



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO  
Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR EL USO DE BANDEJAS DE  
POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL EMPAQUE DE PIEZAS DE POLLO EN  
SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Oscar David Morales Méndez**

Asesorado por el MSc. Ing. Jorge Ivan Cifuentes Castillo

Guatemala, agosto de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO  
Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR EL USO DE BANDEJAS DE  
POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL EMPAQUE DE PIEZAS DE POLLO EN  
SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**OSCAR DAVID MORALES MÉNDEZ**

ASESORADO POR EL MSC. ING. JORGE IVAN CIFUENTES CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Mario Alberto Miranda
EXAMINADOR	Ing. Edgar Florencio Montufar Urizar
EXAMINADOR	Ing. Pedro Enrique Kubes Zaceck
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO  
Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR EL USO DE BANDEJAS DE  
POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL EMPAQUE DE PIEZAS DE POLLO EN  
SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 28 de octubre de 2013.



**Oscar David Morales Méndez**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala



**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
 Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

**ADSE-MEAPP-009-2015**

Guatemala, 16 de julio de 2015.

Director:  
**Guillermo Antonio Puente Romero**  
 Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
 Presente.

Estimado Director:

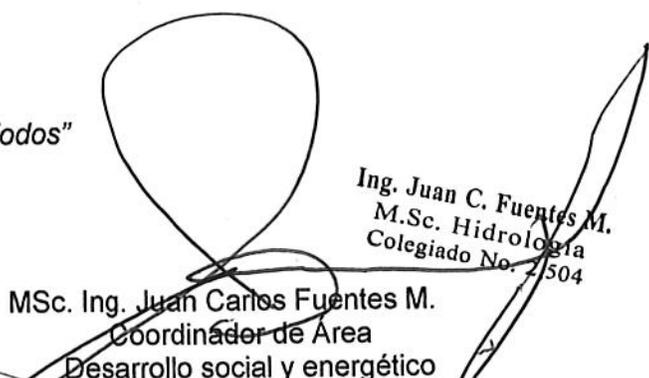
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Oscar David Morales Méndez** carné número **91-12831**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
 MSc. Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo  
 Asesor (a)

  
 MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.  
 Coordinador de Área  
 Desarrollo social y energético

Ing. Juan C. Fuentes M.  
 M.Sc. Hidrología  
 Colegiado No. 2504

*Jorge Ivan Cifuentes Castillo*  
 Master en Ciencias Ingeniero Mecánico  
 Colegiado No. 3413

  
 MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
 Director  
 Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
 /la



REF. EIME 105.2015.

Guatemala, 26 de MAYO 2015.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR EL USO DE BANDEJAS DE POLIESTRENO EXPANDIDO EN EL EMPAQUE DE PIEZAS DE POLLO EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar David Morales Méndez**, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

¡D Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR EL USO DE BANDEJAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL EMPAQUE DE PIEZAS DE POLLO EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar David Morales Méndez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, agosto de 2015

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
RESUMEN.....	V
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	9
3. OBJETIVOS .....	15
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
5. JUSTIFICACIÓN .....	19
6. ALCANCES.....	23
7. MARCO TEÓRICO.....	25
7.1. El cambio climático.....	25
7.1.1. Calentamiento global.....	27
7.1.2. Gases de efecto invernadero.....	28
7.1.3. Medición de los gases de efecto invernadero.....	29
7.2. Análisis de Ciclo de Vida (ACV) .....	30
7.3. Metodología PAS 2050 para la medición de huella de carbono.....	31
7.4. Poliestireno expandido .....	33

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO .....	35
9.	METODOLOGÍA .....	39
9.1.	Fase 1. Investigación sobre el uso del poliestireno en la industria alimenticia y su impacto ambiental .....	41
9.2.	Fase 2. Investigación sobre los diferentes enfoques e interpretaciones del concepto “huella de carbono” en el tiempo y los métodos para medirlo .....	41
9.3.	Fase 3. Delimitación del sistema para realizar el mapa de Ciclo de Vida (ACV) .....	41
9.4.	Fase 4. Cálculo de la huella de carbono .....	47
9.5.	Fase 5. Cálculo de la energía eléctrica total usada en el ciclo de vida .....	48
9.6.	Fase 6. Análisis de los resultados y conclusiones .....	49
9.7.	Fase 7. Elaboración del informe final .....	49
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	51
11.	CRONOGRAMA .....	53
12.	RECURSOS NECESARIOS .....	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	57

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Residuos sólidos urbanos .....	9
2.	Composición de residuos sólidos domiciliarios plásticos .....	11
3.	Producción de plásticos en millones de toneladas a nivel mundial .....	12
4.	Impactos de eventos extremos producto interno bruto, periodo 1996-2006 .....	27
5.	Concepto de la perspectiva de un análisis de ciclo de vida .....	43

### TABLAS

I.	Variables de estudio .....	40
II.	Presupuesto .....	55



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación, diseñó la investigación de estimación de la huella de carbono y consumo de energía eléctrica, por el uso de bandejas de poliestireno expandido en el empaque de piezas de pollo en supermercados de la ciudad de Guatemala.

La mayoría de empresas han creado y desarrollado sus empaques y envases basándose únicamente en los criterios de mercadotecnia y conveniencia y hasta el momento no se ha tomado el factor de sustentabilidad. Es necesario entonces conocer y aplicar las herramientas que nos permiten medir el impacto ambiental de los empaques que se están produciendo.

Por ello, el presente trabajo en específico se estudia el empaque de piezas de pollo para supermercado usando bandejas de poliestireno.



# 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo medir el impacto ambiental que genera el uso de bandejas de poliestireno en el empaque de piezas de pollo, que la industria avícola ha introducido en los últimos años a nivel de cadenas de supermercados en el país, midiendo la cantidad de kilogramo de dióxido de carbono que se genera, así como la cantidad de energía eléctrica que se consume en todo el proceso.

Esta nueva presentación se introdujo por parte de los productores y comercializadores de carne de pollo al consumidor, para ofrecerle la ventaja competitiva de conveniencia, ya que el consumidor ya no debe cortar el pollo previo a la preparación del alimento. Esta categoría de empaque de pollo ha tenido una gran demanda debido en parte a las características y hábitos de la sociedad actual, que cada vez tiene menos tiempo y que ha visto como la mujer ha ingresado al campo laboral, además que permite al productor obtener un mejor margen al darle un valor agregado a la proteína.

Para medir dicho impacto ambiental se usará como variable cuantitativa la huella de carbono que genera este tipo de empaque a lo largo de su ciclo de vida. La huella de carbono es una de las formas más simples que existen de medir el impacto o la marca que deja una persona, actividad o producto sobre el planeta y consiste en un recuento de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades cotidianas o a la comercialización de un producto. Por lo tanto, la huella de carbono es la medida del impacto que provocan las actividades del ser humano en el medio ambiente y se determina según la cantidad de emisiones de gases de efecto

invernadero (GEI) producidos, medidos en unidades de dióxido de carbono equivalente.

Se medirá también la cantidad de energía eléctrica que se requiere para todos los procesos del ciclo de vida de este empaque. Empezando desde su proceso de producción, siguiendo con su uso hasta su desecho final medida en kilovatios hora (kWh).

Identificar las fuentes de emisiones de GEI de las bandejas de poliestireno, en todo el proceso productivo, permitirá definir estrategias de reducción de emisiones más efectivas y ahorros de costo debido al mejor conocimiento de los puntos críticos para la reducción de emisiones. Además, al conocer la huella de carbono de un producto se genera un compromiso por parte de los consumidores por reducir su propio impacto sobre el cambio climático.

Se ha decidido también como parte de esta investigación evaluar la cantidad de energía que se utiliza en todos los procesos que se identifiquen en el ciclo de vida del producto, esto debido a que el consumo de energía eléctrica se ha relacionado de forma directa al cambio climático. La mayoría de los países desarrollados y en vías de desarrollo han implementado políticas agresivas que promueven la conservación y el uso eficiente de la energía. En este sentido es importante evaluar todos los hábitos del ser humano así como el gasto energético de cualquier producto o proceso. La medición del consumo energético dará un valor total de la energía consumida en Guatemala por el uso de este empaque en las cadenas de supermercados.

Si se toma en cuenta que el crecimiento del consumo de energía eléctrica en Guatemala ha sido uno de los más altos de la región (Cepal, 2014), y que se

ha determinado que la conservación y uso eficiente de la energía eléctrica es uno de los pilares para el desarrollo de un país, se puede ver la importancia que tiene medir los gastos de energía que genera cualquier producto o proceso.

El poliestireno expandido fue sintetizado y usado industrialmente en 1930 y a partir de entonces se le han encontrado muchas aplicaciones en diferentes industrias y actividades humanas. Entre sus propiedades resaltan su baja densidad, su alto aislamiento térmico y que carece de nutrientes para los microorganismos. También tiene la característica que es fácilmente moldeable. Estas propiedades han hecho que el poliestireno sea un material ideal para el empaque de alimentos perecederos como bandejas, tazas y platos desechables.

Sin embargo, las bandejas y productos de poliestireno tienen el efecto perjudicial de que ocupan mucho espacio y por lo tanto se vuelve un problema serio para la gestión de rellenos sanitarios y basureros municipales. Debido a los hábitos de consumo de las sociedades actuales donde se ha puesto como prioridad la conveniencia y la rapidez, el poliestireno ha crecido en producción año con año, lo que ha incrementado los problemas en el manejo de desechos sólidos urbanos y en la contaminación de lagos, ríos y mares.

El fenómeno de usar una nueva tecnología o producto novedoso sin pensar en las consecuencias e impactos directos e indirectos ha sido una constante en el presente y en el último siglo. Esto se debe en parte a que no existía una conciencia del impacto que causan las actividades del ser humano en el ambiente y también a que no había un parámetro de acuerdo común que pueda medir el impacto de una actividad humana en el medio ambiente.

Se hicieron varios intentos para buscar una variable de común acuerdo para los científicos, ambientalistas y políticos que midiera el impacto ambiental de cualquier actividad humana. En el 2001 Wackernagel y Rees crearon el concepto de "huella ecológica" y la definieron como "una herramienta contable que permite estimar los requerimientos en términos de recursos y asimilación de desechos de una determinada población o economía, expresados en áreas de tierra productiva".

La huella ecológica se compone de varias subhuellas, y entre estas la principal es la "huella de carbono" cuyo impacto en la "huella ecológica total es de alrededor del 50 % (WWF, 2008). Esta variable de medición se enfoca más en el impacto total de poblaciones, por lo que luego surgió el término "huella de carbono" para poder tener una medida más específica del impacto ambiental de las "actividades humanas".

La Cepal define el término huella de carbono (Schneider, Samaniego 2009, p. 78.) como la "cantidad de gases de efecto de invernadero emitidos a la atmósfera derivados de la actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos". Aunque ha tomado auge a nivel mundial este concepto o idea lo cierto es que no ha habido un consenso a nivel mundial acerca de su definición teórica y la forma correcta de medirlo. En un intento por definir el concepto y establecer los criterios para normar como medir este valor Wiedmman y Minx en el 2007 identificaron al menos 8 definiciones diferentes emitidas por organismos como Carbon Trust, Global FootPrint Network, Grub & Ellis, entre otros. Tomando en cuenta todas las diferentes definiciones y teorías propusieron la siguiente definición. "La huella de carbono es la medida de la suma total de emisiones de dióxido de carbono que son directa o indirectamente causadas por una actividad o las emisiones acumuladas a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto".

La medición de la huella de carbono se puede aplicar a cualquier actividad humana, a un territorio, a un sector productivo, a un negocio, a un producto o a una persona. Las primeras metodologías para medir la huella de carbono surgieron de los mecanismos de desarrollo limpio y EU-ETS (European Union Emissions Trading Scheme) que se aplicaban a proyectos internacionales y a países que se comprometieron a bajar la emisión de gases de efecto de invernadero (GEI) en el Protocolo de Kyoto. Sin embargo, estas metodologías son muy amplias y poco detallistas por lo que no son aplicables a actividades más simples y productos o servicios de una empresa en particular.

Se han desarrollado a nivel mundial varias metodologías para medir la huella de carbono. La Cepal identifica 3 marcos metodológicos para América Latina tomando en cuenta principalmente que es muy probable que en un futuro cercano los productos que se exporten de América Latina, hacia Europa, Estados Unidos y Japón, serán sujetos a una medición del impacto ambiental, y si no cumplen con la huella de carbono máxima que se establezca legalmente no podrán ser importados a estos países. Estos marcos metodológicos son :

- Green House Gas Protocol (GHG protocol USA)
- Bilan Carbone (Francia)
- PAS 2050/2060 (Inglaterra)

La metodología PAS 2050 fue diseñado por el British Standard Institute (BSI) en el 2007, y ha adquirido una gran popularidad a nivel mundial. El International Standard Organization (ISO) está utilizando esta metodología como base para una nueva norma que está desarrollando la ISO 14.067 y que tiene como objetivo llegar a ser la referencia a nivel internacional. Tiene la ventaja importante para países centroamericanos a diferencia de los otros que

está disponible sin costo. Otra característica es que esta enfocada a “productos o servicios”.

Por las razones anteriores es que se decide para este trabajo, usar esta metodología para medir la huella de carbono de las bandejas de poliestireno expandido en la ciudad de Guatemala, así como también la cantidad de energía requerida en todo el ciclo de vida del producto.

Este trabajo representa una suma a este esfuerzo mundial y servirá para que productores, comerciantes y consumidores puedan medir el impacto ambiental de este material de empaque, de una manera cuantificable más que cualitativa, lo cuál permitirá su comparación con otras alternativas y impulsará el desarrollo y la creatividad de los productores para bajar este impacto y poder medirlo.

En el capítulo 1 se revisará en detalle el poliestireno expandido, comenzando por su historia y siguiendo con su caracterización, categorización, beneficios que provee al ser humano por sus características de baja densidad, inocuidad y bajo costo entre otros, así como los daños al medio ambiente que se han detectado. Se explicará la propiedad de reciclabilidad y la legislación vigente acerca de su uso en otros países así como en la República de Guatemala.

En el capítulo 2 se definirá el término científico “huella de carbono” y de como se llegó a este concepto a lo largo de varios años de desacuerdos entre los principales organismos ambientales del mundo. Se enumerarán y explicarán brevemente también los distintos métodos que se han desarrollado para medir la “huella de carbono” detallando las ventajas y desventajas de cada uno así como la idoneidad de cada uno dependiendo del producto, actividad o servicio

al cual se quiera medir su “huella de carbono”. Por último se describirán los acuerdos principales del Protocolo de Kyoto relativos a la “huella de carbono”.

En el capítulo 3 se explicará la herramienta metodológica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que sirve para evaluar el impacto ambiental de un producto o servicio de una manera holística, es decir, que incluye desde su creación hasta su desecho. Se definirán los distintos tipos de enfoques que existen y cuál es el más idóneo dependiendo del producto o servicio que se quiera analizar y al final se explicará como se ha estandarizado esta herramienta en las Normas ISO 14040 e ISO 14044.

En el capítulo 4 se explicará la metodología PAS 2050 para la medición de huella de carbono de productos o servicios. Esta es una de las metodologías más aceptada a nivel mundial. Luego se hará un resumen de la metodología y se expondrán los conceptos teóricos más importantes como unidad funcional, mapa de proceso, ciclo de vida y factores de emisión. También se expondrán las ventajas y desventajas de la metodología así como sus limitaciones. Se indicará como se medirá el consumo de energía eléctrica total en todo el ciclo de vida del producto por unidad funcional.

En el capítulo 5 se expondrá como el consumo de energía eléctrica está en directa relación con la emisión de gases de efecto invernadero y como es de importancia nacional el buen uso de este recurso. También se revisarán los consumos actuales de energía y su proyección a años futuros así como sus costos asociados. Por último, se revisará como la Política Energética 2013-2027 recién formulada por el Ministerio de Energía y Minas busca, promueve y regula la conservación y uso eficiente de la energía eléctrica.



## 2. ANTECEDENTES

En un estudio realizado por el Programa Ambiental Regional para Centroamérica (Proarca) en el 2004, sobre la cantidad de residuos plásticos que se generan en Guatemala. Se encontró que existen 7 categorías de plásticos en los RSU (residuos sólidos urbanos) que se generan:

- Polietileno tereftalato (PET)
- Polietileno de alta densidad (PE-HD)
- Polietileno de vinilo (PVC)
- Polietileno de baja densidad (PE-LD)
- Polipropileno (PP)
- Poliestireno (PS)
- Otros

Figura 1. **Residuos sólidos urbanos**

Material	Usos comunes
PET	Botella de refrescos carbonatados, recipientes para comida.
PE-HD	Botella de leche, botella de detergente, productos en forma de lámina como bolsa, otros.
PVC	Recipientes domésticos y empaques de comida; tuberías; aislante de alambre y cable eléctrico.
PE-LD	Envase de película fina y envoltorios; pañuelos desechables; otros materiales de lámina; materiales para agricultura y construcción.
PP	Cajas para botellas, maletas, tapas de recipiente y etiquetas; cajas para acumuladores de automóviles; envases de comida.
PS	Vasos y platos de espuma, cubiertos descartables; artículos moldeados por inyección.
Otros	Plásticos

Fuente: MAYORGA, Pablo. *Desechos especiales en Guatemala*. p. 56.

Se agregan diferentes aditivos químicos como colorantes, ablandadores, suavizantes, estabilizadores a estos plásticos dependiendo de las características y propiedades que se le quieran dar al producto final. Por lo anterior se calcula que existen cerca de 3 000 tipos de productos plásticos finales en el mercado. Dos productos hechos del mismo plástico pueden tener características diferentes lo que dificulta el proceso de reciclado.

Los plásticos no se pueden reciclar completamente y siempre se obtiene un producto de menor calidad que el producto original. Aunque muchos de estos productos hechos con base en plástico, proclaman ser reciclables no lo son en la práctica.

Es una realidad que todos los productos que se introducen a los mercados de consumo requieren de un envase o embalaje para su transporte, conservación, mercadeo o conveniencia del consumidor. Este comportamiento humano tiene un alto impacto en el ambiente que la mayoría de los productores y usuarios desconocen. En países desarrollados se ha visto en los últimos años una tendencia a reducir el impacto ambiental por exceso de empaques. Nuevos términos como “ecodiseño” han tenido una gran difusión para rediseñar todos los empaques y embalajes a nivel general. Se han planteado metodologías de ciclo de vida de un producto para cuantificar el impacto ambiental.

Según el *Estudio de factibilidad del uso de instrumentos económicos para el manejo apropiado de desechos de alto impacto ambiental en Guatemala* elaborado por CCAD-PROSIGA en el 2003, los residuos plásticos suponen un 20 % en volumen y un 8 % en peso de los residuos sólidos urbanos, frente al 34 % en volumen y 40 % en peso de los residuos de papel y derivados y el 3 % en volumen y 7 % en peso de residuos de alimentación.

El estudio de Proarca establece diversos porcentajes sobre la composición de los residuos sólidos domiciliarios. El estudio es de carácter general ya que no entra en especificidades y profundidades, de manera que los porcentajes descritos en el mismo solo pueden servir de base para estimar la producción de residuos a nivel nacional.

En el caso de los plásticos, no existen datos individuales en los estudios consultados, por lo que se presenta el volumen estimado de todos los plásticos en un mismo rubro.

Para el rubro de plásticos, el estudio establece, un rango que va desde un 8,1 % para los estratos económicos bajos a un 12,1 % del volumen total de los residuos para los estratos económicos altos, como se detalla en la siguiente tabla:

Figura 2. **Composición de residuos sólidos domiciliarios plásticos**

<i>Estrato Socioeconómico Tipo de residuo</i>	<i>ALTO</i>	<i>MEDIO ALTO</i>	<i>MEDIO BAJO</i>	<i>BAJO</i>
<i>Plásticos</i>	12,10 %	11,50 %	8,60 %	8,10 %

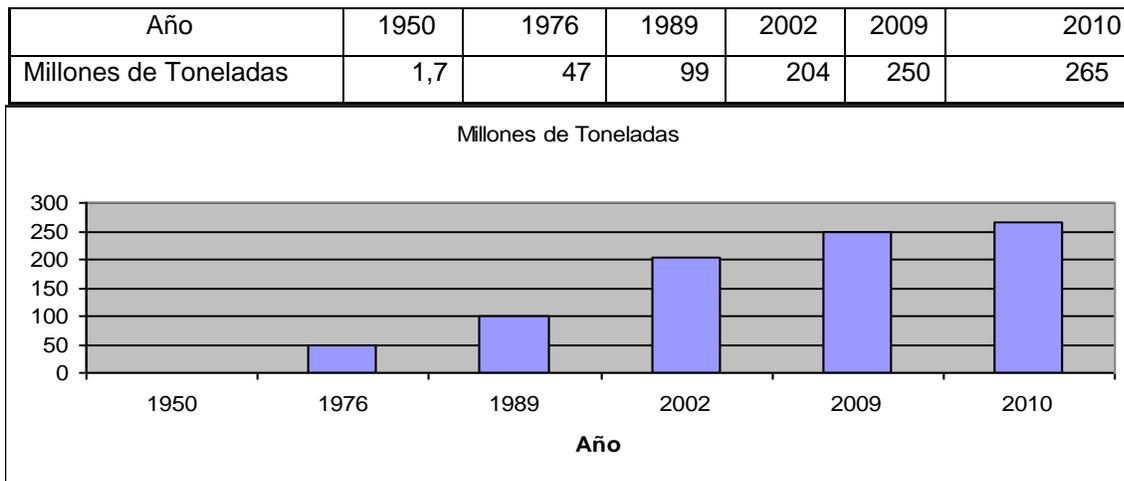
Fuente: Cepis-OMS.

Es necesario recalcar del párrafo anterior la baja densidad que tienen los plásticos con respecto a otros tipos de residuos sólidos urbanos. Este dato implica que el transporte y recolección de basura se complica, ya que con mucho menos peso de basura se llena un camión de basura, por ejemplo. Al ser el plástico un material que cada vez sustituye más materiales esto creará más presión sobre los sistemas municipales de recolección de residuos sólidos.

Debido al cada vez más creciente uso de plásticos en la forma de vida y hábitos en las últimas décadas y al conocimiento general que se tiene ahora del calentamiento global se han hecho varios intentos a nivel mundial para cuantificar el impacto ambiental que estos tienen a nivel mundial. Sin embargo, se observa que no ha existido un criterio unificado para tener un valor común del impacto. Francia, Inglaterra y Estados Unidos por mencionar algunos han creado su propio sistema de valores y mediciones.

Narayan (2011) es uno de los estudios más serios que se encontró acerca del impacto de los empaques de plásticos en la huella de carbono. En su investigación se encuentra en primer lugar el crecimiento exponencial de la industria de los plásticos en las últimas décadas.

Figura 3. **Producción de plásticos en millones de toneladas a nivel mundial**



Fuente: NARAYAN, R. *Carbon footprint of bioplastics using biocarbon content analysis and life cycle assessment*, MRS (Materials Research Society). p. 15.

Se puede observar que la cantidad de plásticos producidos en el mundo se duplicó del 1989 al 2002, apenas en 13 años. Del 2002 al 2009 a pesar de que el crecimiento no es tan acelerado como el crecimiento anterior, siempre sigue siendo significativo, 32 % en apenas 8 años.

Este crecimiento del consumo mundial de los plásticos se debe a la gran versatilidad y aplicaciones que tienen estos al ser humano, satisfaciendo necesidades en el sector de la construcción, del empaque, de productos eléctricos y electrónicos, del sector automotriz, entre otros. Para la presente investigación es importante mencionar que se calcula que la industria del empaque consume de un 35 a 40 % de las resinas fabricadas en el mundo.

En una investigación realizada por el Centro de Comercio Internacional de la Organización Mundial del Comercio titulado *Envases y embalajes de exportación en la encrucijada comercio y medio ambiente* indican que los supermercados y tiendas de autoservicio controlan más del 70 por ciento del mercado de alimentos en los países industrializados. En entrevistas que se han hecho a los consumidores de este canal de distribución se encontró que están conscientes del daño al medio ambiente por el uso de empaques que sean dañinos a la atmósfera, y la mayoría respondió que entre dos productos idénticos con el mismo precio elegirían el que implicará menos daño al ambiente.

Han surgido muchas metodologías para calcular la huella de carbono que produce un empaque, desde muchas perspectivas. En el 2010, la Comisión Económica para América Latina publicó un documento titulado *Metodologías de cálculo de huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*, donde se analizan las cualidades, ventajas y desventajas de cada metodología. Entre la más famosas se encuentran:

- Greenhouse Gas Protocol
- Bilian Carbone
- PAS 2050

En el presente trabajo de investigación se profundizará en cada una de la metodología para identificar cuál es la que mejor se adapta para medir la huella de carbono de las bandejas de poliestiereno para el empaque de piezas de pollo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **General**

Estimar la huella de carbono generada y el consumo de energía eléctrica asociadas al uso de las bandejas de poliestireno expandido usadas para el empaque de piezas de pollo a nivel de supermercados en la ciudad de Guatemala.

#### **Específicos**

1. Describir el panorama del uso actual del poliestireno expandido en la industria alimenticia y el el impacto ambiental que tiene este polimero.
2. Describir los diferentes enfoques e interpretaciones y formas de medición del concepto de “huella de carbono” mostrando su evolución histórica.
3. Realizar el mapa de ciclo de vida de las bandejas de poliestireno expandido que se utilizan en la industria avícola nacional usando la metodología de análisis de ciclo de vida y PAS2050.
4. Estimar la huella de carbono que genera el uso de bandejas de poliestireno expandido medido en kilogramos de CO2 por millar de bandejas usando la metodología PAS2050.

5. Estimar el consumo de energía eléctrica por el uso de bandejas de poliestireno expandido medido en kilovatios hora por millar de bandejas usando el análisis de ciclo de vida (ACV) en la ciudad de Guatemala.

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este estudio se enfocará específicamente en el impacto ambiental medido en términos de huella de carbono y consumo de energía eléctrica por el uso de bandejas de poliestireno, para el empaque de piezas de pollo en los supermercados. En los últimos años el uso de bandejas de poliestireno para bandejas de pollo en piezas es una categoría que crece año con año, debido a la conveniencia que tiene este tipo de presentación para el productor, el supermercado y el consumidor.

Para el productor la ventaja principal es que le da un valor agregado a su producto, lo que le permite marginar más, para el comercializador le da la ventaja de que es un producto diferenciado y que no se puede conseguir en otro canal de distribución, por lo que inclina al consumidor a elegir al supermercado como canal de distribución preferido y al consumidor le da la ventaja de la conveniencia, porque el usuario ya no perderá tiempo en el proceso de cortar el pollo en piezas que se debe realizar cuando se compra el pollo entero.

Como no se puede cuantificar la contaminación causada por el uso de bandejas de poliestireno expandido utilizado por la industria avícola en Guatemala para el empaque de piezas de pollo, es difícil crear una conciencia en los consumidores productores y comercializadores, del impacto de este tipo de empaque en el medio ambiente. La pregunta central entonces en este trabajo de investigación es:

- Pregunta central:
  - ¿Cuál es la huella de carbono generada y el consumo de energía por el uso de bandejas de poliestireno expandido para el empaque pollo en piezas en los supermercados de Guatemala?
  
- Preguntas auxiliares:
  - ¿Cuáles son las aplicaciones del poliestireno expandido en la industria alimenticia industrial y qué impacto ambiental tiene el uso de esta polimero?
  
  - ¿Cuáles son las diferentes definiciones que han existido y el significado actual del término huella de carbono y cuáles son las formas en que puede medirse?
  
  - ¿Cuál es el ciclo de vida de producto de las bandejas de poliestireno expandido que se usan para empaque de piezas de pollo en la industria avícola nacional, según la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) y PAS2050?
  
  - ¿Cuál es la huella de carbono medido en kilogramos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que genera el uso de bandejas de poliestireno expandido para el empaque de piezas de pollo en la ciudad de Guatemala?
  
  - ¿Cuál es el consumo de energía eléctrica medida en kilovatios-hora asociado al uso de bandejas de poliestireno expandido para el empaque de piezas de pollo en la ciudad de Guatemala?

## 5. JUSTIFICACIÓN

Existe una obligación ética a nivel mundial para minimizar el uso de materias primas y fuentes de energía en todas las actividades del ser humano, si se desea tener un desarrollo sostenible a largo plazo. Si se plantea este objetivo como sociedad se debe conocer y saber más acerca del impacto que tiene cada una de las actividades del ser humano en el ambiente. Para cumplir este objetivo se han desarrollado en los últimos años varias herramientas como la “huella de carbono” y el “ciclo de vida”.

Este estudio, de diseño experimental, del análisis de la huella de carbono y del consumo de energía eléctrica del empaque de piezas de pollo en bandejas de poliestireno expandido en supermercados de la ciudad de Guatemala, está bajo las líneas de investigación de la Maestría en Energía y Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, concretamente en lo referente a la conservación de la energía y a la problemática en la generación de residuos bajo el tema de tratamientos y estrategias en la gestión de residuos; este estudio servirá como trabajo de graduación.

En Guatemala la mayoría de empresas han creado y desarrollado sus empaques y envases basándose únicamente en los criterios de mercadotecnia y conveniencia y hasta el momento no se ha tomado el factor de sustentabilidad. Es necesario entonces conocer y aplicar las herramientas que nos permitan medir el impacto ambiental de los empaques que se están produciendo.

En el presente trabajo en específico se estudia el empaque de piezas de pollo para supermercado usando bandejas de poliestireno. Se eligió este producto debido a dos factores que llaman la atención. En primer lugar la categoría es una de las de más amplio crecimiento ya que el pollo es la principal proteína vendida a nivel de supermercados. En segundo lugar porque en Guatemala no se producen las bandejas de poliestiereno y son importadas desde México y Estados Unidos principalmente. Al ser la espuma de poliestireno un producto de muy baja densidad, el costo de transporte es alto, igualando incluso el mismo costo de la bandeja. Además las bandejas usan materias primas derivadas del petróleo por lo que año con año suben de precio.

También el presente trabajo pretende servir de base o guía para próximos estudios que quieran medir el impacto ambiental y consumo de energía eléctrica de otros tipos de empaques y embalajes en la industria.

En la actualidad, 75 % de los productos terminados requieren envase. De estos, 90 % son utilizados para alimentos y bebidas. Actualmente del total de toneladas de empaque que se producen en Latinoamérica 38 % es vidrio, 26 % papel y cartón, 16 % plástico, 14 % madera y 6 % metal.

Por otro lado existe también la obligación como sociedad de buscar la forma de conservar mejor los alimentos para evitar el desperdicio y garantizar la salud de los consumidores. Es justo ahí donde el envase juega un papel fundamental con novedosos diseños y materiales que buscan conservar la frescura del producto y darle una solución al usuario. En la actualidad se puede hablar de tres factores que determinan la tendencia en los empaques:

- **Sustentabilidad.** Las empresas buscan reducir el impacto ambiental de los empaques con un menor consumo energético, desde la producción de la materia prima hasta la disposición final del envase. Esto no es solo con un fin ambiental, sino también como un elemento crítico de competitividad, pues el objetivo es que haya un balance entre eficiencia, funcionalidad y costo.
- **Mercadotecnia.** El envase es un elemento fundamental en la experiencia que el consumidor tiene con el producto desde su elección en el punto de venta, compra, transporte y almacenamiento, hasta su disposición final. Por tal motivo, el éxito o fracaso de un producto también depende de la imagen que presente y el confort que el diseño ofrezca.
- **Conveniencia.** Los cambios en los estilos de vida, la nueva geografía, el aumento de la población urbana, la composición de las familias, los cambios en los ámbitos laborales y la conciencia que se ha tomado respecto a la salud ha afectado las características de los productos y, por ende, de los empaques.

El poliestireno es un plástico que se obtiene por un proceso denominado polimerización, que consiste en la unión de muchas moléculas pequeñas para lograr moléculas muy grandes. La sustancia obtenida es un polímero y los compuestos sencillos de los que se obtienen se llaman monómeros. Fue obtenido por primera vez en Alemania por la I.G. Faberindustrie, en 1930. Es un sólido vítreo por debajo de 100 °C; por encima de esta temperatura es procesable y puede dársele múltiples formas. Existen muchas aplicaciones y varios procesos con el que se le puede conferir una gran variedad de propiedades y por consiguiente una infinidad de aplicaciones. Entre estos procesos se encuentra el de coextrusión y termoconformado

(poliestireno expandido) con el cual se fabrican empaques usados en la industria alimenticia como platos, bandejas, vasos, entre otros.

El poliestireno expandido (XPS) tiene muchas ventajas como el ser un buen aislante térmico, tiene una buena resistencia mecánica, inerte e higiénico. Estas dos últimas características son las que lo hacen idóneo para el uso en la industria alimenticia. Sin embargo, es muy poco reciclable y es uno de los plásticos menos amigables con el medio ambiente debido a que la polimerización del polietileno no es reversible.

En las últimas décadas han surgido importantes desafíos ambientales para la humanidad y la manera cómo habita el planeta. Consecuentemente, el sistema económico predominante ha incentivado, en poco tiempo, que en ciertos países el medio ambiente se haya convertido en un actor importante de *marketing* y comunicación a todo nivel. El reto del calentamiento global a consecuencia de los gases de efecto invernadero (GEI) ha fomentado el surgimiento de mecanismos de mercantilización para su mitigación.

## 6. ALCANCES

La investigación será de tipo descriptivo ya que existe poco consenso a nivel internacional respecto a como medir la huella de carbono de un producto o proceso. Se procederá a investigar cuales son los procedimientos, técnicas o métodos que permitan medir la huella de carbono de las bandejas de poliestireno usadas para el empaque de piezas de pollo en supermercados en la ciudad de Guatemala.

Se investigarán las metodologías actuales con base en su aceptación académica a nivel internacional, y se seleccionará con base en las características encontradas la que sea más adecuada para los objetivos de esta investigación. Luego, en la parte final, la investigación se torna descriptiva ya que se utilizará la metodología seleccionada para medir en términos de huella de carbono el impacto ambiental de utilizar este tipo de empaque para piezas de pollo en la ciudad de Guatemala. En esta parte de la investigación será necesario definir las variables de todo el proceso o ciclo de vida de las bandejas de poliestireno expandido, entendiéndose que el impacto ambiental de un producto incluye entre otros la extracción de las materias primas, el proceso industrial para la transformación de estas en bandejas, el transporte de las bandejas hacia el productor, el proceso de empaque, el transporte de productor al supermercado, el uso del consumidor y el fin del producto es decir el impacto ambiental de la forma en que es manejado como desecho sólido.

También se tiene como objetivo medir la cantidad de bandejas de poliestireno expandido que actualmente se usan en la industria avícola a nivel

de supermercado para el empaque de pollo en piezas. Este dato se limita por su complejidad a nivel geográfico a la ciudad de Guatemala y a nivel de categoría a solamente las bandejas que se usan para piezas de pollo. Esto permitirá tener un dato más certero ya que son pocas las empresas avícolas en el país en esta categoría, y también pocos las cadenas de supermercados. Por lo que se puede corroborar la información que se tenga de ambas fuentes.

En el desarrollo del ciclo de vida para las bandejas de poliestireno la investigación será de fuente secundaria investigando todos los procesos y variables que se crean importante resaltar pero se mantendrá una regla de cercar la investigación a variables que se influyan dentro del 80 por ciento de impacto en la huella de carbono usando el Principio de Pareto 80/20. Esto se hará así para no hacer demasiado largo el trabajo investigativo y concentrarse realmente en las variables más importantes en términos de impacto de huella de carbono de la bandejas de poliestireno expandido. Los procesos del ciclo de vida se analizarán para determinar su consumo en términos de energía eléctrica de manera que al final se totalizará el consumo total por unidad funcional de producto.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. El cambio climático**

En las últimas décadas se ha introducido en el vocabulario el término cambio climático. La mayoría de las personas lo ha leído, escuchado o utilizado pero sin embargo, muy pocas son las que realmente saben el significado de dicho término, y menos aún son las que entienden el impacto que este fenómeno puede causar en el futuro de la especie humana.

Algunos grupos de académicos y científicos han atribuido las causas de este cambio climático a las actividades humanas es decir las catalogan como de clase antropogénica. Sin embargo, existen también grupos de científicos escépticos acerca de este fenómeno y cuestionan si estos cambios son realmente significativos y además argumentan que los cambios en temperatura del globo terráqueo son parte de ciclos que duran miles de años y que no se pueden atribuir a las actividades humanas o por lo menos que no se tiene la evidencia científica de que esto es debido al ser humano. Existen por supuesto intereses poderosos que soportan una u otra posición.

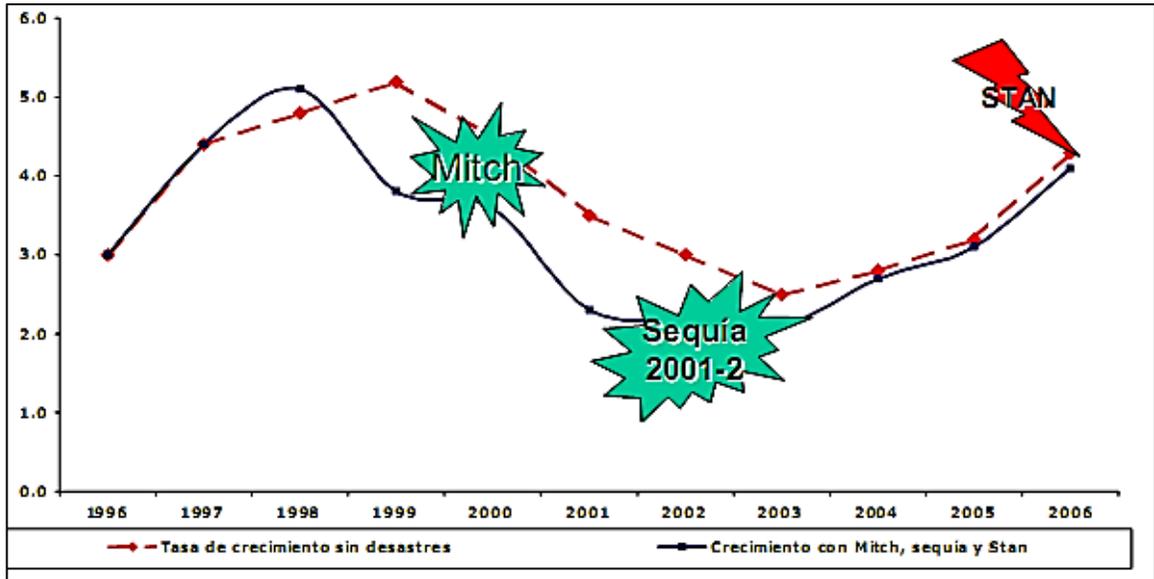
En el pasado se entendía por el término “cambio climático” al aumento de la temperatura promedio del planeta, lo cual causa un cambio en la cantidad e intensidad de fenómenos climáticos en todo el mundo sin importar su origen, es decir el cambio podría ser o no debido a actividades humanas. Es hasta 1992 que se le define como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada

durante períodos de tiempo comparables” (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992).

Existe una gran cantidad de ensayos y estudios científicos que señalan las principales consecuencias que tendrá este cambio climático en el globo terráqueo y lo que esto implica para la humanidad. En la Política de Cambio Climático elaborada en el 2009 por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) señalan como la consecuencia más preocupante del cambio climático el incremento en la intensidad y frecuencia de fenómenos naturales hidrometeorológicos como huracanes, tormentas tropicales y depresiones lo que se traduce en inundaciones o períodos de sequía. El huracán Mitch en 1998, la sequía de los años 2001 y 2005 y la tormenta Stan en el 2005 son una muestra de los efectos devastadores que tiene para el país el cambio climático.

Aparte del daño que estos fenómenos han causado a la vida y la calidad de vida de miles de guatemaltecos, otro impacto importante es el económico. Se ha calculado que el impacto económico para Guatemala por los fenómenos atmosféricos del huracán Mitch y la tormenta tropical fue de Q 8 533,55 millones de quetzales. (Política Nacional de Cambio Climático, 2009).

Figura 4. Impactos de eventos extremos producto interno bruto, periodo 1996-2006



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

El cambio climático ha sido identificado como uno de los grandes desafíos que enfrentarán en las próximas décadas las naciones, gobiernos, negocios y ciudadanos (Pachaury, 2007).

### 7.1.1. Calentamiento global

Se entiende por “calentamiento global” a el aumento en la temperatura superficial promedio del globo terráqueo debido al incremento que se ha dado en las últimas décadas de los gases de efecto invernadero o GEI por sus siglas. En el 2007 el Panel Intergubernamental para Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC por sus siglas en Inglés) pronosticó que para el 2100 la temperatura superficial promedio se incrementaría de 1,8 a 4,0 °C

dependiendo de un rango de escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, y afirmó que actualmente se tenía un 90 por ciento de certeza de que la mayoría del incremento en la temperatura observado en el último medio siglo puede ser atribuido a las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por actividades humanas, como por ejemplo procesos industriales y transporte (Pachaury, R. 2007).

Este informe se considera hasta el momento como uno de los más completos y más aceptados por la comunidad académica y científica. En él participaron cerca de 500 autores principales y 2 000 revisores expertos, entre científicos, economistas y políticos pertenecientes a unos 120 países. Por lo que estas conclusiones han tenido un gran impacto. No solo se confirma que estamos experimentando un fenómeno de calentamiento global, sino que señala como causa “muy probable” el aumento de los gases de efecto invernadero como antropógenos.

El IPCC se reunió nuevamente en el 2013, y en el primer documento provisional del quinto informe que elabora esta institución ha cambiado su afirmación acerca de la “probable” influencia antropogénica en el calentamiento global. Ahora afirma que “el cambio climático es causado por la actividad humana y se puede detectar ya en todo el mundo” (IPCC, 2013).

### **7.1.2. Gases de efecto invernadero**

El IPCC los define como “Los gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes” (IPCC, 2001). Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), y ozono (O<sub>3</sub>) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el GEI antropógeno que ha llamado más la atención de la comunidad científica internacional. Se observó un incremento del ochenta por ciento de 1970 al 2004 (IPCC, 2007).

Las emisiones de GEI por lo general se han considerado principalmente solo a niveles gubernamentales, nacionales o corporativos. Sin embargo, lo cierto es que estas emisiones también pueden ser generadas por las actividades de fabricación de productos y elaboración de servicios. El impacto en la emisión de GEI provocados por estos no solo corresponden a la fabricación del producto o servicio, si no que incluyen todo su ciclo de vida, desde su nacimiento hasta su tumba, es decir desde su creación hasta su desintegración en compuestos que puedan ser absorbidos por la naturaleza que incluyen entre otros la fabricación y transporte de las materias primas que se usaron para la fabricación del producto, el transporte del producto hasta el usuario final, transformación del producto en otro, almacenaje, uso final y la forma en que se desecha el producto.

### **7.1.3. Medición de los gases de efecto invernadero**

Luego de los incrementos observados en las últimas décadas de los gases de efecto Invernadero, surgieron de varios países (principalmente europeos) el deseo de medir de una forma más precisa como las actividades humanas incrementan los GEI. Estos intentos de medición al inicio fueron independientes por lo que existen actualmente varios marcos metodológicos disponibles.

Una de las causas de que haya varias metodologías para medir la huella de carbono es la forma en que se define a qué o quién se va a medir la huella de carbono. (Metodologías de cálculo de la huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina, 2010). Por ejemplo, se puede medir:

- Una empresa o administración
- Un territorio
- Un bien o un servicio
- Un evento
- Una persona

Las metodologías pueden estar especializadas en uno o más de estos conceptos, o cubrir el espectro completo de dichos conceptos. La huella de carbono se puede medir además, en distintas escalas, perímetros o alcances. Sin embargo, actualmente se distinguen 3 marcos metodológicos:

- Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)
- Bilan Carbone
- PAS 2050 /2060

## **7.2. Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**

Inicialmente el énfasis ambiental estaba en ver la contaminación que generaba algún producto, y rápidamente se valoraba un producto que fuera “reciclable” sobre otro que no lo fuera. Sin embargo, estos análisis no consideraban todas las actividades y emisiones que generaban todo el proceso de fabricación de un producto, por lo que se carecía de objetividad.

El análisis de ciclo de vida se ha convertido en una importante herramienta para la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero GEI en los últimos años. Su importancia radica en que considera todas las acciones, actividades y productos que se deben realizar para su fabricación, empaque, transporte, almacenaje, uso y desecho. Inicialmente el énfasis ambiental estaban en ver la contaminación que generaba algún producto, y rápidamente se valoraba un producto que fuera “reciclable” sobre otro que no lo fuera. Sin embargo, estos análisis no consideraban todas las actividades y emisiones que generaban todo el proceso de fabricación de un producto, por lo que se carecía de objetividad.

El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco en España define al Análisis de Ciclo de Vida como “...una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida). Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos.” (Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto, 2009).

### **7.3. Metodología PAS 2050 para la medición de huella de carbono**

La metodología PAS 2050 fue desarrollada por el British Standards Institute (BSI) como una respuesta al deseo de la industria y las comunidades de un método consistente y de consenso, que permitiera medir las emisiones de gases de efecto invernadero de un producto o servicio y su ciclo de vida. PAS 2050 es una herramienta de medición y también un protocolo para que las

compañías puedan plantearse compromisos creíbles de reducción en las emisiones de GEI en todas sus actividades de producción o elaboración de servicios (PAS 2050, 2008).

Para el cálculo de la huella de carbono de un producto o servicio, el PAS 2050 requiere la definición y delimitación de las siguientes variables:

- Una unidad funcional establecida por la industria
- Definir cuál de los siguientes 2 escenarios de ciclo de vida se quiere evaluar:
  - Del negocio al consumidor (Business to consumer B2C)
  - Del negocio al negocio (Business to Business B2B)
- Almacenamiento de carbono
- Uso de la tierra en el proceso

Luego de estas delimitaciones el proceso lleva los siguientes pasos:

- Construir el mapa del proceso- elaboración visual del análisis de ciclo de vida (ACV).
- Definición de fronteras y prioridades- confirmar las fronteras del sistema y priorizar la obtención de datos de aquellas actividades que más emisiones generen.
- Recolección de datos- recolectar los datos de los valores de las variables definidas en el ciclo de vida del producto, obtener datos de factores de emisión en todas las etapas del ciclo.
- Cálculo de la huella de carbono- multiplicar los valores recolectados de cada variable del proceso y multiplicarlo por su factor de emisión.
- Incertezas- se debe documentar la precisión del cálculo.

#### **7.4. Poliestireno expandido**

El poliestireno expandido es un material termoplástico de poca densidad, durable, y que ofrece un excelente aislamiento térmico. Estas características hacen que sea muy utilizado en la industria del empaque y de la construcción. Fue descubierto accidentalmente por el alemán Edward Simon en 1839 pero fue hasta 1931 que la compañía I.G Farben comenzó la comercialización del poliestireno.

Su principal uso actualmente es en su forma expandida, lo cual se logra calentando una mezcla de poliestireno con un agente gaseoso como pentano o dióxido de carbono. En el proceso se atrapan burbujas de aire en el material lo que le dan las propiedades de baja conductividad térmica lo que lo hace ideal para la industria de la construcción como material aislante. Es también muy usado en aplicaciones de empaque por su alta formabilidad, bajo precio, aislamiento térmico e inocuidad.

Una de sus desventajas es de que no es biodegradable, tiene muy baja densidad y por lo tanto flota en el agua y es fácilmente soplado por el viento. Aunque tiene la propiedad de ser reciclable, la realidad es que la mayoría no se recicla por lo que todo se convierte en un residuo sólido urbano de muy alto volumen lo que dificulta su proceso.



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Poliestireno expandido

1.1.1. Historia

1.1.2. Clasificación según su tipo de fabricación

1.1.3. Propiedades del poliestireno expandido

1.1.4. Aplicaciones más comunes del poliestireno expandido

1.1.5. Proceso de producción

1.1.6. Impacto ambiental

1.1.7. Ciclo de vida

1.1.8. Reciclabilidad

1.1.9. Uso en la industria de alimentos

1.1.10. Legislación internacional acerca de su uso

#### 1.2. Huella de carbono

1.2.1. Definición de huella ecológica y huella de carbono

- 1.2.2. Historia del concepto
  - 1.2.3. Estándares utilizados en la medición de la huella de carbono
  - 1.2.4. Huella de carbono personal
  - 1.2.5. Protocolo de Kyoto
2. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)
- 2.1. Definición
  - 2.2. Tipos de enfoques de ACV
    - 2.2.1 De la cuna a la tumba
    - 2.2.2. De la cuna a la puerta
    - 2.2.3. De la puerta a la puerta
    - 2.2.4. De la cuna a la cuna
  - 2.3. Evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV)
    - 2.3.1. Categorías de impacto ambiental
    - 2.3.2. Normas ISO 14040 y 14044
3. METODOLOGÍA PAS 2050 PARA LA MEDICIÓN DE HUELLA DE CARBONO
- 3.1. Historia
  - 3.2. Explicación de la metodología
  - 3.3. Limitaciones
4. ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR EL USO DE BANDEJAS DE POLIESTIRENO EN EMPAQUE DE PIEZAS DE POLLO USANDO LA METODOLOGÍA PAS2050
- 4.1. Selección de la unidad funcional para el sistema
  - 4.2. Ciclo de vida el producto y mapa del proceso
  - 4.3. Límites del sistema

- 4.4. Cálculo de la huella de carbono
  
- 5. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ASOCIADA AL USO DE BANDEJAS DE POLIESTIRENO EN EMPAQUES DE PIEZAS DE POLLO USANDO LA METODOLOGÍA PAS2050
  - 5.1. Identificación de las fases en el ciclo de vida que consumen energía eléctrica
  - 5.2. Determinación del factor de consumo de energía eléctrica para cada variable seleccionada
  - 5.3. Evolución de los costos de energía eléctrica en Guatemala
  - 5.4. Proyección de la demanda para los próximos años
  - 5.5. Cálculo del consumo de energía en kWh
  
- 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
  
- 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



## 9. METODOLOGÍA

Esta investigación será de tipo descriptivo ya que el objetivo principal es medir la huella de carbono total que se genera en la ciudad de Guatemala por el uso de bandejas de poliestireno para el empaque de piezas de pollo (Enfoque cuantitativo: toneladas de dióxido de carbono generadas y número de bandejas de poliestireno que se consumen anualmente en la ciudad de Guatemala).

De igual manera se medirá el consumo de energía eléctrica asociado al uso de bandejas de poliestireno para el empaque de piezas de pollo en la ciudad. (Enfoque cuantitativo: kilovatios-hora usados en el ciclo de vida del producto).

Para alcanzar el objetivo específico y los objetivos auxiliares que se plantean en esta investigación se hará uso del método científico en varias de sus fases (Piloña, 2013):

Indagadora, ya que se hará un trabajo de recopilación de información de fuentes secundarias para investigar los métodos actuales que existen para poder medir la huella de carbono que generan las bandejas de poliestireno conociendo las ventajas y desventajas de cada método y así poder determinar cuál debiera ser el método más adecuado para el propósito de la investigación. También se necesitará investigar y estimar el consumo actual de bandejas de poliestireno en la ciudad de Guatemala.

Demostrativa, ya que para llegar a un valor de huella de carbono se deberá demostrar por medio de una metodología de consenso internacional que los resultados encontrados son válidos y pueden ser utilizados por la comunidad científica internacional como base para otros estudios de investigación que se realicen.

A continuación se presentan algunas de las variables más importantes que se usarán en la investigación pero se hace la aclaración que conforme se avance en la investigación sea necesario meter nuevas variables.

Tabla I. **Variables de estudio**

núm.	Parametro o Variable	Unidades Dimensionales	Tipo de Variable	
1	Número de bandejas de poliestireno que se usan anualmente para el empaque de piezas de pollo	Millares	Cuantitativa	Continua
2	Huella de carbono generada por millar de bandejas de poliestireno expandido	Kg CO2 eq/ millar de bandejas	Cuantitativa	Continua
3	Millares de bandejas que caben en un contenedor de 45 pies	Millares	Cuantitativa	Continua
4	Huella de carbono generada por el gasto energético de transporte por millar de bandejas	Kg CO2 eq/ millar de bandejas	Cuantitativa	Continua
5	Total de energía utilizada en el proceso de fabricar un millar de bandejas de poliestireno expandido	Kilovatios-hora kWh	Cuantitativa	Continua
6	Volumen por millar de bandejas	metros cúbicos	Cuantitativa	Continua
7	Porcentaje de bandejas de poliestireno que se reciclan o reusan	%	Cuantitativa	Continua
8	Volumen total de bandejas anual que se debe manejar como RSU	metros cúbicos	Cuantitativa	Continua

La investigación se hará utilizando la metodología PAS 2050 la cual se puede resumir en cinco fases generales, las cuales son delimitación y definición sistema para ACV, recolección de datos, cálculo de la huella de carbono, conclusiones y redacción del informe final. A continuación se detalla los puntos más importantes de cada una de las fases.

### **9.1. Fase 1. Investigación sobre el uso del poliestireno en la industria alimenticia y su impacto ambiental**

Esta parte de la investigación será de tipo documental, buscando la información y datos del uso del poliestireno en la industria alimenticia y el impacto ambiental de este polímero en fuentes secundarias que pueden incluir trabajos de investigación relacionados, revistas especializadas y material electrónico disponible en páginas web. Se usará la técnica de “lectura” para realizar resúmenes y la técnica de “fichaje” para la recopilación y registro de material bibliográfico usando fichas de síntesis, análisis y comentarios.

### **9.2. Fase 2. Investigación sobre los diferentes enfoques e interpretaciones del concepto “huella de carbono” en el tiempo y los métodos para medirlo**

Esta parte de la investigación también será de tipo documental buscando información y datos del concepto inicial de “huella de carbono” y su evolución a lo largo de los últimos años, así como los distintos enfoques y metodologías que existen actualmente para medirlo. Se usarán fuentes secundarias que pueden incluir trabajos de investigación relacionados, revistas especializadas y material electrónico disponible en páginas web. Se usará la técnica de lectura para realizar resúmenes y la técnica de fichaje para la recopilación y registro de material bibliográfico usando fichas de síntesis, análisis y comentarios.

### **9.3. Fase 3. Delimitación del sistema para realizar el mapa de Ciclo de Vida (ACV)**

Investigación preliminar del ciclo de vida y proceso de fabricación de las bandejas de poliestireno expandido que se usan en la industria avícola

nacional. Buscando tener toda la información que pueda dar un mejor mapa del ciclo de vida del producto y de todas las actividades que implica su transformación, almacenamiento y transporte hasta el producto final. Esta parte de la investigación será de tipo documental.

Para poder saber el impacto total de gases de efecto de invernadero que genera el uso de bandejas de poliestireno expandido para el empaque de piezas de pollos se usará la metodología de análisis de ciclo de vida que en resumen es un enfoque holístico de todos los procesos (fabricación, transporte, almacenaje, entre otros) que se deben realizar para que la bandeja de poliestireno expandido llegue al productor avícola. (Greenhouse Gas Protocol, 2011). Por ejemplo, para el cálculo de la huella de carbono que generan las bandejas de poliestireno se debe incluir como mínimos los siguientes procesos:

- La producción de las materias primas utilizadas para la fabricación de las bandejas. (resinas, costos energéticos, transporte, almacenaje, entre otros).
- La fabricación de las bandejas. (Incluyendo gastos energéticos, agua, contaminación generada en el proceso, desperdicios, entre otros).
- El transporte de las bandejas hacia el fabricante.
- El empaquetado de las bandejas.
- El uso por parte de la avícola. (Reprocesos, almacenaje, costos energéticos, entre otros).
- La fase de utilización por el consumidor final.
- La eliminación de los residuos.

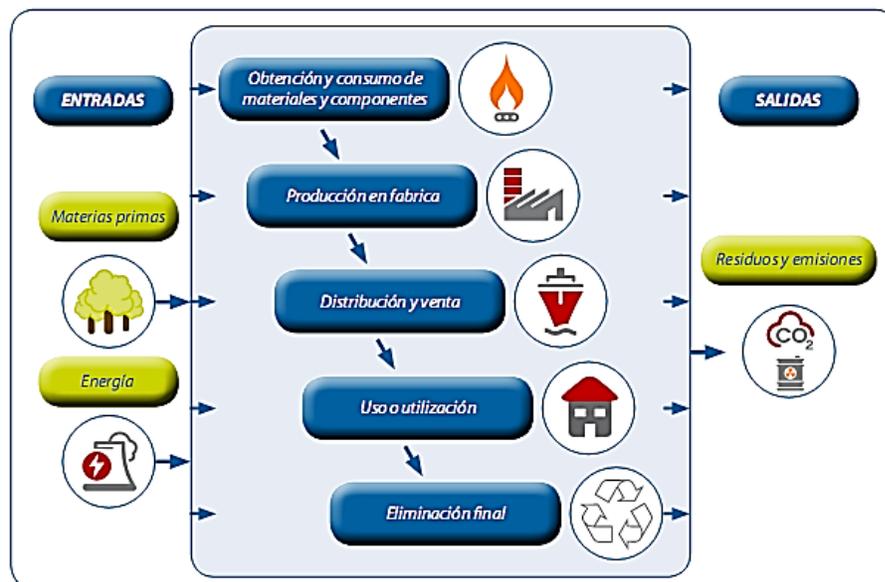
En el ACV es importante incluir las categorías de energía y materias primas, y también todas las salidas del sistema que incluyen entre otros rubros

los residuos, los desperdicios y las emisiones. Como resultado de esta fase de la investigación se obtendrá el “mapa de proceso” el cual servirá para visualizar todas las transformaciones que sufren las materias primas para convertirse en el producto final.

El mapa de proceso se revisará y modificará conforme se vaya avanzando en la investigación y se definan mejor los límites del sistema y se prioricen aquellas actividades que más afecten el total de huella de carbono por unidad funcional.

A continuación se presenta un diagrama que ilustra todos los procesos que se deben incluir en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Figura 5. **Concepto de la perspectiva de un análisis de ciclo de vida**



Fuente: análisis de Ciclo de vida y Huella de Carbono. p. 35.

Luego de definido un mapa de proceso inicial lo que sigue son los siguientes pasos:

- Definición del producto y su unidad de análisis funcional:

Consiste definir lo más concretamente posible identificando y categorizando el producto, que en este caso ya se tiene previamente definido como las bandejas de poliestireno expandido que se utilizan para el empaque de piezas de pollo para venta en supermercados de Guatemala. Luego viene la definición la unidad funcional del análisis. Es muy importante este paso ya que sobre esta unidad funcional se referirán todos los datos procedentes del cálculo de huella de carbono.

Algunos ejemplos de unidades funcionales para este tipo de producto pueden ser:

Toneladas de bandejas o millares de bandejas o contenedores de 40 pies de bandejas.

- Delimitación del sistema:

En este paso se determinan que unidades de procesos se incluirán en el estudio de ACV. Definirlos es una elección del investigador, lo importante es dejarlos claro en los resultados finales. Se pueden considerar los siguientes límites:

- Límites entre el sistema tecnológico y naturaleza. Definir que se va a considerar como materias primas de el sistema, y que se va a

definir como etapas finales del sistema como por ejemplo la generación de desechos.

- Límites geográficos.
- Límites de tiempo.
- Límites entre el ciclo de vida estudiado y los ciclos de vida de otros sistemas relacionados.

Se hará uso del método analítico en el proceso de consulta bibliográfico y a continuación se utilizará la síntesis para documentar el marco teórico que servirá de base para el trabajo.

#### Recolección de datos

Aquí se procederá a recolectar todos los datos actuales de todas las variables definidas a partir del mapa de proceso. Se deben incluir todos los materiales, energía y procesos utilizados en cada etapa. Los datos se clasifican en “primarios y secundarios” (Product Carbon Footprinting, 2011).

Datos primarios: son específicos de la cadena de suministro del producto que se está investigando. Para la medición de “huella de carbono” se prefieren de este tipo porque permiten definir mejor las oportunidades que existen para disminuir emisiones asociadas alguna actividad particular del proceso. La metodología PAS 2050 no exige datos primarios de las emisiones producidas en las fases finales del ciclo de vida del producto, como por ejemplo la fase de utilización de las bandejas por parte del consumidor o el proceso de eliminación de estas.

Datos secundarios: se utilizan cuando no es posible conseguir datos primarios. La PAS 2050 permite utilizar coeficientes de emisión de fuentes

como el IPCC (2006). La mayoría de la recolección de datos será de fuentes secundarias las cuales algunas se mencionan en la bibliografía de esta investigación pero no se limitan a estas.

Para la obtención de los datos se utilizarán las siguientes técnicas:

**Análisis de documentos:** se realizará una recopilación de investigaciones donde se haya medido la huella de carbono para productos o servicios utilizando la metodología PAS 2050. Entre las técnicas que se utilizarán para el análisis de esta información están la “lectura” entendiéndose que incluye la comprensión, interpretación y el análisis del texto leído, y de la cual se sacarán resúmenes y conclusiones. También se utilizará la técnica de “subrayado” sobre todo en documentos muy extensos donde solo se necesite una información específica. También se utilizarán las tablas de factores de emisión de dióxido de carbono para calcular cuánto impacta cada actividad del ACV en la huella total de carbono.

**Entrevistas estructuradas:** se procederá con una serie de entrevistas a personal de producción, calidad y compras de las principales avícolas del país. Estas se harán de manera verbal y escrita para calcular el número total de bandejas que se usan anualmente en los supermercados de la ciudad de Guatemala, y una estimación del crecimiento anual de la categoría.

**Fichas de investigación:** se utilizará esta técnica para facilitar la investigación y poder hacer las referencias que se necesiten en el documento final de exposición de la investigación. Las fichas serán de tipo textual, resumen y de paráfrasis para ir recopilando toda la información más relevante de las investigaciones y publicaciones especializadas del tema.

#### 9.4. Fase 4. Cálculo de la huella de carbono

Aquí se procederá a calcular las emisiones de cada una de las variables que se determinaron en el paso anterior. Esto se realizará multiplicando la cantidad del insumo utilizado por su coeficiente de emisión.

Coeficientes de emisión: se expresan en términos de kg de CO<sub>2</sub> eq y se pueden obtener a través de bases de datos de ACV comerciales o de públicas como por ejemplo el IPCC 2006.

**Emisiones de GEI (kg CO<sub>2</sub> ea/año)=datos de la actividad \* Coeficiente de Emisión**

- Conversión a la Unidad Funcional.

Luego se convierten los resultados anteriores con referencia a la unidad funcional elegida. Se usará la siguiente fórmula:

**Emisiones de GEI ((kg CO<sub>2</sub> eq/Unidad Funcional)= emisiones de GEI (kg CO<sub>2</sub> eq/año)/rendimiento (Unidad Funcional /año)**

Como último paso de cálculo se procederá a multiplicar este valor por el total de bandejas expresadas en unidades funcionales que se consumen por año en los supermercados en la ciudad de Guatemala.

## **9.5. Fase 5. Cálculo de la energía eléctrica total usada en el ciclo de vida**

Para este cálculo primero se deben definir las actividades o procesos del ciclo de vida que estén en directa relación con las bandejas de poliestireno o que son requeridas para que las bandejas puedan cumplir con su función. Entre dichos procesos se deben incluir:

- Consumos relacionados a los materiales (extracción de materias primas, electricidad necesaria para maquinaria y equipos, energía para calefacción, entre otros).
- Procesos de producción (electricidad necesaria para el proceso).
- Consumos relacionados al uso del producto (electricidad utilizada en la cadena de frío necesaria para transportar el producto, y exhibirlo, iluminación, entre otros).
- Consumos relacionados al almacenaje del producto (iluminación bodegas empaques, iluminación y refrigeración de producto terminado, entre otros).
- Consumos relacionados al “Fin del Producto” (energía necesaria para reciclarlo o eliminarlo).

Una vez se hayan definido las actividades se investigará por medio de fuentes secundarias, cual es el factor de consumo de energía de cada actividad por millar de bandejas de poliestireno para llegar a un factor total de consumo de energía eléctrica por millar de bandejas.

Este último valor se multiplicará por el número total de bandejas que se consumen en un año en los supermercados de la ciudad de Guatemala y se obtiene el total energía utilizada en un año por este proceso.

#### **9.6. Fase 6. Análisis de los resultados y conclusiones**

Se elaborará una síntesis de la información más relevante hallada en el proceso. Se resaltarán las actividades que son las que más emiten dióxido de Carbono al ambiente así como las actividades que consuman más energía eléctrica y se evaluarán posibles alternativas que puedan minimizar estos valores.

#### **9.7. Fase 7. Elaboración del informe final**

Se redactará el informe final de la investigación, siguiendo los lineamientos de elaboración de tesis de maestría de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En la investigación que se propone se van utilizar tanto técnicas de análisis cualitativo como cuantitativo. El análisis cualitativo de la información se utilizará sobre todo en las primeras fases de estudio donde se buscará toda la información para elaborar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el mapa del proceso. El análisis cuantitativo se utilizará en las fases de recolección de datos y cálculo de la huella de carbono.

### Análisis cualitativo

- Preparación de la base documental: se creará una base documental de fácil acceso para todos los participantes de la investigación de manera que la información sea detectable, ubicable y trazable. Esta base de datos será la fuente de información principal para los primeros modelos teóricos del análisis de ciclo de vida del producto y la elaboración del mapa de proceso. También esta base incluirá las tablas disponibles que se encuentren de factores de emisión por actividad.
- Reducción de datos: por ser muy voluminosa la base documental que se obtendrá será necesario un proceso de reducción de datos para categorizar y seleccionar la información más relevante para la investigación. Esta reducción se hará por medio de la elaboración de resúmenes identificando los conceptos relevantes para el diseño del análisis de ciclo de vida y mapa del proceso. También se utilizará la técnica de codificación, que consiste en categorizar los datos

encontrados en función de su relación con alguna fase del ciclo de vida y mapa de proceso.

- Metodo iterativo: el desarrollo del análisis de ciclo de vida es un proceso iterativo en el cual se compara un primer diseño teórico con los datos encontrados en la investigación y de esta manera se retroalimenta continuamente hasta llegar a un ciclo de vida y mapa de proceso final para la investigación, es decir la construcción de estos modelos es progresiva.

#### Análisis cualitativo

- Utilización de estadísticos descriptivos: en la parte de recolección de datos bibliográficos será necesario principalmente el uso de los estadísticos media, y varianza los cuales se le asignarán a cada una de las variables que se definan en el análisis de ciclo de vida. En los resultados de las entrevistas se tabularán los datos y también se aplicarán la media y la varianza como estadísticos para sacar la estimación final del consumo promedio anual de bandejas en la industria avícola nacional que den los distintos interlocutores.

## 11. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES		RESPONSABLE	PERIODO DE TIEMPO EN MESES									
No	DESCRIPCIÓN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Investigación Documental acerca del Uso del Poliestireno en la Industria Alimenticia y su impacto ambiental	Investigador	■									
2	Investigación Documental acerca del concepto "Huella de Carbono" y las distintas formas de medirlo	Investigador	■									
3	Elaboración del Ciclo de Vida del Producto y El mapa del Proceso desde la fabricación de las bandejas de Poliestireno hasta su desecho por el usuario final	Investigador/ Ing. Industrial		■								
4	Definición del producto y su Unidad de Análisis Funcional	Investigador		■								
3	Establecer los límites del sistema para la investigación: tecnológicos, geográficos, temporales y de sistemas	Investigador		■								
4	Recopilación de Datos, para estimar las emisiones generadas de Dióxido de Carbono y consumo de energía eléctrica de los distintos proceso y actividades identificados en el ciclo de vida	Investigador			■							
5	Compilar los datos de actividades y flujos y relacionarlos a la unidad de Análisis elegida.	Investigador				■						
6	Realizar entrevistas con productores avícolas para calcular el número total de bandejas que se usan anualmente en los supermercados en la ciudad de Guatemala, y su crecimiento en los próximos años.	Investigador/ Entrevistador					■					
7	Multiplicar los datos de actividades por factores de emisión para generar la huella de carbono por unidad funcional	Investigador						■				
8	Calcular el total de huella de carbono total generada por el uso de bandejas de poliestireno en la industria avícola nacional.	Investigador							■			
9	Multiplicar los datos de actividades por factores de consumo de energía eléctrica promedio para estimar la cantidad de kWh que se necesitan por unidad funcional	Investigador								■		
10	Calcular el total de Kilovatios-hora kWh asociados al uso de bandejas de poliestireno en la industria avícola nacional.	Investigador									■	
11	Intepretar los datos de huella de carbono obtenidos, buscando los factores que tienen un fuerte impacto en esta. Elaborar conclusiones	Investigador										■
12	Identificar oportunidades para reducción de la huella de carbono en el producto.	Investigador										■
13	Elaboración del informe final	Investigador										■

Fuente: elaboración propia.



## 12. RECURSOS NECESARIOS

El trabajo será principalmente investigativo, sin embargo, en la tercera fase del estudio se necesita de un estudiante de licenciatura con experiencia en investigación estadística (Ingeniería Industrial preferentemente) para entrevistar a las personas contactos de las principales compañías avícolas del país. También se requerirán los servicios de un estudiante de licenciatura en Ingeniería Industrial para desarrollar el mapa de ciclo de vida de las bandejas de poliestireno expandido. Además se requiere recursos técnicos, mobiliarios y materiales los cuales se desglosan en el siguiente presupuesto.

Tabla II. Presupuesto

<b>Recurso Humano</b>	<b>cantidad</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Costo por hora (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
Investigador	1	240	Q 240,00	Q 57 000,00
Entrevistador	1	20	Q 100,00	Q 2 000,00
Ingeniero industrial	1	25	Q 100,00	Q 2 500,00
Asesor de tesis	1			Q2 500,00
			Subtotal	Q 64 600,00
<b>Recursos técnicos y mobiliario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (meses)</b>	<b>Renta mensual (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
Oficina	1	9	Q 800,00	Q 7 500,00
Escritorio	1	9	Q 125,00	Q 1 125,00
Sillas para escritorio	3	9	Q 45,00	Q 405,00
Computadoras	2	9	Q150,00	Q 1 350,00
Impresora multifuncional	1	9	Q 85,00	Q 765,00
			Subtotal	Q 10 845,00
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>		<b>Costo por unidad (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
Cartuchos de tinta negra	2		Q 150,00	Q 300,00
Cartuchos de tinta color	1		Q 250,00	Q 250,00
Lapiceros	12		Q 2,00	Q 24,00
Lápices	12		Q 1,50	Q 18,00
Resma de papel de 80g tamaño carta	6		Q 45,00	Q 270,00
			Subtotal	Q 862,00

Continuación de la tabla II.

<b>Resumen por categoría</b>	<b>Cantidad</b>
Recurso Humano	Q 64 600,00
Recursos Técnicos y Mobiliario	Q 10 845,00
Materiales	Q 862,00
Sub-total	Q 76 307,00
Imprevistos 10%	Q 7 630,70
<b>Gran Total</b>	<b>Q 83 937,70</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total para la investigación será de Q 83 937,70 (ochenta y tres mil novecientos treinta y siete quetzales con 70 centavos. De este valor Q 57 600,00 corresponden al salario del investigador que en este caso es el autor del trabajo de tesis de la presente investigación y se reserva el derecho de cobrarlo o no cobrarlo dependiendo de si se logra obtener el patrocinio de gente interesada en los resultados de la investigación.

El resto será financiado por una empresa de investigación y desarrollo de mercados y marcas especializada en el sector avícola y que esta buscando sistemas alternativos de empaque. La empresa ha solicitado mantener su colaboración de forma anónima.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto (2009). Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco.
2. Brant, B; Pilz, H. Impacto de los envases de plástico en el consumo de energía y las emisiones de gases invernadero a lo largo del ciclo de vida en Europa. Resumen Ejecutivo. Denkstatt. Viena, Austria.
3. Dobón, A. ¿Cómo puedo demostrar que mi envase es sostenible?. Aplicación de la huella de carbono en la cadena de valor del envase y embalaje. Instituto Tecnológico del embalaje transporte y logística ITEM. Barcelona, España.
4. Wiedmann, T, *A Definition of Carbon Footprint*. Durham, United Kingdom: ISA Research and Consulting 2007. 214 p.
5. Zea, V. *Incidencia del uso de empaques ecológicos en el medio ambiente*. Trabajo de Graduación. Universidad de San Carlos Guatemala. Facultad de Ingeniería.

