a que consiste en coleccionar y analizar información para validar el plan.

##### 4.1.2.1. Definición de Límites

Los límites fueron definidos en base a lo planteado en la guía de *GHG Protocol*:

- A. *Límite Temporal*: Selección de un año base para la cuantificación de la huella de carbono en la Facultad de Ingeniería y Negocios.
- B. *Límite Organizacional*: Selección de territorio y/o instalaciones de la organización para la cuantificación de la huella de carbono en la Facultad de Ingeniería y Negocios.

C. *Límite Operacional*: Identificación y selección de actividades llevadas a cabo en la Facultad de Ingeniería y Negocios, las cuales producen una cantidad notoria de GEI.

#### **4.1.2.2. Identificación de límites**

El inventario de emisiones y posterior cálculo de las toneladas de dióxido de carbono equivalente se realizó para el periodo correspondiente al año 2016, por lo que la recopilación de datos de actividades y consumos relativos a la FIN corresponde del 01 de Enero del 2016 al 31 de Diciembre del 2016 (límite temporal), contemplando la totalidad del territorio donde la Facultad de Ingeniería y Negocios realiza la mayoría de sus actividades estudiantiles, administrativas y de docencia (límite organizacional).

En cuanto a los límites operacionales, se identificaron todas las emisiones asociadas a las operaciones de la FIN, utilizando los aspectos contemplados en la tabla 4.2., los cuales se clasificaron en los alcances descritos dentro de la metodología de *GHG Protocol*.

Las emisiones directas son aquellas fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por la organización (alcance 1), mientras que las emisiones indirectas provienen de la generación y adquisición de electricidad consumidos por la organización (alcance 2), además de actividades que se originan en fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por otras organizaciones (alcance 3).

No fueron consideradas ciertas actividades por carencia de datos y/o por su evidente complejidad en cuanto a su cuantificación:

- Movilidad de empleados y alumnos a la Universidad (complejidad en cuantificación).
- Movilidad de intercambio por parte de los alumnos (complejidad en cuantificación).
- Consumo de gas natural (carencia de datos oficiales).
- Emisiones fugitivas de hidrofluorocarbonos, por el uso de equipos de refrigeración y aire acondicionado (nulidad de emisiones fugitivas durante el año 2016).

**Tabla 4.2.** Aspectos considerados para el cálculo de emisiones de GEI en la FIN.

Fuente: Elaboración Propia.

<i>ALCANCE 1</i>	<i>ALCANCE 2</i>	<i>ALCANCE 3</i>
<b>Combustión móvil</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible de los vehículos propios de la FIN.</li> </ul>	Consumo de electricidad.	<b>Emisiones de proceso</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de papel.</li> <li>• Consumo de tóner y tinta.</li> <li>• Generación de residuos.</li> </ul>

## 4.2. Hacer

Una vez realizado el plan de acción, se desarrolla el segundo paso del Ciclo de Deming: *Hacer*. En esta etapa, se desarrolló el cálculo de emisiones de las actividades mencionadas en el apartado 4.1.

### 4.2.1. Cálculo de emisiones

Para el cálculo de la huella de carbono proveniente de cada actividad considerada, se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$\text{Huella de Carbono} = \sum (\text{Dato de actividad} \times \text{Factor de Emisión})$$

En donde las fuentes de emisión consideradas se tradujeron a datos de actividad, los cuales fueron multiplicados por su correspondiente factor de emisión, para obtener así las emisiones de dióxido de carbono equivalentes ligadas a cada una de ellas.

Los datos de las actividades consideradas fueron cuantificados, dándose dos casos:

1. Determinación directa a través de datos de consumos (facturación).
2. Estimación indirecta a partir de datos estadísticos extraídos de encuestas, entrevistas o extrapolación.

En la tabla 4.3. aparece especificada la vía utilizada que se aplicó para cuantificar los datos de actividad y la unidad en la que se midió cada uno de ellos.

Los factores de emisión que permitieron transformar estos datos de actividad en toneladas de dióxido equivalente se muestran en la tabla 4.4.

**. Tabla 4.3.** Vías utilizadas para la cuantificación de datos de actividad. Fuente: Elaboración Propia.

<i>Categoría</i>	<i>Datos de actividad</i>	<i>Unidad</i>
Combustible de los vehículos de la FIN	Estimación directa	Terajoules (TJ)
Energía eléctrica comprada	Estimación directa	Kilowatts Hora (KW*h)
Consumo de papel	Estimación indirecta	Kilogramos (kg)
Consumo de tóner	Estimación directa	Gramos (gr)
Consumo de tinta	Estimación directa	Gramos (gr)
Generación de residuos sólidos	Estimación indirecta	Kilogramos (kg)

**Tabla 4.4.** Factores de emisión utilizados. Fuente: Elaboración Propia.

<i>Categoría</i>	<i>Factor de emisión</i>	<i>Unidad</i>	<i>Fuente</i>
Combustible de los vehículos de la FIN	69,300	kgCO <sub>2</sub> eq/TJ	Muthu, S.S, 2016 [50]
Energía eléctrica comprada	0.454	kgCO <sub>2</sub> eq/KW*h	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015 [51]
Consumo de papel virgen	3	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014 [52]
Consumo de papel reciclado	1.8	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014[52]
Consumo de tinta	4.399	kgCO <sub>2</sub> eq/kg	Muthu, S.S, 2016 [50]
Consumo de tóner			
Generación de residuos sólidos	199	kgCO <sub>2</sub> eq/ton residuo	Agencia de Protección Ambiental, 2014 [53]

## A. Cálculo de emisiones del alcance 1

### I. Combustible móvil de los vehículos de la FIN

Se consideraron los gastos que se realizaron en el año 2016 con respecto al combustible utilizado para el desplazamiento de los vehículos propios de la FIN. La información sobre este consumo fue proporcionada por el área administrativa de la Facultad, la cual facilitó los datos de gasto mensual en pesos mexicanos del consumo de gasolina en el año contemplado en este estudio.

Para obtener los litros consumidos por mes, se dividió el dato del importe pagado por el precio del combustible al mes de la compra, según el registro realizado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) [54]. Los datos resultantes se sumaron para obtener el dato anual en litros, los cuales después se convirtieron en terajulios (TJ) para utilizar el factor de conversión. El cálculo de emisiones de dióxido de carbono (Tabla 4.5.) se realizó con la ecuación 1.

$$tonCO_2eq = \frac{C \times FE_c}{1000ton/kg} \quad Ec. 1$$

Donde:

- tonCO<sub>2</sub>eq: Toneladas de dióxido de carbono equivalente
- C: Combustible utilizado (Terajulios)
- FE<sub>c</sub>: Factor de Emisión de Combustible (kgCO<sub>2</sub>eq/TJ)
- 1000 ton/kg: Factor de conversión de kilogramos a toneladas.

**Tabla 4.5.** Emisiones de t<sub>2</sub>onCO<sub>2</sub>eq provenientes de los desplazamientos de los vehículos propios de la FIN Tecate.

<i>Combustible (TJ)</i>	<i>Factor de emisión (kgCO<sub>2</sub>eq/TJ)</i>	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>eq)</i>	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> (tonCO<sub>2</sub>eq)</i>
0.1058587579	69,300	7,336.01	7.34

## B. Cálculo de emisiones del alcance 2

### I. Emisión indirecta de GEI asociadas a la electricidad

Se consideró el consumo total de electricidad de la facturación del año 2016, proporcionado por el área administrativa de la Facultad, mediante recibos mensuales derivados de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Los datos suministrados se sumaron para obtener el dato anual en kilovatios hora (kWh) consumidos.

El cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> (Tabla 4.6.) para el consumo de energía eléctrica se realizó con la ecuación 2.

$$\text{tonCO}_2\text{eq} = \frac{EC \times FE_e}{1000\text{ton/kg}} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- EC: Electricidad consumida (kWh)
- FE<sub>e</sub>: Factor de emisión de electricidad (KgCO<sub>2</sub>eq/kWh)
- 1000 ton/kg: Factor de conversión de toneladas a kilogramos

**Tabla 4.6.** Emisiones de tonCO<sub>2</sub>eq por consumo eléctrico. Fuente: Elaboración Propia.

Mes	Consumo de Electricidad (kWh)	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (KgCO <sub>2</sub> /kWh)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> eq.)
Enero	130,284	0.454	59.15
Febrero	143,864		65.31
Marzo	144,438		65.57
Abril	155,148		70.44
Mayo	147,588		67
Junio	123,858		56.23
Julio	134,750		61.18
Agosto	188,832		85.73
Septiembre	187,740		85.23
Octubre	179,424		81.46
Noviembre	144,144		65.44
Diciembre	136,080		61.78
TOTAL	1,816,150	824.53	

### C. Cálculo de emisiones del alcance 3

#### I. Consumo de papel

Los datos para esta sección se tomaron en base a la cantidad de resmas de papel compradas durante el año 2016, a través de facturas mensuales proporcionadas por el área administrativa de la Facultad. También, se realizó una cuantificación aproximada del papel reciclado utilizado a lo largo del mismo año.

Para determinar la cantidad de emisiones de dióxido de carbono en cuanto al consumo de papel, se realizó primero un análisis para obtener la cantidad de papel utilizada en kilogramos, aplicando la ecuación 3:

$$kg \text{ de papel} = \frac{\left( n^{\circ} \text{ de paquetes} * n^{\circ} \text{ hojas en cada paquete} \div \frac{\text{hojas}}{m^2} \right) * \frac{gr}{m^2}}{1000} \quad \text{Ec. 3}$$

Tomándose en cuenta: El número de hojas que contiene cada paquete, el peso ( $gr/m^2$ ) y el número de hojas necesarias en un metro cuadrado ( $m^2$ ). Los datos obtenidos en base a este razonamiento se encuentran en la tabla 4.7.

Una vez obtenidos los kilogramos de papel, se aplicó la ecuación 4 para la obtención de emisiones de dióxido de carbono, cuyos cálculos se encuentran en la tabla 4.8.

$$tonCO_2eq = \frac{P \times FE_p}{1000ton/kg} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- P: Papel utilizado (kilogramos)
- $FE_p$ : Factor de emisión del papel ( $KgCO_2eq/kg$ )
- 1000 ton/kg: Factor de conversión de kilogramos a toneladas

**Tabla 4.7.** Total de kilogramos de papel consumidos en el año 2016 por la FIN Tecate.

Fuente: Elaboración Propia.

<i>Tipo de papel</i>	<i>N° Paquetes</i>	<i>N° Hojas</i>	<i>Total de Hojas</i>	<i>Gr/m2</i>	<i>Hojas/m2</i>	<i>Total Kg</i>
Carta – Virgen	300	500	150,000	75	16	703.125
Carta - Reciclado	40	500	20,000	75	16	93.75
Oficio – Virgen	60	500	30,000	75	13	173.076
Oficio – Reciclado	8	500	4000	75	13	23.076
<b>TOTAL PAPEL VIRGEN:</b>						<b>876.201</b>
<b>TOTAL PAPEL RECICLADO:</b>						<b>116.826</b>
<b>TOTAL:</b>						<b>993.027</b>

**Tabla 4.8.** Emisiones de tonCO<sub>2</sub>eq en base al consumo de papel. Fuente: Elaboración Propia.

<b>Tipo Papel</b>	<b>Total Kg.</b>	<b>Factor de emisión (KgCO<sub>2</sub>eq./kg)</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>eq)</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (tonCO<sub>2</sub>eq)</b>
Virgen	876.201	3	2628.603	2.628
Reciclado	116.826	1.8	210.2868	0.21028
<b>TOTAL:</b>				<b>2.83</b>

## II. Consumo de tóner y tinta

Se tomó en cuenta el consumo de tóner y tinta en impresoras, ya que en los centros educativos el uso de impresoras y fotocopiadoras es de alta relevancia, por lo que el cálculo puede reflejar un porcentaje notorio en el volumen total de emisiones de la organización.

Para la realización de cálculos se consideraron los registros de compra de tóner y tinta del año 2016, proporcionados por el área administrativa de la Facultad.

Las emisiones de dióxido de carbono (mostradas en la tabla 4.9.) se obtuvieron mediante la ecuación 5.

$$tonCO_2eq = \frac{T \times FE_t}{1000ton/kg} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

- T: Tóner y tinta utilizado (Kilogramos)
- FE<sub>t</sub>: Factor de emisión (kgCO<sub>2</sub>eq/kg)
- 1000 ton/kg: Factor de conversión de kilogramos a toneladas

### III. *Generación de Residuos Sólidos*

Ya que la FIN carece de una base de datos que contenga información certera acerca de la generación de residuos sólidos realizada por alumnos y personal de la organización, se tomaron en cuenta los datos proporcionados por medio de entrevistas aplicadas al personal de intendencia, además de la realización del monitoreo de generación de residuos sólidos en la Facultad durante una semana, obteniéndose así resultados promedio de la cantidad de basura que se desecha a la semana.

A partir de los resultados obtenidos en base a la cantidad de kilogramos de residuos sólidos desechados a la semana, se desarrollaron los cálculos para obtener la cantidad de kilogramos que se desechan anualmente (tabla 4.10), tomándose en cuenta el número de semanas hábiles en la Facultad durante el año 2016. Para obtener las emisiones de dióxido de carbono (tabla 4.11), se aplicó la ecuación 6.

$$tonCO_2eq = \frac{R \times FE_r}{1000ton/kg} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

- R: Cantidad de residuos totales (ton)
- FE<sub>r</sub>: Factor de emisión (kgCO<sub>2</sub>eq/ton residuo)
- 1000 ton/kg: Factor de conversión de kilogramos a toneladas

**Tabla 4.9.** Emisiones de tonCO<sub>2</sub>eq en base al consumo de tóner y tinta. Fuente:  
Elaboración Propia.

<i>Descripción</i>	<i>Unidades compradas en el año 2016</i>	<i>Kilogramos</i>	<i>Factor de emisión CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>eq/kg)</i>	<i>Emisiones de GEI (kgCO<sub>2</sub>eq)</i>	<i>Emisiones de GEI (tonCO<sub>2</sub>eq)</i>
Tóner	33	33	4.399	145.167	0.145167
Tinta	14	14	4.399	61.586	0.061586
<b>TOTAL</b>					0.21

**Tabla 4.10.** Kilogramos de residuos sólidos llevados a cabo por la Facultad a la semana y al año. Fuente: Elaboración Propia.

<i>Tipo de contenedor</i>	<i>Cantidad de contenedores</i>	<i>Capacidad máxima (kg.)</i>		<i>Veces a la semana que alcanza su capacidad máxima</i>	<i>Residuos sólidos desechados a la semana (kg)</i>
Pequeños	48	7.8	374.4	10	3,744
Pequeños	49	7.8	382.2	1	382.2
Medianos	11	44	484	2	968
Grandes	9	50	450	2	900
<b>TOTAL A LA SEMANA</b>					5,994.2

**Tabla 4.11.** Emisiones de tonCO<sub>2</sub>eq en base a la generación de residuos sólidos.

<b>Cantidad de residuos totales (ton)</b>	<b>Factor de emisión (KgCO<sub>2</sub>eq./ton residuo)</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (KgCO<sub>2</sub>eq)</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (tonCO<sub>2</sub>eq)</b>
239.768	199	47713.832	47.71

### **4.3. Verificar**

#### **4.3.1. Verificación de Procesos**

Esta etapa consistió en identificar los problemas o dificultades que se presentaron al aplicar el diseño de la metodología, procurando proveer soluciones para efectuar cambios y ajustes, esto para que los resultados cumplieran con los objetivos de la investigación, así como en los principios que sostienen *GHG Protocol* e ISO 14064: Transparencia, coherencia, credibilidad, consistencia y precisión.

Durante la realización de la investigación, se presentaron dificultades (así como cambios) en los procesos inicialmente desarrollados en el paso número dos: Hacer. Estas complicaciones radicarón en la falta de datos oficiales al momento de realizar la recopilación de datos para proceder al cálculo de la huella de carbono de cada una de las actividades consideradas en el estudio, por lo que los caminos elegidos en un principio tuvieron que ser alterados, como se muestra a continuación:

##### *A. Alcance 1*

La planeación inicial para el cálculo de emisiones en la sección de combustión móvil era basada en el número de vehículos propios de la Facultad, así como la distancia recorrida (en kilómetros) de cada vehículo. Este procedimiento proveería los resultados más certeros posibles en cuanto a la huella de carbono por utilización de gasolina. Sin embargo, no fue posible realizar el cálculo de esta manera, debido a que se carecía de datos oficiales con respecto a la distancia total recorrida de cada vehículo al año, por lo que este procedimiento se podía realizar solamente en base a estimaciones. Para no recurrir a valoraciones que pudiesen arrojar resultados no certeros, se decidió cambiar la forma de calcular las emisiones de este apartado, tomándose en cuenta el gasto total de gasolina al año por todos los vehículos utilizados en la Facultad, esta información siendo fidedigna.

##### *B. Alcance 3*

Inicialmente, existió una falta de coherencia en los resultados arrojados a través del procedimiento que se siguió para obtener las emisiones de dióxido de carbono del consumo

de papel. Esto fue porque solamente se había considerado el volumen de cada resma de papel, y no su peso ni el área que ocupa cada folio en una resma. Este problema se solucionó mediante un análisis más profundo al momento de obtener los pesos reales de las hojas que se utilizaron (así como sus tamaños). La ecuación aplicada para esto no había sido considerada en un principio, por lo que significó un cambio en el procedimiento que logró dar resultados más precisos.

La carencia de datos en cuanto a la generación de residuos sólidos para obtener las emisiones de dióxido de carbono representó un reto en donde hubo un consumo inesperado de tiempo. El plan inicial consistía en obtener información acerca de la cantidad exacta de basura que se generó en la Facultad durante el año 2016, para después aplicar la ecuación (con el factor de emisión correspondiente) que conduciría a los resultados esperados. Sin embargo, debido a que no existía un registro oficial de la información que se buscaba, se realizó un procedimiento más extenso, basado en estimaciones, las cuales pudiesen arrojar los resultados más certeros posibles.

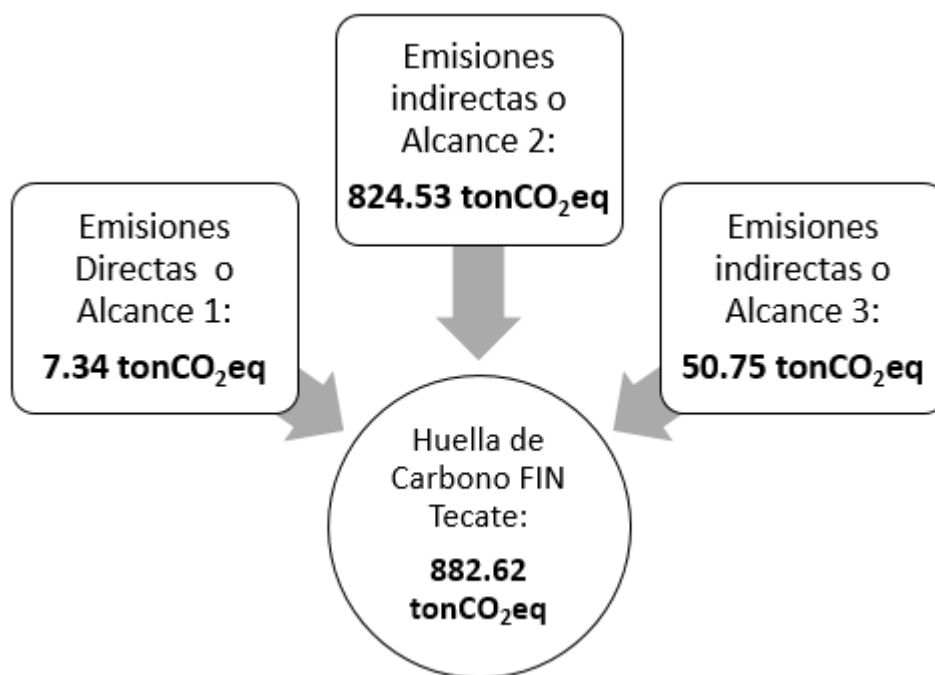
#### **4.3.2. Comunicación de Resultados**

En base a las soluciones dadas en el apartado 4.3.1., fue posible llevar a cabo un cálculo de emisiones que arrojara resultados tanto precisos como claros y honestos. A partir de estas alteraciones, se llevó a cabo el cálculo de emisiones de GEI satisfactoriamente.

El resultado obtenido de la Huella de Carbono en la Facultad de Ingeniería y Negocios en el curso del año 2016 fue de **882.62 toneladas de dióxido de carbono equivalente**, como se muestra en la figura 4.1. Esta investigación ha permitido identificar que las fuentes de emisión que suponen más del 90% de la huella de carbono de la unidad académica provienen del alcance 2, mientras que el alcance 3 alcanza un 6% de la huella de carbono, ubicándolo en el segundo lugar, estos porcentajes descritos en la figura 4.2 y la tabla 4.12.

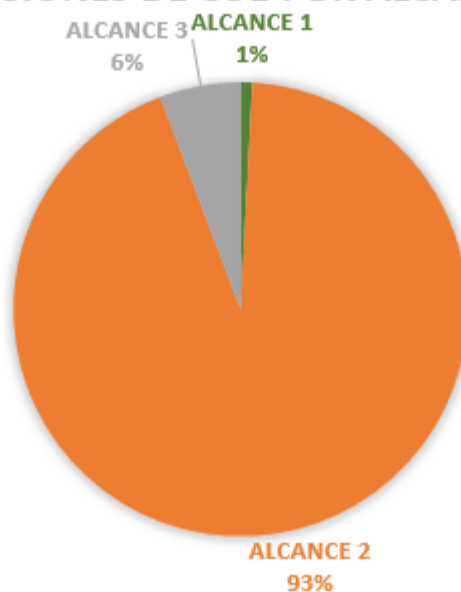
Al realizar un desglose de los porcentajes de emisiones por cada una de las fuentes contabilizadas en la Facultad, mostrado en la tabla 4.13., se vuelve a confirmar que es el consumo de electricidad el mayor generador de emisiones, con un 93%. Por otra parte, en esta división de aspectos aplicables se logra visualizar que la segunda actividad con mayor

generación de emisiones es la producción de residuos sólidos, esta actividad formando parte del alcance 3. En la figura 4.3., se observa también, en la distribución de emisiones, que el consumo de energía eléctrica y la generación de residuos sólidos son las fuentes de emisión que generan la mayor parte de las emisiones, sumando entre las dos el 98.41% de las emisiones.



**Figura 4.1.** Resultados obtenidos de la Huella de Carbono de la Facultad de Ingeniería y Negocios, Tecate. Fuente: Elaboración Propia.

## EMISIONES DE CO2 POR ALCANCES



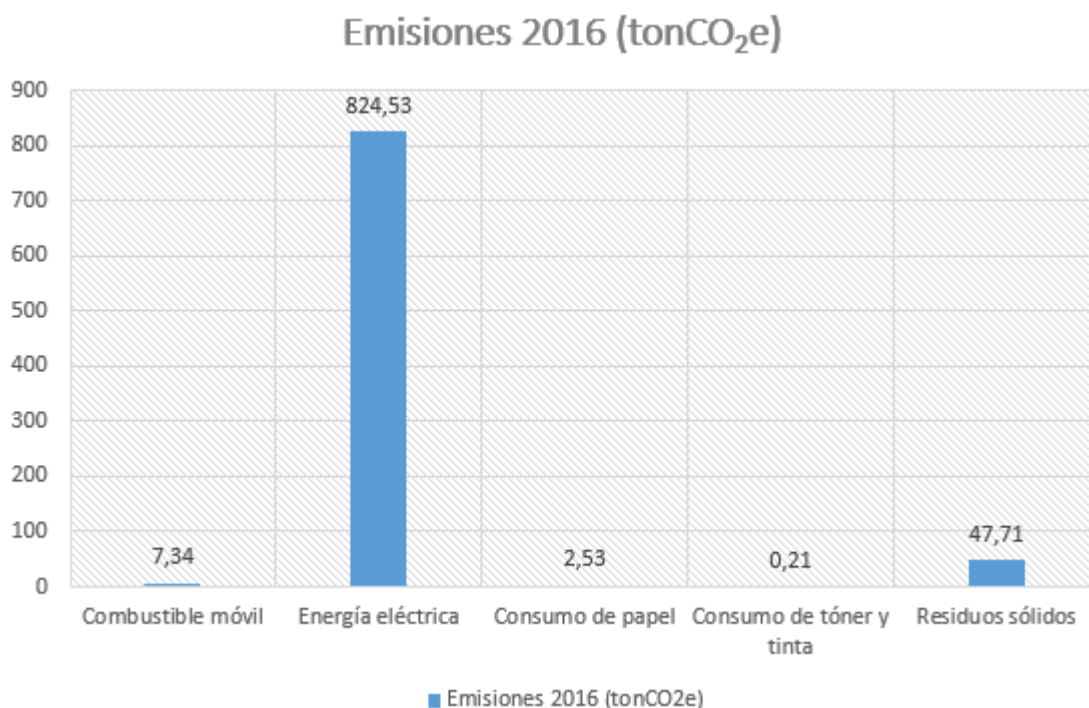
**Figura 4.2.** Gráfica de porcentaje de emisiones de dióxido de carbono en base a alcances. Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 4.12.** Emisiones totales de dióxido de carbono equivalente en la Facultad de Ingeniería y Negocios. Fuente: Elaboración Propia.

	<i>tonCO<sub>2</sub>eq</i>	%
<i>Alcance 1</i>	7.34	1
<i>Alcance 2</i>	824.53	93
<i>Alcance 3</i>	50.75	6
<i>Total</i>	882.62	100

**Tabla 4.13.** Distribución de emisiones de dióxido de carbono por actividades. Fuente: Elaboración Propia.

<b>Aspecto aplicable</b>	<b>Emisiones 2016 (tonCO<sub>2</sub>eq)</b>	<b>Emisiones (%)</b>
<i>Combustible móvil</i>	7.34	0.83
<i>Energía Eléctrica</i>	824.53	93
<i>Consumo de papel</i>	2.83	0.32
<i>Consumo de tóner y tinta</i>	0.21	0.02
<i>Residuos sólidos</i>	47.71	5.41
<b>Total</b>	882.62	100



**Figura 4.3.** Gráfica de distribución de emisiones de toneladas de dióxido de carbono por actividades. Fuente: Elaboración Propia.

## **4.4. Actuar**

### **4.4.1. Soluciones y Recomendaciones**

Dado los resultados presentados a lo largo de la investigación es importante considerar y orientar las medidas de reducción de emisiones, así mismo como todo proceso es necesario implementar estrategias que nos conduzcan a la mejora continua. Es por ello que, a continuación, se brindan recomendaciones, las cuales pueden servir como estrategias tanto para reducir el impacto generado por parte de la institución, como mejorar la metodología ya desarrollada. Sin duda, éstas deben ser analizadas a fondo, estudiadas y verificadas para ser aplicadas a la institución, por lo que es ideal realizar un plan de acción con metas e indicadores que permitan, a lo largo del tiempo, ir evaluando las acciones y también los resultados de reducción.

Cabe recalcar que todo lo que se desarrolla a continuación debe ser aplicado con el compromiso de las máximas autoridades y el personal de la institución para garantizar su funcionamiento.

### *A. Recomendaciones para mejorar el cálculo de la huella de carbono*

Ya que los registros de datos abarcan un amplio espectro de actividades realizadas e insumos adquiridos, es recomendable salvaguardarlos meticulosamente, ya sea mediante carpetas o archivos electrónicos. Esto ya ha sido aplicado en la Facultad en el caso de ciertas actividades medidas durante la investigación (consumo de energía e insumos como tinta y tóner; así como el consumo de combustible fósil), sin embargo, hay otras actividades que carecen de datos oficiales (generación de residuos sólidos y consumo de papel), por lo que abrir una base de datos para estos aspectos es esencial.

En referencia a los aspectos aplicables en categorías y subcategorías de actividades, también es importante evolucionar en los datos que se contemplan para el armado y cálculo de la Huella de Carbono. Esto implica que, una vez conociendo los caminos para la obtención de datos y manejando mejor los tiempos de recolección de información, se puede destinar tiempo para mayores precisiones e incorporaciones como puede ser incluir los materiales adquiridos para la remodelación de las instalaciones, el transporte estudiantil, la generación de GEI por parte de la cafetería de la institución; entre otros puntos que en esta investigación han quedado fuera.

También es recomendable que se realice el cálculo de la Huella de Carbono por lo menos una vez al año, así como una autoevaluación de las emisiones de GEI de las actividades, de manera que se puedan determinar comparaciones a futuro, las cuales identifiquen tendencias en cuanto a emisiones de GEI en la organización a través del tiempo. Se recomienda que, a través de cada nueva evaluación, se profundice la medición; buscando nuevos enfoques de reducciones.

### *B. Recomendaciones para la reducción de la huella de carbono*

#### *I. Energía*

El consumo eléctrico representa la categoría más alta en la huella de carbono obtenida en la Facultad de Ingeniería y Negocios. En base a esto, se deben focalizar los esfuerzos en este apartado, para lograr reducir las emisiones generadas en los años próximos.

Para comenzar un plan de acción con respecto a la energía eléctrica consumida, es indudablemente recomendable el desarrollar un Sistema de Gestión Energético (SGE) mediante la Norma ISO 50001:201. Ésta sirve para planificar, implementar y verificar políticas energéticas, las cuales pueden ser medidas y analizadas, dando lugar a una mejora continua mediante la aplicación de acciones correctivas y preventivas.

De acuerdo a un análisis realizado por el Ministerio Federal Alemán del Medio Ambiente, Conservación Natural y Seguridad Nuclear (BMUB, por sus siglas en alemán), el tener un SGE conduce a una reducción tanto de costos, como de gases de efecto invernadero, lo que significa una reducción mínima de 30%, y una máxima del 50% en menos de 3 años [55], conduciendo a un cambio considerable en el consumo de energía eléctrica en la Facultad.

Con esto se fomentaría el ahorro de energía, la mejora en el desempeño energético, la disminución de emisiones de gases que provocan el cambio climático, el incremento de energías renovables y la mejora de la gestión de la demanda energética.

Durante la aplicación de un sistema de gestión energética, se necesitan, adicionalmente, formular acciones que den lugar a un ahorro de consumo eléctrico. Se recomiendan las siguientes acciones:

- Cambiar hábitos culturales del derroche eléctrico; crear consciencia de la relevancia de apagar todo aquello que no se esté utilizando mediante campañas.
- Desconectar equipos electrónicos que no se utilizan constantemente.
- Limpiar lámparas y bombillas regularmente, pues la presencia de polvo o insectos supone una pérdida de eficiencia de la iluminación.
- Implementar sistemas de control de tiempo en los sistemas de iluminación, para que se apaguen las luces en base a un horario establecido y evitar que las mismas estén encendidas más tiempo del necesario.
- Instalar sistemas de control de luz natural, de ser posible, ya que estos sistemas se basan en la instalación de una serie de fotocélulas que se utilizan para apagar la iluminación cuando la luz natural es suficiente y, también, cuando las luces

disponen de balastos electrónicos regulables, para ajustar la intensidad de las lámparas en función de la luz diurna disponible.

- Reemplazar los focos existentes por focos ahorradores de luz con tecnología LED, con los cuales se pueden lograr ahorros de hasta un 50%.
- Valorar la posibilidad de la instalación de energía renovable, ya que puede ser utilizada para permitir el autoabastecimiento de energía, la producción de agua caliente sanitaria y la refrigeración y calefacción de espacios.
- Comprar equipos electrónicos de mayor eficiencia energética, ya sean computadoras, impresoras, fotocopiadores, escáner, equipos de aire acondicionado, etc.

## *II. Residuos Sólidos*

La generación de residuos sólidos es la segunda categoría con mayor producción de emisiones de GEI en la Facultad de Ingeniería y Negocios. Esto significa que, además de focalizar esfuerzos en el consumo de energía eléctrica, también es de suma importancia el plantear estrategias y acciones que permitan disminuir emisiones en esta categoría.

Las recomendaciones planteadas para este apartado son las siguientes:

- Realizar auditorías en cuanto a residuos sólidos, para observar qué tipos de materiales contiene en su constitución. De esta forma, se puede realizar un plan para aplicar el principio de las 3 R's: Reducir, Reusar y Reciclar. Los resultados de una auditoría de este tipo ayudará a la organización a determinar qué áreas necesitan trabajarse y cómo empezar, de la mejor manera, un programa de reducción de basura.
- Elaborar proyectos que generen interés en el tema de residuos sólidos como un problema medio ambiental, los cuales incluyan enfoques de cómo prevenir la gran producción de residuos sólidos, la comprensión de dónde termina la basura, y la exploración de cómo estos problemas de basura tienen un impacto no solamente en la Facultad, sino también localmente, a nuestro alrededor.
- Abrir paso a la creación de un centro de depósito de composta. Esto no solamente reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y el traslado

de residuos sólidos al basurero, sino también es de gran ayuda en cuanto al florecimiento de vegetación en la Facultad.

- Establecer pequeños centros de clasificación y reciclado de materiales. En la Facultad ya existen botes de basura etiquetados para la clasificación de residuos sólidos, pero es importante que se traten con seriedad, además de poner más de éstos en las instalaciones en donde no se encuentren establecidos. Esto permitirá un reciclado más sencillo de los materiales.

### *III. Consumo de papel, tóner y tinta; combustible móvil*

De manera general, estas categorías también hicieron su aporte en cuanto a emisiones de GEI. Si bien sus emisiones fueron considerablemente menores a los dos rubros anteriores (energía y residuos sólidos), se pueden establecer e impulsar estrategias para reducir su impacto ambiental. En este tipo de recomendaciones se detallan acciones para reducir el uso de combustible fósil y reducir las emisiones, así como también impulsar el uso racional y eficiente de papel e insumos.

- Analizar las rutas de viaje de los vehículos oficiales para reordenarlos en rutas más eficientes de ser necesario.
- Mantener una base de datos de no solamente el consumo de gasolina, sino también de los kilómetros recorridos; además de las fechas cuando se realiza el mantenimiento de los vehículos.
- Considerar vehículos de mayor rendimiento para futuros cambios de flota, sugiriendo considerar vehículos de menor consumo de combustible, de manera que esto se vea reflejado en una menor cantidad de emisiones generadas por concepto de quema de combustible fósil.
- Promover la facturación electrónica y digitalización, siempre que sea posible. De igual forma, promover entre la comunidad universitaria la entrega de trabajos y tareas digitales, especialmente si se tratan de trabajos que requieren de un gran número de hojas para su impresión.

- Aprovechar ambos lados de la hoja. Construir espacios para el depósito de hojas que se pueden utilizar de nuevo, ya sea para el desarrollo de cálculos o escritos que no necesiten ser entregados en hojas vírgenes.
- Reciclar el papel después de utilizar ambas caras, facilitando su reciclaje colocando cestos o carpetas en oficinas, salas y salones.
- Promover la doble faz en impresiones; utilizar las hojas de descarte (impresiones mal hechas) para reimpresión o como anotadores.
- Comprar papel reciclado y no procesado con cloro para su blanqueo.
- Promover el uso de pizarrones electrónicos y archivos digitales.
- Verificar escritura, redacción y formato en documentos antes de imprimirse, esto para evitar posibles reimpressiones.

## 5. Discusión y Conclusiones

El desarrollo de esta investigación demostró que, para comenzar a construir un camino de sustentabilidad, el primer y más importante paso es medir. Esto conlleva a una planeación meticulosa de qué y cómo medir, basada en objetivos y metas que se adecuen a los propósitos y deseos de la organización.

En el caso de la Facultad de Ingeniería y Negocios, el cálculo de la huella de carbono permitió identificar y reconocer, por vez primera, las áreas en donde el impacto más grande en cuanto a emisiones de GEI fue generado. Esto se constituye como el puntapié inicial para focalizar recursos y esfuerzos en la disminución de emisiones generadas, construyendo estrategias que conlleven tanto a una gestión efectiva, como a una mejora continua.

Con los datos obtenidos en esta investigación, se espera dar paso a la aplicación de las estrategias recomendadas ya antes mencionadas. De desarrollarse éstas, la Facultad de Ingeniería y Negocios podrá disminuir su huella de carbono hasta un 50% en un plazo mínimo de dos años, ya que, en comparación a otras unidades académicas de gran tamaño (con emisiones de GEI que usualmente sobrepasan las 400,000 toneladas de dióxido de carbono equivalente), la FIN tiene un territorio y comunidad de cerca de mil personas, lo que da lugar a una gran ventaja para el florecimiento exitoso de su sustentabilidad.

Claro que, debido a la demanda educativa que posee la Universidad Autónoma de Baja California, la FIN es indudablemente propensa a crecer en territorio y población durante los próximos años, lo que significaría un impacto en la capacidad de la unidad académica para cumplir con los objetivos de reducción. Es por ello que es de suma importancia el tener metas a corto plazo, para llevar a cabo mediciones y evaluaciones periódicas, las cuales se deben realizar, por lo menos, una vez al año.

A través de este estudio se muestra la existencia de oportunidades inmediatas para la reducción de la huella de carbono en distintas áreas, sobre todo dentro del consumo energético. Ya que constituye más del 90% de la huella de carbono obtenida, es necesario que se desarrollen políticas de conservación y energía en la Facultad, las cuales deberán ser

aprobadas por las máximas autoridades de la institución de educación superior y adoptadas por la comunidad universitaria, ya que del grado de su involucramiento, depende el éxito.

Por ello, el continuar fomentando una educación ambiental y la apertura de proyectos de gestión que permitan incentivar a los participantes hacia la mejora de la sostenibilidad en la unidad académica es esencial.

Se debe mencionar que a pesar de que el objetivo de esta investigación (determinar la huella de carbono en la FIN) fue cumplido, aún deben realizar más esfuerzos en la recopilación y actualización de datos, para que, en futuras mediciones, sea posible la realización de cálculos más completos, en donde se incluyan análisis de ciertas actividades (tales como el transporte por parte de los alumnos y personal docente, el uso de la cafetería, etc.) que no fueron incluidas debido a la falta de datos concretos.

Se espera que esta investigación sea expandida, de forma que sirva como base para nuevos estudios, implementaciones e información de actividades, así como para la creación de herramientas y proyectos que puedan ser de uso para la institución en su camino hacia la sustentabilidad de calidad. El obtener por primera vez la huella de carbono en una organización abre paso a futuros planes, brindando la oportunidad de que surjan nuevos indicadores para la gestión y mejora continua de actividades.

## 6. Bibliografía

- [1] Global Footprint Network (2016). *Press Release Spanish*. Recuperado de: <http://www.overshootday.org/newsroom/press-release-spanish/>
- [2] National Geographic (2015). *Our Carbon Footprint*. <http://www.environment.nationalgeographic.com/environment/nationalgeographicsustainability/carbon-footprint>
- [3] Berners-Lee, M. & Clark, D. (Junio 4, 2010). *What is a carbon footprint?* [Mensaje en un blog]. <http://www.theguardian.com/environment/blog/2010/jun/04/carbonfootprintdefinition>
- [4] Mengpin, G., Friedrich J. & Damassa T. (Noviembre 25, 2014). *6 Graphs Explain the World's Top 10 Emitters* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://wri.org/blog/2014/11/6-graphs-explain-world%E2%80%99s-top-10-emitters>
- [5] Centro de Estrategias Climáticas (2011). *Greenhouse Gas Emissions in Baja California and Reference Case Projections 1990-2025*. Recuperado de: <http://www.climatestrategies.us/library/library/view/923>
- [6] Tokuç, A. & Köktürk, G (2015). *Carbon Neutrality in University Campuses*. Recuperado de: <http://www.inase.org/library/2014/athens/bypaper/ENVEC/ENVEC-05.pdf>
- [7] Gutowski, T. (2016). *Can A University Become Carbon Neutral?* Recuperado de: <http://web.mit.edu/fnl/volume/292/gutowski.html>
- [8] Universidad Autónoma de Baja California (2015). *Plan de Desarrollo Institucional 2015-2019*. Recuperado de: <http://www.uabc.mx/planeacion/pdi/2015-2019/PDI-2015-2019.pdf>
- [9] Norton, B. (2015). *Sustainable Options, Sustainable Change: A Guide to Environmental Decision Making*. DOI: 10.7208/Chicago/9780226187593.001.0001
- [10] Guerra, A. & Castellanos, E. (2007). *El cambio climático y sus efectos sobre el desarrollo humano en Guatemala*. ISBN: 978-99939-909-9-4.
- [11] Departamento de Medio Ambiente Australiano (2009). *Greenhouse effect*. Recuperado de: <http://www.environment.gov.au/climate-change/climate-science-data/climate-science/greenhouse-effect>
- [12] Wackernagel, M. & Rees, W. (1998). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. ISBN: 086571312X
- [13] Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2015). *Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*. Recuperado de: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

- [14] Comisión de Medio Ambiente del Colegio Oficial de Físicos. *Cambio climático: Hacia un nuevo modelo energético*. Recuperado de: <https://www.cofis.es/pdf/libros/cambclim.pdf>
- [15] United States Environmental Protection Agency (2017). Sources of Greenhouse Gas Emissions. Recuperado de: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>
- [16] Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente (2016). *Gases fluorados*. Recuperado de: [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases\\_fluorados.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases_fluorados.aspx)
- [17] Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2001). 1era comunicación nacional sobre cambio climático. Recuperado de: <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/581.pdf>
- [18] Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (2015). ¿Qué es un inventario de gases de efecto invernadero? Recuperado de: <http://ambientebogota.gov.co/cs/que-es-un-inventario-de-gases-efecto-invernadero>
- [19] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. Recuperado de: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf\\_inegei\\_public\\_2010.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf)
- [20] Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (2010). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Baja California y Proyecciones de Casos de Referencia 1990-2025. Recuperado de: [http://www.cocef.org/uploads/files/inventario\\_emisiones\\_gei\\_baja\\_california\\_junio\\_2010.pdf](http://www.cocef.org/uploads/files/inventario_emisiones_gei_baja_california_junio_2010.pdf)
- [21] Valderrama, J. O., Espíndola, C., & Quezada, R. (2011). *Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias*. Formación universitaria, 4(3), 3-12.
- [22] Borquéz, R. (2010). *La huella de carbono*. Publicaciones fundación Terram, 26.
- [23] One Planet Economy Network (2011). *Integrating Ecological, Carbon and Water Footprint: Defining the “Footprint Family” and its Application in Tracking Human Pressure on the Planet*. Recuperado de: [http://www.oneplaneteconomynetwork.org/resources/programme-documents/WP8\\_Integrating\\_Ecological\\_Carbon\\_Water\\_Footprint.pdf](http://www.oneplaneteconomynetwork.org/resources/programme-documents/WP8_Integrating_Ecological_Carbon_Water_Footprint.pdf)
- [24] Franchetti, M. J., & Apul, D. (2012). *Carbon footprint analysis: concepts, methods, implementation, and case studies*. CRC Press.
- [25] Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). *A definition of ‘carbon footprint’*. Ecological economics research trends, 1, 1-11.

- [26] Pipartner Group (2015). *Huella de Carbono: Ventajas y Proceso*. Recuperado de: [http://pipartnergroup.com/wp-content/uploads/2015/09/Fundamentos-Huella-de-Carbono\\_Pipartner-Group.pdf](http://pipartnergroup.com/wp-content/uploads/2015/09/Fundamentos-Huella-de-Carbono_Pipartner-Group.pdf)
- [27] Carbon Trust (2013). *Carbon footprinting guide*. Recuperado de: <https://www.carbontrust.com/resources/guides/carbon-footprinting-and-reporting/carbon-footprinting/>
- [28] Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) (2007). *Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono*. Recuperado de: [http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel\\_2/Bitacora/Entradas/2011/9/15\\_Informe\\_Enfoques\\_metodologicos\\_para\\_el\\_calculo\\_de\\_la\\_Huella\\_de\\_Carbono\\_del\\_Isntituo\\_de\\_la\\_Sostenibilidad\\_en\\_Espana\\_files/Informe%20OSE.pdf](http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Bitacora/Entradas/2011/9/15_Informe_Enfoques_metodologicos_para_el_calculo_de_la_Huella_de_Carbono_del_Isntituo_de_la_Sostenibilidad_en_Espana_files/Informe%20OSE.pdf)
- [29] PriceWaterCoopers (2015). *Elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero*. Recuperado de: <https://www.pwc.com/mx/es/servicios-sustentabilidad/elaboracion-inventarios-gases-efecto.html>
- [30] World Resources Institute (2014). *Greenhouse Gas Protocol*. Recuperado de: <http://www.wri.org/our-work/project/greenhouse-gas-protocol>
- [31] Lloyd's Register LRQA (2013). *Effective ISO 14064 validation and verification*. Recuperado de: <http://www.lrqa.com/Images/49534-.pdf>
- [32] Organización Internacional de Estandarización (ISO) (2016). *ISO 14064-1:2006*. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/38381.html>
- [33] Global Reporting Initiative (2015). *Guía para la elaboración de memorias de Sostenibilidad*. Recuperado de: <http://www.globalreporting.org/guidelines/SpanishTranslation.pdf>
- [34] Instituto de Ética y Calidad en el Agro (2014). *Global Reporting Initiative (GRI)*. Recuperado de: <http://www.eticagro.org/modules/smartsection/item.php?itemid=36>
- [35] Pon, D. & Pon, J. (2009). *Evaluando el impacto climático del consumo: La huella de carbono*. Recuperado de: [http://minuartia.com/data/publicacions/sost/3108091108\\_0901sosthuellacarbonoconamaespminuartia.pdf](http://minuartia.com/data/publicacions/sost/3108091108_0901sosthuellacarbonoconamaespminuartia.pdf)
- [36] Centro Español de Metrología (2014). *Informe de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en 2013*. Recuperado de: [http://www.cem.es/sites/default/files/huella\\_de\\_carbono\\_en\\_el\\_cem\\_2013.pdf](http://www.cem.es/sites/default/files/huella_de_carbono_en_el_cem_2013.pdf)
- [37] Riddell, W., Bhatia, K. K., Parisi, M., Foote, J., & Imperatore III, J. (2009). *Assessing carbon dioxide emissions from energy use at a university*. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(3), 266-278.
- [38] Utaraskul, T. (2015). *Carbon Footprint of Environmental Science Students in Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, 1156-1160.

- [39] Toro Jordano, A. D., Aguilar Moreno, J. E., Guijarro Jiménez, C., Vaquero Abellán, M., Gomera Martínez, A., & Antúnez López, M. (2015). *La huella de carbono de la Universidad de Córdoba*. 2014.
- [40] Rodas, S. (2014). *Estimación y Gestión de la Huella de Carbono del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar*. Tesis. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Recuperado de: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/15/Rodas-Sofia.pdf>
- [41] Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste (2013). *¿Qué es sustentabilidad?* Recuperado de: <http://ccgss.org/sustentabilidad/>
- [42] Agencia de Protección Medioambiental Estadounidense (2016). *Sustainability*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/sustainability>
- [43] Ayuntamiento de Huelva (2016). *La educación ambiental: Sensibilización y concienciación ambiental*. Recuperado de: <http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/educacion-ambiental/sensibilizacion-y-concienciacion-ambiental.asp>
- [44] Odebrecht (2014). *Política sobre Sostenibilidad*. <https://www.odebrecht.com/es/sostenibilidad/es-politica-sobre-sustentabilidad-es-responsabilidad-ambiental>
- [45] Nuñez C. & Méndez O. (2003). *Diagnóstico organizacional de la gasolinera “La Recta” para realizar la propuesta de implementación de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2000*. Tesis. Recuperado de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lad/barroeta\\_n\\_c/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/barroeta_n_c/)
- [46] Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2013). *Managing for quality and performance excellence*. Cengage Learning.
- [47] Aguirre R. (2014). *Mejora Continua*. Recuperado de: <http://www.cmicvictoria.org/wp-content/uploads/2012/06/GU%C3%8DA-MEJORA-CONTINUA.pdf>
- [48] Charantimath, P. (Ed.). (2011). *Total Quality Management*. India. Editorial Pearson. Global Footprint Network (2016).
- [49] The W. Edwards Deming Institute (2016). *PDSA Cycle*. Recuperado de: <https://deming.org/explore/p-d-s-a>
- [50] Muthu, S.S. (Ed.). (2016). *The Carbon Footprint Handbook*. Estados Unidos. Editorial CRC Press.
- [51] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2015). *Aviso para el reporte del Registro Nacional de Emisiones*. Recuperado de: [http://www.geimexico.org/image/2015/aviso\\_factor\\_de\\_emision\\_electrico%202014%20Semarnat.pdf](http://www.geimexico.org/image/2015/aviso_factor_de_emision_electrico%202014%20Semarnat.pdf)

- [52] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC\\_2014\\_FE\\_tipos\\_combustibles\\_fosiles.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf)
- [53] Agencia de Protección Ambiental (2014). *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado de: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors\\_2014.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014.pdf)
- [54] Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (2017). *Evolución de los Precios de las Gasolinas en México, 2016-2017*. Recuperado de: <http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2017/notacefp0012017.pdf>
- [55] Ministro Federal Alemán para el Medio Ambiente, Conservación Natural y Seguridad Nuclear (2010). *Energy Efficiency*. Recuperado de: <http://www.bmub.bund.de/en/topics/climate-energy/energy-efficiency/general-information/>