



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA**

TESIS

**“HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL PARA
UNA EMPRESA QUE FABRICA ELECTRODOS PARA
SOLDAR UBICADA EN LA CIUDAD DE MÉXICO”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

**PRESENTA:
OSCAR EDUARDO RIVAS AGUILAR**

ANTE EL JURADO:

Dra. Sandra Soledad Morales García	Presidente
Dr. Gabriel Pineda Flores	Secretario
M. en C. Ignacio García Sánchez	Vocal
Dra. Ma. del Carmen Monterrubio Badillo	Vocal
Dra. Rocío Sánchez Pérez	Vocal

CIUDAD DE MÉXICO

JUNIO 2017

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 13 horas del día 26 del mes de Junio del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del CMP+L para examinar la tesis titulada:
Huella de Carbono para una Empresa que Fabrica Electroodos para Soldar Ubicada en la Ciudad de México

Presentada por el alumno:

Rivas
Apellido paterno

Aguilar
Apellido materno

Oscar Eduardo
Nombre(s)

Con registro:

B	1	5	0	9	3	2
---	---	---	---	---	---	---


aspirante de:


Maestría en Ingeniería en Producción más Limpia

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA


Director(a) de tesis


M. en C. Ignacio García Sánchez


Dra. Sandra Soledad Morales García


Dr. Gabriel Pineda Flores


Dra. Ma. del Carmen Monterrubio Badillo


Dra. Rocío Sánchez Pérez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Dr. Abelardo Flores Vela

CARTA DE SESIÓN DE DERECHOS




INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 26 del mes de Junio del año 2017, el que suscribe Oscar Eduardo Rivas Aguilar alumno del Programa de Maestría en Ingeniería en Producción más Limpia, con número de registro B150932, adscrito al **Centro Mexicano para la Producción más Limpia**, manifiesto que es el autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del M. en C. Ignacio García Sánchez, cede los derechos del trabajo titulado Huella de Carbono para una Empresa que Fabrica Electrodo para Soldar ubicada en la Ciudad de México, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: oscarerivasa@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Oscar Eduardo Rivas Aguilar

Dedicatorias

A mi madre Martha Aguilar, por dedicación, entrega y motivación para enfrentar cada reto con optimismo

A mi padre Gildardo Rivas, por su dedicación, gran apoyo y por ser mi gran ejemplo a seguir.

A mis hermanos Karina, Paco y Gilda por su gran apoyo y motivación para lograr cada meta que me propongo.

Agradecimientos

A mi familia, que con paciencia, dedicación y cariño me han brindado su ayuda para alcanzar todas mis metas.

Al M. en C. Ignacio García Sánchez por sus grandes consejos y experiencias compartidas.

A la Doctora Sandra Morales por todas enseñanzas y su gran ayuda a lo largo de la maestría.

Al Ingeniero Roque Sánchez por compartirme todo su conocimiento dentro de la Empresa de Electroodos.

Al Ingeniero Jorge Chávez por ayudarme a realizar este proyecto.

Agradecimientos especiales a la Empresa Fabricante de Electroodos para Soldar por abrir sus puertas y presentar interés por la realización de este estudio.

Al Centro Mexicano para la Producción más Limpia por su apoyo, enseñanzas y por ayudarnos a entrar a la empresa.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar el cálculo de la huella de carbono de tipo organizacional en una empresa que produce electrodos para soldar, con el fin de establecer estrategias de disminución de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para cumplir con la legislación nacional aplicable y alcanzar la meta de disminución de GEI que se ha propuesto el corporativo al que pertenece la empresa, ubicándose como la más importante productora de electrodos a nivel nacional y una de las más destacadas internacionalmente. La metodología adoptada para el cálculo de la huella de carbono es la del GHG Protocol. El estudio consideró los alcances 1 y 2 establecidos por la metodología, tomando como año base el periodo de Julio 2015 - Junio 2016. El Alcance 1 representa las emisiones directas producidas por el consumo de Gas Natural, Gas LP y la generación de residuos orgánicos dentro de la empresa. El Alcance 2 consideró las emisiones indirectas producto del consumo de energía eléctrica. Los resultados obtenidos mostraron que la mayor cantidad de CO₂eq se generó dentro del Alcance 1 (1,807.34 ton CO₂eq), seguido por las emisiones que considera el Alcance 2 (1,694.03 ton CO₂eq), generando una huella de carbono total de 3,501.38 Ton CO₂eq. Las propuestas de reducción de CO₂eq se centraron en disminuir el consumo de gas natural debido a que es el combustible que con mayor generación de CO₂eq. La realización de este estudio ayudara a que la organización pueda replicar esta metodología en sus diferentes sucursales a nivel mundial.

ABSTRACT

The objective of this study was to perform the calculation of the organizational carbon footprint in a company that produces electrodes for welding, in order to establish strategies for reduction of Greenhouse Gases (GHG) in order to comply with the applicable national legislation and to reach the goal of GHG reduction that has been proposed by the corporate it belongs to the company, ranking as the most important producer of electrodes at the national level and one of the most prominent internationally. The methodology adopted for the calculation of the carbon footprint is the GHG Protocol. The study considered the scope 1 and 2 established by the methodology, taking as the base year the period July 2015 - June 2016. The Scope 1 represents the direct emissions produced by the consumption of Natural Gas, LPG and the generation of organic waste within the company. The Scope 2 indirect emissions considered product consumption of electrical energy. The results obtained showed that the largest amount of CO₂e was generated within the Scope 1 (1,807.34 Ton CO₂e), followed by emissions that it considers the scope 2 (1,694.03 Ton CO₂e), generating a total carbon footprint of 3,501.38 Ton CO₂e. The CO₂e reduction proposals focused on reducing the consumption of natural gas because it is the fuel that with increased generation of CO₂e. The realization of this study will help the organization to replicate this methodology in its various branches at the global level.

CONTENIDO	
INTRODUCCIÓN	- 1 -
CAPÍTULO I	- 3 -
I. GENERALIDADES	- 4 -
1.1. Marco Conceptual	- 4 -
1.1.1. Cambio Climático	- 4 -
1.1.2. Huella de Carbono	- 5 -
1.1.3. Huella de Carbono Organizacional	- 6 -
1.1.4. Ventajas de Calcular una Huella de Carbono Organizacional	- 8 -
1.1.5. Principales Metodologías para el Cálculo de la Huella De Carbono. ...	- 8 -
1.1.6. Principios de Contabilidad y Reporte de GEI	- 9 -
1.2. Antecedentes	- 11 -
1.2.1. Tendencias Internacionales de Cálculo de Huella de Carbono.....	- 11 -
1.2.2. Situación en México	- 14 -
1.3. Justificación.....	- 21 -
1.4. Objetivos	- 22 -
1.4.1. Objetivo General.....	- 22 -
1.4.2. Objetivos Específicos	- 22 -
CAPÍTULO II	- 23 -
II. METODOLOGÍA	- 24 -
2.1. Generalidades de la Empresa.....	- 24 -
2.1.1. Descripción del Proceso	- 25 -
2.2. Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte del GHG Protocol	- 27 -
2.2.1. Determinación de los Límites de la Organización.	- 28 -
2.2.2. Determinar los Límites Operacionales.	- 28 -
2.2.3. Cálculo de las Emisiones de GEI.....	- 28 -
2.2.4. Estrategias de Mitigación y/o Compensación	- 33 -
CAPÍTULO III	- 35 -
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 36 -
3.1. Fuentes de Energía Utilizados.	- 36 -
3.1.1. Gas Natural y Gas LP.....	- 37 -

3.1.2. Energía Eléctrica.	- 37 -
3.1.3. Residuos Orgánicos	- 38 -
3.2. Inventario de Emisiones de GEI.....	- 38 -
3.2.1. Gas Natural	- 39 -
3.2.2. Gas LP.....	- 40 -
3.2.3. Energía Eléctrica.	- 40 -
3.2.4. Residuos Orgánicos.	- 41 -
3.2.5. Inventario Anual de Emisiones de GEI	- 42 -
3.3. Huella de Carbono.	- 44 -
3.3.1. Análisis de Resultados de la Huella de Carbono	- 47 -
3.4. Propuestas de Mitigación de Emisiones De GEI.....	- 48 -
3.4.1. Nuevos Ciclos de Secado.....	- 48 -
3.4.2. Disminución de Emisiones de GEI a partir de los Nuevos Ciclos de Secado.....	- 60 -
3.4.3. Beneficios Económicos.....	- 67 -
CONCLUSIONES	- 68 -
PARA TRABAJOS FUTUROS	- 69 -
BIBLIOGRAFÍA	- 70 -
ANEXOS	- 74 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Gases de efecto invernadero y su factor de calentamiento global. Fuente: IPCC,2007.....	- 5 -
Tabla 2. Instrumentos que complementan a la LGCC. Fuente: DOF, 2012	- 17 -
Tabla 3. Factores de emisión IPCC, 2006.....	- 32 -
Tabla 4. Calendario de Muestreo	- 33 -
Tabla 5. Levantamiento de Datos para las Fuentes ENERGÍA Jul 15 - Jun 16 -	36 -
Tabla 6. Generación de residuos orgánicos Jul15-Jun16.	- 38 -
Tabla 7. Inventario de emisiones de GEI para el gas natural jul15-jun16	- 39 -
Tabla 8. Inventario de emisiones de GEI para el gas LP jul15-jun16.....	- 40 -
Tabla 9. Inventario de emisiones de GEI para la energía eléctrica jul15 - jun16.....	- 41 -
Tabla 10. Inventario de Emisiones de GEI para los Residuos Orgánico, jul15- Jun16.....	- 42 -
Tabla 11. Inventario de emisiones de GEI de una empresa que fabrica electrodos para soldar	- 43 -
Tabla 12. Huella de Carbono Alcance 1	- 44 -
Tabla 13. Huella de Carbono Total.....	- 46 -
Tabla 14. Ahorro de energía con el nuevo ciclo de secado para el producto A.-	54 -
Tabla 15. Ahorro de energía con el nuevo ciclo de secado para el producto B.-	56 -
Tabla 16. Ahorro de energía con el nuevo ciclo de secado para el producto C.-	58 -
Tabla 17. Producción de Electroodos para Jul 15 - Jun 16.	- 60 -
Tabla 18. Aumento de producción con la productividad ideal en la línea 1.	- 65 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de elementos que componen los Alcances de la HC Organizacional. Fuente: GHG Protocol, 2005.	- 7 -
Figura 2. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 2013 Fuente: INECC,2013.....	- 15 -
Figura 3. Diagrama de proceso de fabricación de electrodos. Fuente LAF, empresa.	- 26 -
Figura 4. Metodología ECCR, elaboración propia.....	- 27 -
Figura 5. Muestra de Grano Fino	- 34 -
Figura 6. Consumo de Gas Natural por áreas.....	- 37 -
Figura 7. Consumo de Energía Eléctrica por áreas.....	- 37 -
Figura 8. Porcentaje de contribución de cada fuente de emisión al total de emisiones generadas.	- 43 -
Figura 9. emisiones de GEI por áreas para el alcance 1.....	- 45 -
Figura 10. Emisiones de GEI por Área para el Alcance 2.	- 46 -
Figura 11. Porcentaje correspondiente a cada área de la huella de carbono total... 47 -	- 47 -
Figura 12. Proceso de secado en el horno de baja temperatura.....	- 49 -
Figura 13. Proceso de secado en el horno de alta temperatura.....	- 49 -
Figura 14. (a)Pruebas de humedad producto A, zona de enfriamiento. (b) Pruebas de humedad producto A final, fin de ciclo de secado.	- 51 -
Figura 15. (a) Pruebas de humedad para el producto B, Zona de Enfriamiento, (b)Pruebas de humedad para el producto B, Ciclo final de secado.....	- 52 -
Figura 16. (a) Pruebas de humedad en horno de alta temperatura para el producto C, (b) Pruebas de humedad final de ciclo de secado para el producto C.....	- 53 -
Figura 17. (a)Pruebas de humedad final ciclo de secado original producto A, (b)Pruebas de humedad final nuevo ciclo de secado producto A.....	- 55 -
Figura 18.(a)Pruebas de humedad final ciclo de secado original producto B, (b)Pruebas de humedad final nuevo ciclo de secado producto B.....	- 57 -
Figura 19. (a)Pruebas de humedad final ciclo de secado original producto C, (b)Pruebas de humedad final nuevo ciclo de secado producto C.	- 59 -
Figura 20. Índice A1, GJ de gas natural consumido por tonelada de electrodos producidos para Jul 15 - Jun 16	- 61 -
Figura 21. Índice B1, Ton de CO ₂ eq emitidas por el consumo de gas natural por tonelada de electrodos producido jul 15 - jun 16.....	- 62 -
Figura 22. Índice A2, GJ de gas natural consumidos por tonelada de electrodos producidos con los nuevos ciclos de secado.....	- 63 -
Figura 23. Índice de Ton de CO ₂ eq emitidas por tonelada de electrodos producido Nov 16 - Mar 17.....	- 63 -
Figura 24. Índice A3, GJ de gas natural consumidos por tonelada de electrodos producidos con la productividad ideal en la línea 1	- 66 -

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global se ha convertido en una de las preocupaciones más crecientes de la sociedad global, superando incluso a la inquietud que produce la crisis financiera internacional. En ese contexto son cada vez más los consumidores que quieren cuantificar cuál es su propio aporte al creciente nivel de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

La Huella de Carbono (HC), se perfila como un indicador capaz de sintetizar los impactos provocados por las actividades del hombre en términos de emisiones de gases efecto invernadero, presentándose como una herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia proactiva en el logro de la sustentabilidad organizacional. (Wiedmann y Minx, 2008; Boiral, 2006; Wittneben y Kiyar, 2009). En particular, el uso de la HC ha encontrado un importante campo de contribución en la eficiencia energética y su impacto en los costos operacionales en las empresas, situación que mejora el margen de beneficios de las mismas contribuyendo no sólo a la sustentabilidad ambiental, sino también, a la rentabilidad económica. (Foran *et al.*, 2004).

El desarrollo de métodos para calcular las emisiones de carbono ha sido relativamente rápido y se han ido adaptando a las diversas políticas gubernamentales y las agendas corporativas (Plassmann *et al.*, 2010). Sin embargo, diversos intereses han impedido la adopción de una forma general para la cuantificación. Los principales intentos han sido patrocinados por gobiernos que buscan facilitar la definición de estándares nacionales que apuntan al cumplimiento de los compromisos de emisión adquiridos. Es por ello que la HC comienza a perfilarse como un útil mecanismo de protección para la competitividad de las producciones nacionales y un medio simple a la entrega de información a los consumidores. Esto está produciendo cambios en los precios relativos y en los costos de emitir carbono. Sin embargo, algo más importante que esto son las

modificaciones en los patrones de producción y consumo que se están desarrollando y que pueden dar origen a nuevas oportunidades de negocios (De La Torre *et al.*, 2009).

El presente estudio permitió que la empresa fabricante de electrodos para soldar calculara la huella de carbono organizacional con base a la metodología propuesta por el GHG Protocol, la cual, al ser una metodología internacional aplicable a cualquier tipo de organización ayudará a que el corporativo al que pertenece esta empresa, replique la metodología usada en las más de 40 sucursales con las que cuenta alrededor del mundo, obteniendo resultados homogéneos para llegar a la meta de reducir el 15% de las emisiones de GEI en todas sus plantas.

Además, generar la huella de carbono divida en la planta de producción y en el área administrativa ayudó a identificar áreas de oportunidad para la disminución de emisiones de GEI adecuándolas a cada proceso, por lo que se lograra generar una estrategia de disminución de emisiones adecuada al presupuesto y alcance de la empresa.

El estudio se conformó por tres capítulos, en donde el capítulo uno presenta conceptos importantes para el desarrollo del estudio, así como antecedentes para conocer la relevancia del trabajo propuesto. El capítulo dos muestra la descripción del área de estudio y la metodología propuesta para el desarrollo del trabajo y en el capítulo tres se desarrollan los resultados obtenidos en base a la metodología propuesta, así como un análisis detallado de estos. Además, se incluyen las conclusiones del estudio y algunas propuestas para trabajos futuros.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

I. GENERALIDADES

1.1. MARCO CONCEPTUAL

1.1.1. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático, su origen antropogénico y su presencia a pesar de cualquier acción de reparo son hechos incontrovertibles para un gran número de sociedades científicas (Costello, *et al.* 2009), así como para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) auspiciado por Naciones Unidas (Solomon *et al.*, 2007) El IPCC-2007 ha sintetizado los resultados de 23 modelos de circulación general atmosférica-oceánica para predecir el futuro incremento de las temperaturas terrestres basado en seis escenarios de emisiones de gases invernadero.

El IPCC-2007 dentro de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su Artículo 1, define al cambio climático como: cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Este efecto es provocado principalmente por el Efecto Invernadero que es el fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar (IPCC, 2007).

En 1997, realizándose la CMNUCC en la ciudad de Tokio se crea el “Protocolo de Kioto” donde establece los seis gases de efecto invernadero (ver Tabla 1).

Además, establece la siguiente norma: Se espera que los países industrializados (desarrollados) reduzcan en un 5.2 % sus emisiones de gases de efecto invernadero basándose en los niveles medidos en 1990, (ONU, 1998).

Tabla 1. Gases de efecto invernadero y su factor de calentamiento global. Fuente: IPCC,2007

GASES DE EFECTO INVERNADERO

Nombre	Formula Química	Potencial de calentamiento mundial para tiempo dado de Horizonte		
		20-años	100-años	500-años
<i>Dióxido de carbono</i>	CO ₂	1	1	1
<i>Metano</i>	CH ₄	72	25	7.6
<i>Óxido nitroso</i>	N ₂ O	289	298	153
<i>Hidrofluorocarbonos</i>	HFC	12,000	14,800	12,000
<i>Perfluorocarbonos</i>	PFC	6,310	8,830	12,500
<i>Hexafluoruro de azufre</i>	SF ₆	16,300	22,800	32,600

1.1.2. HUELLA DE CARBONO

Comúnmente la huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos, aunque el espectro de definiciones varía desde un mirada simplista que contempla sólo las emisiones directas de CO₂, a otras más complejas, asociadas al ciclo de vida completo 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. Las definiciones existentes en la literatura se centran en el CO₂ como el principal eje de análisis, siendo la gran diferencia entre éstas, además del alcance de la huella, la inclusión de los demás gases de efecto invernadero. La propiedad a la que frecuentemente se refiere la huella de carbono es el peso en kilogramos o toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero emitida por persona o actividad. (Wiedmann y Minx, 2008).

1.1.3. HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL

Consiste básicamente en recopilar los datos referentes a los consumos de una determinada entidad u organización y convertirlos a emisiones de CO₂ equivalentes con el fin de contar con un inventario de emisiones lo más completo posible. Para esta conversión existen diferentes técnicas según el tipo de recurso consumido (Jiménez, 2014).

Las emisiones asociadas a las operaciones de una organización se pueden clasificar en (GHG Protocol 2005):

- Emisiones Directas: son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la organización. De una manera muy simplificada, podrían entenderse como las emisiones producidas *in situ* en el lugar donde se produce la actividad, por ejemplo, las emisiones debidas a la quema de combustibles fósiles.
- Emisiones Indirectas: son emisiones consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización. Un ejemplo de emisión indirecta es la emisión procedente de la electricidad consumida por una organización, cuyas emisiones han sido producidas en el lugar en el que se generó dicha electricidad.

Una vez definida la clasificación de emisiones dentro de una organización se realiza otra clasificación en 3 alcances para facilitar la detección de todas ellas, dichos alcances son (GHG Protocol 2005):

- Alcance 1: emisiones directas de GEI. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad de o están controladas por la entidad en cuestión. También incluye las emisiones fugitivas (p.ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH₄ de conductos).

- Alcance 2: emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- Alcance 3: otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo con medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

En la Figura 1 se muestran los alcances citados gráficamente:

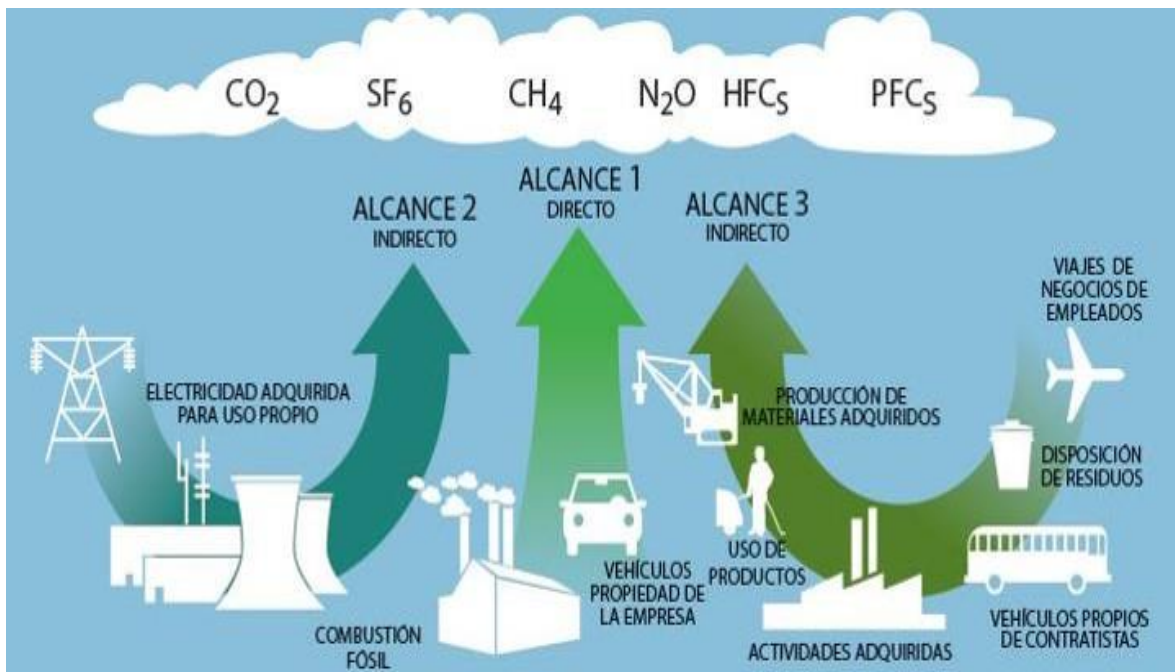


Figura 1. Esquema de elementos que componen los Alcances de la HC Organizacional. Fuente: GHG Protocol, 2005.

1.1.4. VENTAJAS DE CÁLCULAR UNA HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL

El cálculo de la huella de carbono de una organización es una herramienta que ayuda a reducir los costos que implican los consumos de energía y, por otro lado, contribuye a la reducción de las emisiones de GEI y a una mayor concientización medioambiental. Por lo tanto, la entidad que calcula la huella de carbono, además de contribuir a la lucha contra el cambio climático, tiene las siguientes ventajas (MAAMA, 2014):

- 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 la reputación corporativa y el posicionamiento de la empresa. Obtención de reconocimiento externo por el hecho de realizar acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.
- Identificar nuevas oportunidades de negocio: atraer inversionistas y clientes sensibilizados con el cambio climático y el medio ambiente.

1.1.5. PRINCIPALES METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.

Para el cálculo de la HC existen diversas normas y guías internacionales, todas estas herramientas tienen como objetivo dar credibilidad y aseguramiento a los informes de emisión de GEI. Dentro de las metodologías para el cálculo de la huella de carbono organizacional, las más relevantes son:

- ISO 14064. Tiene como objetivo dar credibilidad y aseguramiento a los informes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI. Esta norma puede ser usada por cualquier organización. En la parte 1 de la norma ISO 14064 se detallan los principios y requerimiento para el diseño, desarrollo y gestión y elaboración de un informe de huella de carbono (ISO 14064, 2010).
- GHG Protocol. Es una iniciativa puesta en marcha por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés), apoyada además por numerosas empresas, organizaciones no gubernamentales y administraciones públicas. Provee una guía minuciosa para empresas interesadas en cuantificar e informar de sus emisiones de GEI (GHG Protocol, 2005).
- MC3. La metodología MC3 se basa en la huella ecológica, presenta un “enfoque a la organización” que incluye un enfoque “bottom-up” para los productos de entrada y “top-down” para los productos de salida permitiendo el cálculo simultáneo de la huella de organizaciones y de productos. La totalidad de los datos se obtiene a partir de las cuentas contables de la organización lo cual permite una relación total entre el aspecto económico y el aspecto ambiental de la organización (Penela, Carme, & Doménech, 2009).

Cualquiera de estas metodologías ayuda al usuario a dar los pasos adecuados en el desarrollo de las tareas para el cálculo de su huella de carbono.

Para este estudio se optó por la metodología propuesta por el GHG Protocol que se desarrollará en el siguiente capítulo.

1.1.6. PRINCIPIOS DE CONTABILIDAD Y REPORTE DE GEI

Las prácticas de contabilidad y reporte de GEI se encuentran en plena evolución y son nuevas para muchas empresas; sin embargo, los principios enlistados a

continuación se derivan, en parte, de principios de contabilidad y reporte financieros generalmente aceptados. También son el resultado de un proceso de colaboración que ha involucrado a diversas partes representativas de una amplia gama de disciplinas técnicas, ambientales y contables (ECCR, 2014).

La contabilidad y el reporte de GEI de este estudio se basó en los siguientes principios:

- **Relevancia:** Asegura que el inventario de GEI refleje de manera apropiada las emisiones de una empresa y que sea un elemento objetivo en la toma de decisiones tanto de usuarios internos como externos a la empresa.
- **Integridad:** Conlleva a hacer la contabilidad y el reporte de manera íntegra, abarcando todas las fuentes de emisión de GEI y las actividades incluidas en el límite del inventario. Se debe reportar y justificar cualquier excepción a este principio general.
- **Consistencia:** Utiliza metodologías consistentes que permitan comparaciones significativas de las emisiones a lo largo del tiempo. Documenta de manera transparente cualquier cambio en los datos, en el límite del inventario, en los métodos de cálculo o en cualquier otro factor relevante en una serie de tiempo.
- **Transparencia:** Atiende todas las cuestiones significativas o relevantes de manera objetiva y coherente, basada en un seguimiento de auditoría transparente. Revela todos los supuestos de importancia y hace referencias apropiadas a las metodologías de contabilidad y cálculo, al igual que a las fuentes de información utilizadas.
- **Precisión:** Asegura que la cuantificación de las emisiones de GEI no observe errores sistemáticos o desviaciones con respecto a las emisiones reales, hasta donde pueda ser evaluado, y de tal manera que la incertidumbre sea reducida en lo posible. Es necesario adquirir una precisión suficiente que permita a los usuarios tomar decisiones con una confianza razonable con respecto a la integridad de la información reportada.

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. TENDENCIAS INTERNACIONALES DE CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO.

Las empresas perciben que se enfrentarán pronto con una economía con obligaciones de reducción de CO₂, dónde las emisiones de GEI estarán sujetas a impuestos, restricciones o regulaciones, reconociendo que habrá ganadores y perdedores, y claramente el primer desafío para una empresa es realizar un inventario de sus emisiones (Kleiner,2007).

La reducción de las emisiones y el análisis de la HC a lo largo de la cadena de producción y de suministros por parte de las empresas es altamente relevante para el desarrollo sustentable, siendo un tema cada vez más importante para el sector empresarial (Schaltegger & Csutora, 2012).

La contabilidad de carbono empresarial dirigida al cálculo de HC organizacional ayuda a aumentar la transparencia, y en este contexto se ha desarrollado como un medio para garantizar la legitimidad de las empresas (Schaltegger & Csutora, 2012). Los objetivos de sustentabilidad de las empresas están relacionados principalmente con la competitividad, con los costos, con enfrentar los riesgos regulatorios, con la percepción de los consumidores y con la posición de mercado (Bockel, et al., 2011).

Las estimaciones de GEI permiten a las empresas identificar los puntos de referencia con respecto el nivel del impacto y clarificar las fuentes de las emisiones (Schaltegger & Csutora, 2012); además permite el manejo de los riesgos asociados a emisiones de gases, la identificación de oportunidades de reducción, el reporte público y la participación en programas voluntarios de GEI, la participación en programas de reporte obligatorio, la participación en mercados de GEI y el reconocimiento por actuación temprana (WRI& WBCSD, 2004).

Algunos casos de empresas que han desarrollado el cálculo de la HC utilizando el GHG protocol o metodologías en base a ésta, se muestran a continuación:

Una de las mayores productoras de pintura a nivel mundial ubicada en Lahore, Pakistán, con el fin de mostrar el compromiso con el cumplimiento ambiental ha tenido en cuenta las exigencias nacionales e internacionales, la industria ha adoptado varias medidas para demostrar su compromiso con el medio ambiente y consideró el cálculo y estimación de su huella de carbono como un paso hacia adelante para este compromiso. Se establecieron los 3 niveles de alcance de acuerdo al GHG Protocol. La mayor cantidad de emisiones fue liberada en el Alcance 1. La huella de carbono total calculado para la industria fue de 2,105.733 tCO₂eq (Alves, *et. at.*, 2009).

La empresa Hyundai Motors Co. Ubicada en Korea del Sur en 2011 realizó un estudio con el propósito de explorar e investigar la medición de la huella de carbono y los programas medioambientales en la gestión de la cadena de suministro. Se utilizó una metodología de estudio de caso en base al estándar de contabilidad y reporte de GHG Protocol y emplea métodos cualitativos de entrevistas y análisis de documentos para recoger datos sobre la empresa y su proveedor clave de primer nivel. Los resultados del estudio muestran que una acción estratégica clave para poner en práctica la gestión del carbono es identificar y medir la huella de carbono de los productos y procesos dentro de la cadena de suministro. Se presenta un marco de medición de la huella de carbono y los diferentes niveles de categorías de adopción de CO₂ desarrolladas en HMC. Al monitorear y evaluar el desempeño de las emisiones de CO₂ de los proveedores, la empresa puede evitar riesgos relacionados con el carbono y conservar la competitividad sobre la base de su cadena de suministro (Lee & Cheong, 2011).

En 2014 la Chalmers University of Technology de Suecia realizó el cálculo de la huella de carbono en métodos para el reciclado de residuos textiles y en la incineración de residuos textiles con el fin de cuantificar la disminución de emisiones de GEI y el ahorro de energía primaria con el fin de disminuir las emisiones de GEI

provocadas por la incineración de estos residuos. Los procesos de reciclaje fueron: reutilización del material de residuos textiles de calidad adecuada; separación de celulosa de poliéster usando N-óxido de N-metilmorfolina como disolvente; y reciclaje químico de poliéster. Estos se compararon con la incineración, que representa el tratamiento convencional de los residuos textiles en Suecia. Los resultados mostraron que la incineración tiene el mayor potencial de calentamiento global y el uso de energía primaria. El proceso de reutilización de materiales presentó el mejor rendimiento de los sistemas estudiados, con ahorros de 8 toneladas de CO₂eq y 164 GJ de energía primaria por tonelada de residuos textiles. La integración de estas tecnologías de reciclado para el uso óptimo de sus diferentes características para el tratamiento de 1 tonelada de residuos textiles muestra que se podrían ahorrar 10 toneladas de CO₂eq y 169 GJ de energía primaria (Zamani, Peters, & Rydberg, 2014).

La Universidad de Madrid, España en 2015 presentó el cálculo de la huella de carbono del sector industrial utilizando la metodología del GHG Protocol, durante la etapa de planificación urbana con el fin de desarrollar y aplicar claramente medidas preventivas en un grupo de municipios de una provincia al sur de Madrid. El cálculo de la huella se centra en los procedimientos de planificación urbana industrial y tomó en cuenta la infraestructura urbana en la caracterización de las emisiones de GEI. Permitted la implementación de medidas preventivas basadas en criterios de diseño de sustentabilidad. La metodología se derivó para categorías específicas de actividad industrial. Los resultados indican que la huella de carbono promedio de las actividades industriales varía entre 137.36 kgCO₂eq/m² y 607.25 kgCO₂eq/m² dependiendo de la actividad. El gas y la electricidad fueron las fuentes de emisiones más importantes para las actividades industriales más contaminantes (productos minerales químicos y no metálicos), mientras que el transporte fue la fuente más importante para otras actividades. Los municipios pueden tener una influencia decisiva en la huella de carbono industrial porque, a excepción de la gestión de residuos y de dos actividades industriales relacionadas con la electricidad, la

mayoría de las reducciones pueden lograrse a través de variables de decisión de planificación urbana (Zubelzu & Álvarez, 2015).

1.2.2. SITUACIÓN EN MÉXICO

Según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto invernadero 2013, la contribución de las emisiones de los GEI de las diferentes categorías en términos de CO₂ equivalente es la siguiente: la categoría de Fuentes móviles representó 26.2% (174 Mt de CO₂eq); Generación eléctrica, 19% (127 Mt de CO₂eq); Procesos Industriales, 17.3% (115 Mt de CO₂eq); Petróleo y Gas, 12.1% (80 Mt de CO₂eq) Sector Agropecuario, 12% (80 Mt de CO₂eq), USCUSS, 4.9% (32 Mt de CO₂eq); Residuos 4.6 % (31 Mt de CO₂eq) y Residencial comercial con 3.9% (26 Mt de CO₂eq), dando un gran total de 665 Mt de CO₂eq. Ver Figura 2. (INECC,2013).

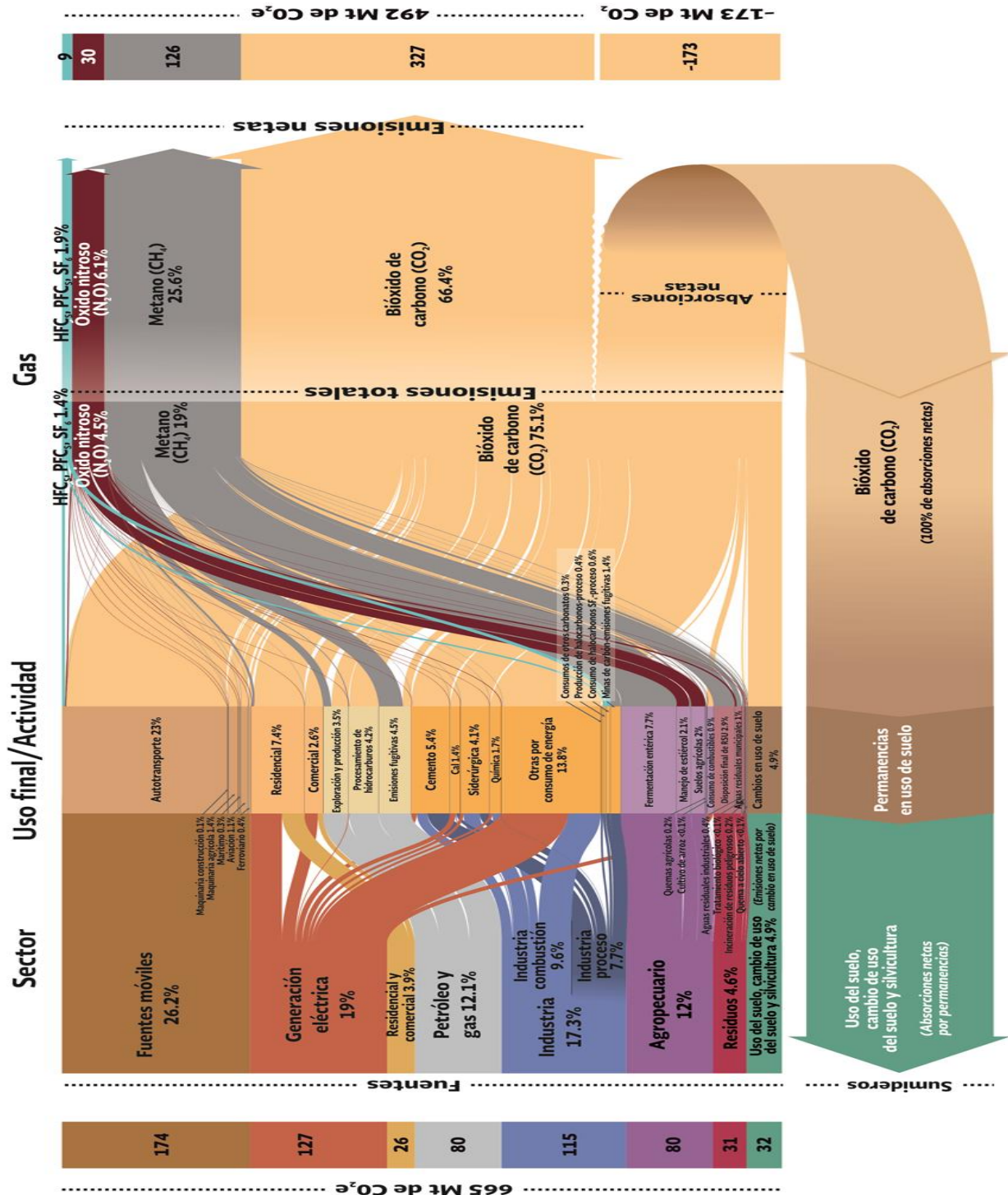


Figura 2. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 2013 Fuente: INECC,2013

El principal instrumento de política con que cuenta el país para enfrentar el cambio climático es la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y su respectivo reglamento (RLGCC), (DOF, 2012).

Este ordenamiento tiene como objetivo regular, fomentar y posibilitar la instrumentación de la política nacional de cambio climático e incorpora acciones de adaptación y mitigación con un enfoque de largo plazo, sistemático, descentralizado, participativo e integral.

La LGCC determina de manera clara el alcance y contenido de la política nacional de cambio climático, define las obligaciones de las autoridades del Estado y las facultades de los tres órdenes de gobierno, además establece los mecanismos institucionales necesarios para enfrentar este reto. Conforme a la Ley, la federación es la encargada de formular y conducir la política nacional de cambio climático de acuerdo con principios claramente definidos, entre los que destaca de manera relevante la corresponsabilidad social.

El RLGCC prevé, además, otras herramientas como el Inventario de Emisiones de GEI, el Registro Nacional de Emisiones, el Sistema de Información sobre Cambio Climático, el Fondo para el Cambio Climático, los instrumentos económicos, las normas oficiales mexicanas, y los atlas nacionales, estatales y municipales de riesgo. La Tabla 2 muestra algunos de estos instrumentos y señala los órdenes de gobierno involucrados con estos instrumentos.

Tabla 2. Instrumentos que complementan a la LGCC. Fuente: DOF, 2012

	<i>NACIONAL</i>	<i>FEDERAL</i>	<i>ESTATAL</i>	<i>MUNICIPAL</i>
MARCO JURÍDICO	Ley General De Cambio Climático	Programa Especial de Cambio Climático	Leyes Estatales en Materia de Cambio Climático Existentes.	
PLANEACIÓN	Estrategia Nacional de Cambio Climático	Climático	Programas Estatales de Cambio Climático	Programas Municipales en Materia de Cambio Climático
ARREGLOS INSTITUCIONALES	Sistema Nacional de Cambio Climático	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático	Comisiones Estatales Intersecretariales de Cambio Climático	
INSTRUMENTOS	INECC	Consejo de Cambio Climático		
	RENE		Inventarios Estatales de Emisiones	Atlas de Riesgos de Municipios Vulnerables
	Inventario Nacional de Emisiones	Normas Oficiales Mexicanas		
	Atlas Nacional de Riesgos		Atlas Estatales de Riesgos	
	Sistemas de Información			
EVALUACIÓN	Coordinación de Evaluación INECC	Coordinación de Evaluación INECC	Procedimientos de Evaluación del Programa Estatal	Procedimientos de Evaluación del Programa Estatal
FINANCIAMIENTO	Fondo de Cambio Climático	Fondo de Cambio Climático	Fondo de Cambio Climático y Fondos Estatales	Fondo de Cambio Climático y Gestión de otros Recursos

Diario Oficial de la Nación. Ley General de Cambio Climático.2012. Visitado el 11/05/2016 en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130515.pdf

Además de las LGCC y sus instrumentos existe El Programa GEI México, programa nacional voluntario de contabilidad y reporte de Gases Efecto Invernadero (GEI) y promoción de proyectos de reducción de emisiones GEI. El Programa es una alianza público-privada coordinada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión de Estudios del Sector privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) del Consejo Coordinador Empresarial. El programa cuenta con el apoyo técnico del Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute-WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD) creadores del GHG Protocol. (GEI México, 2012).

El programa nace bajo la premisa de “lo que no se mide no se controla”. El programa se enfocó inicialmente a desarrollar capacidad técnica para la cuantificación de emisiones de gases GEI. Conociendo las fuentes de emisión y estimando las emisiones de gases GEI, es posible identificar las áreas de oportunidad para desarrollar proyectos que mejoren los consumos energéticos y por ende, logren reducir las emisiones de GEI (GEI México, 2012).

Las empresas en México han comenzado a involucrarse en la conservación y cuidado ambiental implementando programas de mitigación de emisiones de CO₂. Lo anterior es una ventaja competitiva para aquellas empresas que han comenzado a implementar medidas de mitigación de emisiones y que están en condiciones de darlas a conocer, (Forbes México, 2014).

Algunos estudios donde se han realizado huellas de carbono de tipo organizacional en México se muestran a continuación:

Grupo Bimbo en su informe anual, reporto en su huella de carbono que, en 2011, las operaciones de las plantas de producción emitieron el 52.9% del total de emisiones registradas, tanto por el uso de energía directa (principalmente gas natural, gas LP y combustóleo) como de energía indirecta (electricidad). Por lo que desarrollaron planes para reducir sus emisiones, en 2011 lograron reducir el

consumo de electricidad y gas tanto en fábricas como en centros de venta. Tomando como base el año 2009, lograron una reducción de 1.93% y 4.65% entre 2009 y 2011, respectivamente. Esta mejora en eficiencia energética se ha logrado gracias a la réplica de buenas prácticas. Destacan entre ellas la concientización y capacitación a sus colaboradores, el desarrollo de estrictas rutinas de mantenimiento, la implementación de equipos para una mayor eficiencia de los procesos y el suministro de servicios en los procesos de mayor consumo de energía eléctrica y térmica, (Bimbo, 2011).

La agroindustria azucarera ha sido identificada como una de las oportunidades para mitigar las emisiones en este país. El objetivo de este trabajo realizado en 2013 por la UNAM en conjunto con la Universidad Veracruzana fue contribuir a la identificación de medidas y prácticas de política para la producción de azúcar bajo en carbono mediante la evaluación de la huella de carbono de los azúcares producidos en cuatro molinos de azúcar en México usando un método de análisis de ciclo de vida (ACV) y el cálculo de la huella de carbono en el proceso. Los límites del sistema incluyeron las prácticas agrícolas, la cosecha de caña de azúcar, la molienda de caña de azúcar y la conversión. Los resultados mostraron que la producción de azúcar tiene valores de huella de carbono en un intervalo de 0.45 a 0.63 kg CO₂eq/kg de azúcar. En los cuatro casos, la etapa agrícola contribuyó a la mayoría de las emisiones de carbono (59 y 74%). La mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero en la etapa agrícola eran generadas por la producción de fertilizantes, emisiones de óxido nitroso (N₂O) y la quema de biomasa. La cogeneración en los ingenios podría convertirse en una forma importante de reducir la huella de carbono de azúcar y para producir electricidad con bajas emisiones de carbono. Esta es la primera vez que un ACV se utilizó para calcular la huella de carbono de la producción de azúcar en México, incluyendo las fronteras agrícolas, industriales y de transporte, para identificar oportunidades de mitigación de gases de efecto invernadero. La aplicación de medidas concretas de política pública a

estas áreas de oportunidad permitiría la producción de azúcar bajo en carbono en México (Aguilar, *et al*, 2013).

La Universidad Autónoma de México (UNAM) desarrollo el inventario de GEI de 2010 del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con el fin de unirse al objetivo de reducción del 50% que ha fijado México para 2050. El informe de inventario se desarrolló utilizando la metodología de Huella de Carbono Organizacional del GHG Protocol, considero las siguientes categorías de actividad: generación de energía eléctrica, flota de vehículos, electricidad comprada, desplazamientos, viajes aéreos, envíos de mensajería, consumo de papel y residuos sólidos. La huella de carbono total del Instituto de Ingeniería en 2010 se calculó en alrededor de 1577 tCO₂eq, donde el 42% de las emisiones de gases de efecto invernadero fueron generados por el uso de la electricidad, el 50% por el transporte; Incluyendo su propia flota y vehículos de desplazamiento, 5% por viajes aéreos, 1% por embarques, 1% por papel y 1% asociado a la disposición final de residuos sólidos. Se proponen cuatro escenarios de reducción potencial basados en cambios en la actividad de conmutación (Güereca, Torres, & Noyola, 2013).

En 2014 PEMEX desarrollo el Plan de Acción Climática, el cual quedara integrado en la Estrategia Ambiental de PEMEX 2016-2020, a fin de reducir las emisiones de GEI y contribuir al cumplimiento de las metas establecidas en los programas federales de combate al cambio climático. Por lo que la huella de carbono generada en 2014 fue de 55,617,558 ton de CO₂eq. Con el fin de disminuir esta huella se desarrollaron estrategias de disminución basadas en la eficiencia energética de 464 instalaciones y programas de recuperación mejorada de petróleo (PEMEX, 2014).

1.3. JUSTIFICACIÓN

A partir de la creación de la Ley General de Cambio Climático y su respectivo reglamento en el país, las organizaciones que generen 25,000 ton de CO₂eq o más anualmente, se ven obligadas a reportar sus emisiones por medio del Registro Nacional de Emisiones (RENE) o en la Cedula de Operación Anual (COA). Por lo que calcular la huella de carbono y crear un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ayudará a la empresa a conocer si deben reportar sus emisiones para cumplir con la legislación nacional.

La empresa de electrodos para soldar pertenece a un corporativo a nivel mundial que se ha establecido como meta para el año 2020, disminuir el 15 % de sus emisiones de GEI, por lo que calcular la huella de carbono de tipo organizacional en base a una metodología internacional como lo es el GHG Protocol aplicable a cualquier tipo de organización, ayudará a que este estudio se replique en las más de 40 sucursales a nivel mundial pertenecientes a este corporativo, generando un análisis homogéneo para desarrollo de estrategias de disminución de emisiones pertinentes para cumplir su meta.

Además, al realizar el cálculo de la huella de carbono dividida en la planta de producción y el área administrativa se podrán identificar áreas de oportunidad para la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero adecuándolas a cada proceso, por lo que se logrará generar estrategias de disminución de emisiones adecuadas al presupuesto de la empresa y servirá como indicador de eficiencia energética dentro de la empresa.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Calcular la huella de carbono organizacional en una empresa que fabrica electrodos para soldar y desarrollar estrategias de disminución de gases de efecto invernadero aplicables en las áreas de proceso y oficinas.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener los datos de consumo de energía de la empresa.
- Realizar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- Calcular la huella de carbono organizacional para el proceso y oficinas.
- Identificar áreas de oportunidad de disminución de GEI.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

II. METODOLOGÍA

2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa de electrodos para soldar pertenece a un corporativo el cual cuenta con varias plantas alrededor del mundo, es la mayor productora de electrodos a nivel nacional y una de las más importantes a nivel internacional, se encuentra dentro del giro Metal-Mecánico, dentro de la rama industrial 54, “Fabricantes de soldadura y aleaciones para soldar”, (CANACINTRA,2016). Por lo que en el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero se encuentra dentro de la rama de generación de Procesos Industriales en otras industrias, que aporta el 14.36 % de las emisiones totales de GEI en el país (INECC, 2013).

La empresa se encuentra ubicada en la colonia Industrial Vallejo; en la Ciudad de México. Cuenta con 4 líneas de fabricación de electrodos convencionales y 1 línea de electros de aluminio y especiales, un personal de 384 empleados. Para el año Julio 2015 – Jun 2016 se produjeron 18,019,157 kg de electrodos. Sus principales consumos energéticos son el gas natural en los hornos de secado y la energía eléctrica dentro de todo el proceso y las instalaciones administrativas.

El corporativo busca consolidar la conciencia ecológica en todas sus plantas involucrando al personal de todos los niveles para mejorar la gestión ambiental y promover las acciones tendientes al mejor aprovechamiento de los recursos naturales (renovables y no renovables). Por ello, tiene como meta disminuir el 15 % de sus emisiones de GEI en todas sus plantas, aunque no cuenta con una metodología para realizar el inventario de emisiones de GEI que sea aplicable en todas sus plantas.

2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La descripción del proceso se muestra en la Figura 3. El proceso inicia cuando llega el material al almacén de materias primas químicas, alambrón y materiales de empaque (1); el material químico pasa a los contenedores (2) y el alambrón pasa al área de trefilado (6) donde se realiza el estiramiento de la varilla; los materiales químicos pasan al área de mezcla seca (3) que de acuerdo con el tipo de producto que se fabrique se realiza la fórmula; una vez que sale la mezcla seca pasa al área de mezcla húmeda (4) donde se adicionan silicatos y/o agua que permite que se unan todos los materiales. Una vez terminado este proceso para al área de taqueteado (5); donde se forman los cilindros que posteriormente se unen con el alambrón.

El alambrón pasa por el área de trefilado (6), entra a un descascarado (7) donde se realiza una limpieza mecánica del material y una lubricación (8) donde se le adicionan jabones para limpieza del alambre. Una vez terminado este proceso para el corte de varilla (9) donde dependiendo del tipo de producto se corta a las medidas requeridas.

En el proceso de extrusión (10) se une la pasta con la varilla, pasa a un proceso de horneado (11) donde se seca el electrodo, una vez que sale del horno pasa al área de empaque (12) y es llevado al almacén de producto terminado (13)

El proceso para la fabricación de electrodos de aluminio y especiales se realiza de la misma forma que la fabricación de los convencionales hasta el área de horneado donde primero pasa a un pre-secado, una vez pre-secado el material pasa a los hornos donde se realiza el secado final y son llevados al área de empackado colocándose en los empaques correspondientes de acuerdo al tipo de material, una vez terminado el proceso el producto final es llevado al almacén de producto terminado.

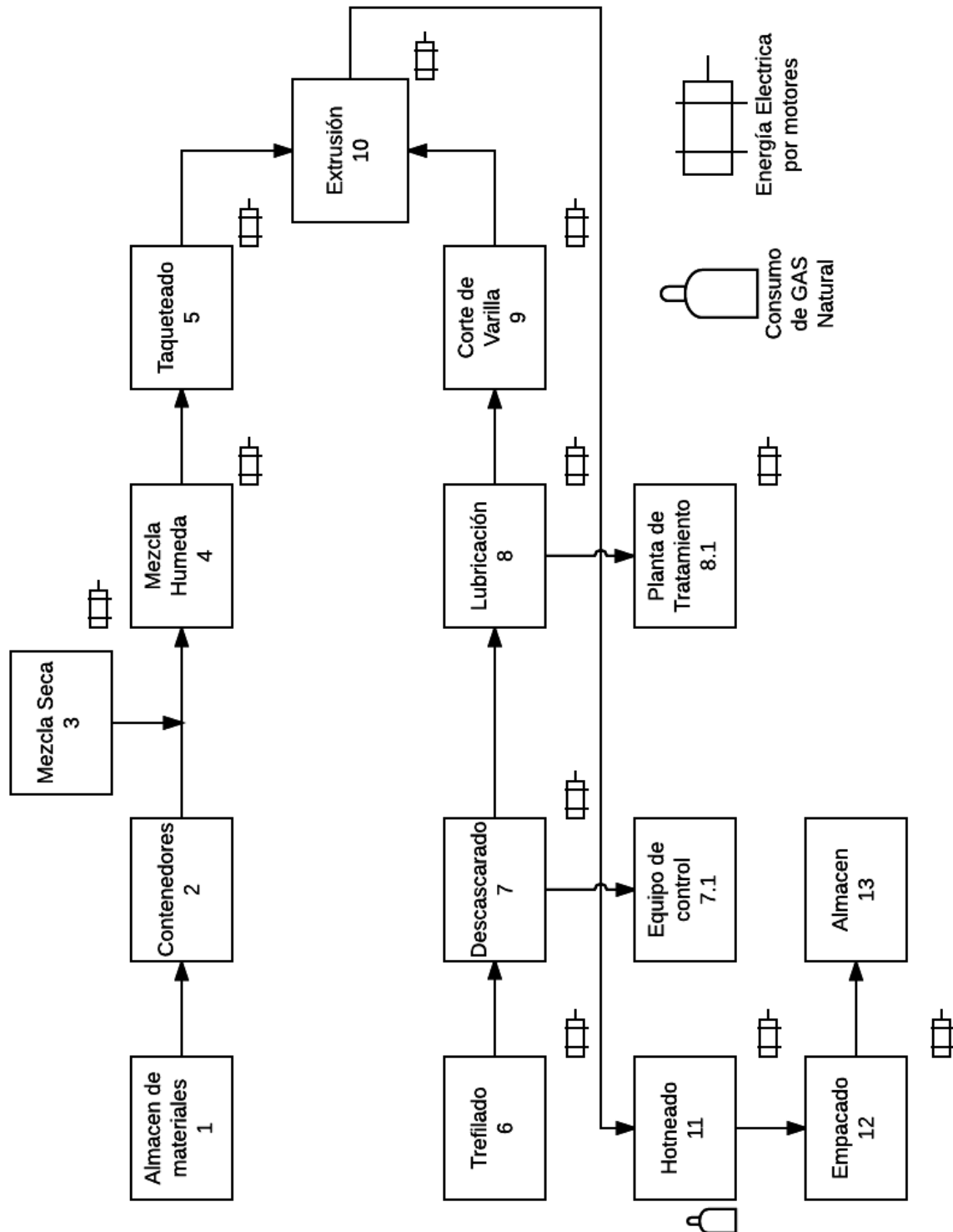


Figura 3. Diagrama de proceso de fabricación de electrodos. Fuente LAF, empresa.

La empresa cuenta con áreas de servicio de mantenimiento, que les da soporte a los equipos, así como a infraestructura. El taller mecánico es utilizado para diversas actividades de mantenimiento; cuenta con baños y comedor que es utilizado por el personal administrativo, sindicalizados, visitas y proveedores. Dentro de las instalaciones se cuenta con un edificio donde se realizan actividades administrativas de la operación.

La empresa cuenta con una planta de tratamiento de agua (8.1) donde es tratada el agua de proceso que estuvo en contacto con diversos contaminantes dentro del mismo proceso.

2.2. ESTANDAR CORPORATIVO DE CONTABILIDAD Y REPORTE DEL GHG PROTOCOL

La metodología utilizada para el cálculo de la HC es el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo del GHG Protocol (ECCR), que establece una estructura para el cálculo y reporte de la huella de carbono, siendo esta la principal diferencia con las otras herramientas de cálculo, es usada por el programa el GEI México, empresas nacionales e internacionales por lo que en base a pláticas con la empresa el ECCR es a metodología que mejor se adapta. Ver Figura 4.

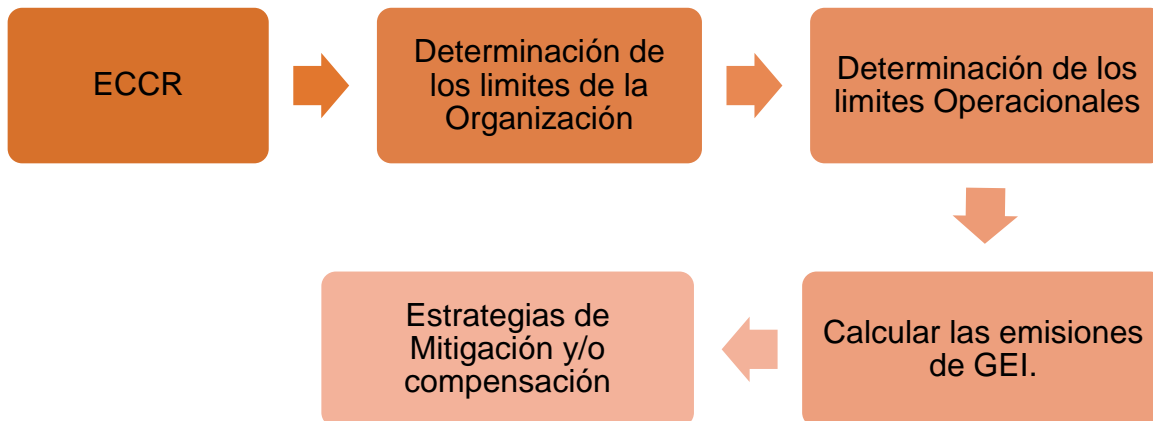


Figura 4. Metodología ECCR, elaboración propia.

2.2.1. DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE LA ORGANIZACIÓN.

Para definir el alcance de la organización cuyas emisiones van a ser contabilizadas. Existen dos tipos de enfoques para fijar los límites de la organización: el accionario o el de control (o ambos). El primero consiste en contabilizar las emisiones de las empresas donde se cuenta con acciones, aunque no se tenga el control de sus operaciones. El segundo consiste en contabilizar las emisiones de aquellas empresas sobre las que ejerce el control de sus operaciones (bien sea un control financiero o un control operativo). No se deben contabilizar las emisiones procedentes de operaciones de las cuales la empresa es propietaria de alguna participación, pero no tiene el control de las mismas. Para este estudio se decidió utilizar el límite de control.

2.2.2. DETERMINAR LOS LÍMITES OPERACIONALES.

Consiste en determinar qué tipo de emisiones van a ser incluidas en el inventario: Para este estudio se utilizaron el Alcance 1 (emisiones directas) y el Alcance 2 (emisiones indirectas). Juntos, los límites organizacionales y los límites operacionales, constituyen el límite del inventario de la empresa.

2.2.3. CALCULO DE LAS EMISIONES DE GEI.

Para el cálculo de emisiones de GEI propiamente dicho, debemos dar los siguientes pasos:

- a) Identificación y documentación de las fuentes y sumideros de GEI. Las fuentes de generación de GEI se dividieron en 3 sectores, consumo de energía térmica, consumo de energía eléctrica y residuos orgánicos.

- b) Selección y justificación de un método de cálculo que minimice al máximo la incertidumbre de las estimaciones y produzcan resultados lo más precisos posible.

En general, las emisiones de cada gas de efecto invernadero de fuentes estacionarias (Alcance 1), se calculan multiplicando el consumo de combustible por el factor de emisión correspondiente.

Para aplicar una estimación de emisión se requiere lo siguiente para cada categoría de fuente y combustible:

- datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente.
- un factor de emisión por defecto.

Se utiliza la ecuación 1:

$$\begin{aligned} & \textit{Emisiones de gases de efecto invernadero} = \\ & \textit{Consumo de combustible} \times \textit{Factor de emisión GEI}. \end{aligned} \quad (1)$$

Para el cálculo de emisiones del Alcance 1 se utilizó el Stationary Combustión Tool Versión 4-1 del GHG Protocol para las categorías energía térmica y Residuos.

Esta herramienta calcula las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de la combustión de combustibles en calderas, hornos y otros equipos estacionarios de combustión y las convierten en CO₂eq. Puede ser utilizado por organizaciones de cualquier sector.

La mayoría de las veces, sólo se necesita proporcionar información sobre el tipo y la cantidad de combustible quemado, así como el sector industrial. Las emisiones se calculan automáticamente utilizando factores de emisión por defecto, elegidos para reflejar esta información. Se debe

seleccionar un sector antes de que se puedan calcular las emisiones de CH₄ y N₂O.

Esta herramienta utiliza los factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

El cálculo de emisiones de GEI para la energía eléctrica (Alcance 2), se calculó utilizando la ecuación 2 dada por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, (SEMARNAT,2016):

$$\text{Emisiones de GEI por consumo eléctrico} = \text{Consumo Electrico (MWh)} \times \text{Factor de emisión nacional} \frac{\text{tonCO}_2}{\text{MWh}} \quad (2)$$

- c) Selección y recopilación de los datos de la actividad (consumos, residuos, superficie ocupada, etc.).

Los datos se obtuvieron a partir del inventario de consumo generados por la empresa para el año jun 2015 – jul 2016.

Los datos además de dividirse en los sectores obtenidos en la identificación de fuentes de generación de GEI, se dividieron en consumos dentro de la planta de proceso y consumos en áreas administrativas a partir de los porcentajes obtenidos realizando un levantamiento de información a partir del inventario de fuentes de consumo dentro de cada área.

- d) Selección o desarrollo, y justificación, de los factores de emisión cuidando que procedan de un origen reconocido.

- Factores de emisión para Energía Térmica y Desechos.

Los factores de emisión se obtuvieron de las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) 2006.

Las directrices del IPCC, 2006 presentan un conjunto de factores de emisión por defecto para usar en las estimaciones de emisión para cada uno de los combustibles usados en las fuentes estacionarias. Los factores de emisión del CO₂ esta expresados en unidades de kg CO₂/TJ sobre la base del valor calórico neto y reflejan el contenido de carbono del combustible y la hipótesis de que el factor de oxidación del carbono es 1. Los factores de emisión para el CH₄ y el N₂O se basan en las Directrices del IPCC de 1996. Se fijaron estos factores de emisión tomando el dictamen de un grupo grande de expertos en inventarios, y todavía se les considera válidos. Puesto a que no hay disponibles muchas mediciones de estos tipos de factores de emisión, se establecen los rangos de incertidumbre en más o menos un factor de tres. La Tabla 3 nos muestra los factores de emisión dados para el consumo de gas natural, gas LP y desechos municipales.

Tabla 3. Factores de emisión IPCC, 2006

Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las Industrias Manufactureras y de la Construcción (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta).

Combustible	CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
	Factor Emisión	Inferior	Superior	Factor Emisión	Inferior	Superior	Factor Emisión	Inferior	Superior
<i>Gas LP</i>	63,100	61,600	65,600	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
<i>Gas Natural</i>	56,100	54,300	58,300	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
<i>Desechos Municipales</i>	100,000	84,700	117,000	30	10	100	4	1.5	15

- Factor de Emisión Nacional Eléctrico.

El factor de emisión eléctrico que se emplea para la estimación de emisiones indirectas, provenientes del uso de electricidad comprada, varía cada año de acuerdo con la mezcla de combustibles empleados en la generación de electricidad distribuida por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). El cálculo del factor de emisión promedio del sistema eléctrico nacional se basa en el Consumo Total de Combustible y la Generación de Electricidad Neta Entregada a la Red. El factor de emisión nacional de 2015 (último año calculado) dado por la SEMARNAT, 2016 es de:

$$0.458 \frac{\text{tonCO}_2}{\text{MWh}}$$

2.2.4. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN

En esta parte del informe se presentarán de forma general las estrategias empleadas por la entidad para mitigar y/o compensar las emisiones de GEI generadas.

El estudio se centró en realizar estrategias para disminuir el consumo de gas natural en los hornos de secado de mayor capacidad.

Para ello se realizaron perfiles de humedad de los electrodos de mayor producción en base a la metodología “Método Pruebas de Humedad”, para generar un nuevo perfil de temperaturas que disminuya el consumo de gas natural en los hornos.

El método Prueba de Humedad se realizó de la siguiente manera:

1. Toma de muestras.

Se realizaron 12 pruebas de cada producto, las muestras se tomaron de acuerdo al siguiente calendario y equipo (Tabla 4):

Tabla 4. Calendario de Muestreo

Producto	Pruebas					
	1	2	3	4	5	6
A	11/10/2016	12/10/2016	13/10/2016	18/10/2016	19/10/2016	20/10/2016
B	25/10/2016	26/10/2016	27/10/2016	08/11/2016	09/11/2016	10/11/2016
C	29/11/2016	30/11/2016	01/12/2016	06/12/2016	07/12/2016	08/12/2016

Equipo: pinzas, guantes de carnaza, el equipo seguridad general de la empresa (botas con casquillo, camisola, lentes de seguridad y tapones auditivos) y un casco ignífugo para la protección de las altas temperaturas en el horno.

2. Desprender el revestido de la varilla y moler formando una muestra de grano fino. Figura 5.



Figura 5. Muestra de Grano Fino

3. Pesar una capsula vacía en una balanza analítica y agregar de 4 a 6 gr de muestra. La temperatura del horno debe estar entre 357 – 385 °C y la muestra debe permanecer de 60 – 65 min en el horno.
4. Sacar la muestra del horno, dejar enfriar y pesar nuevamente.
5. Ingresar los datos de peso en la ecuación 3.

$$\%Humedad = \left[\frac{w1 - w2}{w1 - w3} \right] \times 100$$

(3)

Donde:

W1 = Peso Inicial

W2 = Peso Final

W3 = Peso capsula vacía

Una vez obtenidas las pruebas de humedad se proponen los nuevos ciclos de secado en base a los resultados.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. FUENTES DE ENERGÍA UTILIZADOS.

A partir del levantamiento de información en el periodo comprendido para Jul 2015 – Jun 2016 de los consumos de energía térmica (gas natural y LP), energía eléctrica y residuos orgánicos se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 5).

TABLA 5. Levantamiento de Datos para las Fuentes Energía Jul 15 - Jun 16

Fuentes de Energía Utilizados			
<i>Mes</i>	Gas natural GJ	Gas LP Litros	Energía Eléctrica KWH
<i>Jul-15</i>	2,468.56	5,066	334,218
<i>Ago-15</i>	1,890.02	8,271	287,303
<i>Sep-15</i>	2,271.52	3,966	307,019
<i>Oct-15</i>	2,426.62	5,346	329,345
<i>Nov-15</i>	2,781.91	3,923	299,811
<i>Dic-15</i>	1,805.88	3,785	240,078
<i>Ene-16</i>	3,177.24	4,485	335,443
<i>Feb-16</i>	2,607.01	5,082	324,535
<i>Mar-16</i>	2,606.28	4,000	320,781
<i>Abril-16</i>	2,388.32	4,600	308,738
<i>May-16</i>	2,130.24	4,522	290,838
<i>Jun-16</i>	2,564.42	4,178	320,646
Total	29,118.04	57,224	3,698,755
Total, en GJ	29,118.04	1,521.36*	13,315.518**

*1L/gasLP = 6,350Kcal = 4.184 KJ

** 1 KWH = 0.0036 GJ

El gas natural se utiliza en los hornos de secado de electrodos, calentadores de agua para regaderas y el comedor (de estos dos últimos el consumo es marginal), el gas LP se utiliza como combustible para los montacargas, la energía eléctrica se utiliza en la iluminación, equipos de fuerza y misceláneos.

Una vez obtenidas las fuentes de emisión se realizó una separación de consumo de energía y residuos dentro de la planta de producción y el área administrativa.

3.1.1. GAS NATURAL Y GAS LP.

El 100% del gas LP se consume dentro de la planta de producción debido a que solo se utiliza en los montacargas mientras que para el gas natural el 1% (291.18 GJ) se utiliza en las oficinas (calentadores, comedor) y el 99% (28,826.86 GJ) en la planta para los hornos de secado (Figura. 6).

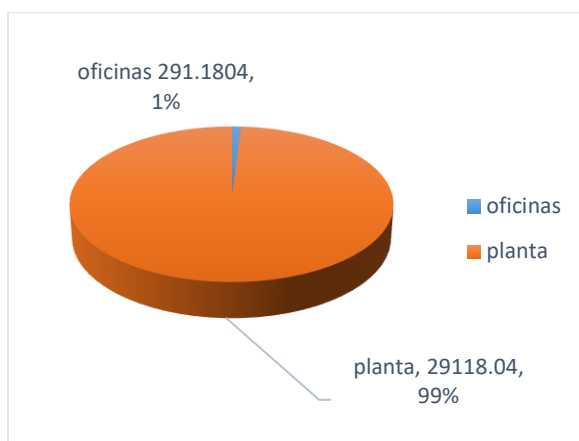


Figura 6. Grafica de Consumo de Gas Natural en las oficinas y planta.

3.1.2. ENERGÍA ELÉCTRICA.

La planta de producción ocupa el 94% de consumo de energía eléctrica utilizada en el equipo de fuerza (motores) y en la iluminación de la planta. El 6% restante se consume en las oficinas mediante la iluminación, aire acondicionado y misceláneos (Figura 7).

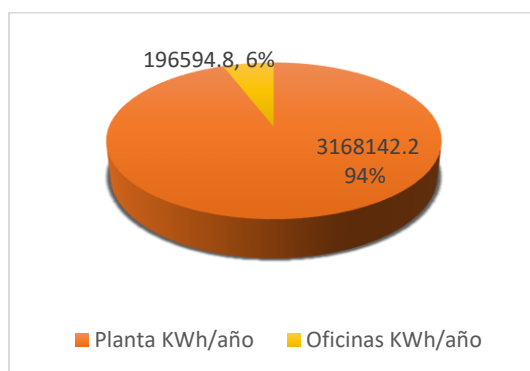


Figura 7. Grafica de Consumo de Energía Eléctrica por oficinas y planta.

3.1.3. RESIDUOS ORGÁNICOS

La Tabla 6 muestra la generación de residuos orgánicos en el año de estudio Jul15 – Jun16.

Tabla 6. Generación de residuos orgánicos Jul15-Jun16.

GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DENTRO DE LA EMPRESA

MES	KG	MES	KG
Jul-15	6,762	Ene-16	5,313
Ago-15	6,270	Feb-16	4,830
Sep-15	5,798	Mar-16	5,313
Oct-15	6,279	Abr-16	4,830
Nov-15	4,830	May-16	6,279
Dic-15	4,830	Jun-16	6,279
TOTAL			67,620

El 100 % de los residuos orgánicos se generan dentro del comedor debido a que en la planta sólo se generan residuos de manejo especial (revestido y varilla), los cuales la mayoría son reciclados por lo que se han descartado para este estudio.

3.2. INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI.

Los cálculos para generar el inventario de GEI para el gas natural, gas LP y residuos orgánicos se hicieron a partir de los factores de emisión de las directrices del IPCC,2006 y el Stationary Combustion Tool del GHG Protocol. Para la energía eléctrica se utilizó el factor de emisión eléctrico de 2015 dado por la SEMARNAT.

Las emisiones totales de la huella de carbono están dadas en función del dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), que es la unidad de medida utilizada para indicar el Potencial de Calentamiento Global (PCG) y que hace referencia al número de kg de una sustancia dada que tiene el mismo efecto que 1kg de CO₂, para cada uno

de los gases de efecto invernadero comparado con el CO₂. El efecto de cada gas depende de la capacidad y de la vida media en la que pertenece en la atmósfera.

Los GEI cuantificados en las emisiones totales fueron metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂) con sus respectivos PCG dados en la Tabla 1.

3.2.1. GAS NATURAL

El inventario de emisiones de GEI de Jul 2015 – Jun 2016 del gas natural (Tabla 7) obtuvo un total de 1,635.11 Ton de CO₂eq, con un promedio mensual de 136.26 Ton de CO₂eq/mes, donde el mes de enero fue el más alto debido a una mayor producción y a los niveles de temperatura ambiente con un total de 178.42 Ton de CO₂eq, mientras que el mes de diciembre fue el más bajo, siendo el mes con menor producción, con 101.41 Ton de CO₂eq.

Tabla 7. Inventario de emisiones de GEI para el gas natural jul15-jun16

INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI, GAS NATURAL

MES	CANTIDAD	UNIDAD	TONELADAS DE EMISIONES DE GEI			TON DE CO ₂ eq
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
<i>Jul -15</i>	2,468.56	GJ	138.486	2.469E-03	2.469E-04	138.62
<i>Ago-15</i>	1,890.02	GJ	106.030	1.890E-03	1.890E-04	106.13
<i>Sep-15</i>	2,271.52	GJ	127.432	2.272E-03	2.272E-04	127.56
<i>Oct-15</i>	2,426.62	GJ	136.133	2.427E-03	2.427E-04	136.27
<i>Nov-15</i>	2,781.91	GJ	156.065	2.782E-03	2.782E-04	156.22
<i>Dic-15</i>	1,805.88	GJ	101.310	1.806E-03	1.806E-04	101.41
<i>Ene-16</i>	3,177.24	GJ	178.243	3.177E-03	3.177E-04	178.42
<i>Feb-16</i>	2,607.01	GJ	146.253	2.607E-03	2.607E-04	146.39
<i>Mar-16</i>	2,606.28	GJ	146.213	2.606E-03	2.606E-04	146.35
<i>Abr-16</i>	2,388.32	GJ	133.985	2.388E-03	2.388E-04	134.11
<i>May-16</i>	2,130.24	GJ	119.507	2.130E-03	2.130E-04	119.62
<i>Jun-16</i>	2,564.42	GJ	143.864	2.564E-03	2.564E-04	144.00
<i>Anual</i>	29,118.04	GJ	1633.522	2.912E-02	2.912E-03	1635.11

3.2.2. GAS LP

El gas LP utilizado como combustible para los montacargas obtuvo un total de 92.31 Ton de CO₂eq/año siendo el mes de diciembre (mes de baja producción) el más bajo con 6.11 ton CO₂eq y agosto el más alto con 13.34 Ton CO₂eq, debido a transporte de material, productos y desechos, con un promedio mensual de 7.69 Ton de CO₂eq/mes. La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 8. Inventario de emisiones de GEI para el gas LP jul15-jun16

INVENTARIO DE EMISIONES GEI, GAS LP

MES	CANTIDAD	UNIDAD	TONELADAS DE EMISIONES DE GEI			TON DE CO ₂ eq
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
<i>Jul-15</i>	5,066	LITROS	8.165	1.294E-04	1.294E-05	8.17
<i>Ago-15</i>	8,271	LITROS	13.330	2.113E-04	2.113E-05	13.34
<i>Sep-15</i>	3,966	LITROS	6.392	1.013E-04	1.013E-05	6.40
<i>Oct-15</i>	5,346	LITROS	8.616	1.365E-04	1.365E-05	8.62
<i>Nov-15</i>	3,923	LITROS	6.323	1.002E-04	1.002E-05	6.33
<i>Dic-15</i>	3,785	LITROS	6.100	9.668E-05	9.668E-06	6.11
<i>Ene-16</i>	4,485	LITROS	7.228	1.146E-04	1.146E-05	7.24
<i>Feb-16</i>	5,082	LITROS	8.191	1.298E-04	1.298E-05	8.20
<i>Mar-16</i>	4,000	LITROS	6.447	1.022E-04	1.022E-05	6.45
<i>Abr-16</i>	4,600	LITROS	7.414	1.175E-04	1.175E-05	7.42
<i>May-16</i>	4,522	LITROS	7.288	1.155E-04	1.155E-05	7.29
<i>Jun-16</i>	4,178	LITROS	6.734	1.067E-04	1.067E-05	6.74
Anual	57,224	LITROS	92.228	1.462E-03	1.462E-04	92.31

3.2.3. ENERGÍA ELÉCTRICA.

El consumo de energía eléctrica obtuvo un total de 1,694.03 Ton de CO₂eq al año con un promedio mensual de 141.17 Ton de CO₂eq/mes. Siendo diciembre el mes más bajo (menos producción) y enero el más alto (mayor producción) con 109.96 y 153.63 Ton de CO₂eq respectivamente.

La Tabla 9 muestra el inventario de GEI para la energía eléctrica utilizando el factor de emisión eléctrico nacional para el año 2015 como factor de conversión.

Tabla 9. Inventario de emisiones de GEI para la energía eléctrica jul15 - jun16

INVENTARIO DE EMISIONES GEI, ENERGIA ELECTRICA

MES	CONSUMO KWh	CONSUMO MWh	FACTOR DE EMISION ELECTRICO NACIONAL ton CO ₂ /MWh	TON DE CO ₂ eq
Jul-15	334,218	334.29	0.458	153.07
Ago-15	287,303	287.30	0.458	131.58
Sep-15	307,019	307.02	0.458	140.61
Oct-15	329,345	329.35	0.458	150.84
Nov-15	299,811	299.81	0.458	137.31
Dic-15	240,078	240.08	0.458	109.96
Ene-16	335,443	335.44	0.458	153.63
Feb-16	324,535	324.54	0.458	148.64
Mar-16	320,781	320.78	0.458	146.92
Abr-16	308,738	308.74	0.458	141.40
May-16	290,838	290.84	0.458	133.20
Jun-16	320,646	320.65	0.458	146.86
AÑO	3,698,755	3698.76	0.458	1694.03

3.2.4. RESIDUOS ORGÁNICOS.

Los residuos orgánicos generaron 79.93 ton de CO₂eq, con un promedio mensual de 6.66 ton de CO₂eq/mes, siendo los meses de noviembre, diciembre, febrero y abril los más bajos con 5.71 Ton de CO₂eq y el mes de julio el más alto con 8.00 Ton de CO₂eq (Tabla 10).

Tabla 10. Inventario de Emisiones de GEI para los Residuos Orgánico, jul15- Jun16

INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI, RESIDUOS ORGÁNICOS

MES	KG DE BASURA	TONELADAS DE EMISIONES DE GEI			Ton CO ₂ eq
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
<i>Jul-15</i>	6,762	7.844	2.353E-03	3.138E-04	8.00
<i>Ago-15</i>	6,279	7.284	2.185E-03	2.913E-04	7.42
<i>Sep-15</i>	5,796	6.723	2.017E-03	2.689E-04	6.85
<i>Oct-15</i>	6,279	7.284	2.185E-03	2.913E-04	7.42
<i>Nov-15</i>	4,830	5.603	1.681E-03	2.241E-04	5.71
<i>Dic-15</i>	4,830	5.603	1.681E-03	2.241E-04	5.71
<i>Ene-16</i>	5,313	6.163	1.849E-03	2.465E-04	6.29
<i>Feb-16</i>	4,830	5.603	1.681E-03	2.241E-04	5.71
<i>Mar-16</i>	5,313	6.163	1.849E-03	2.465E-04	6.28
<i>Abr-16</i>	4,830	5.603	1.681E-03	2.241E-04	5.71
<i>May-16</i>	6,279	7.284	2.185E-03	2.913E-04	7.42
<i>Jun-16</i>	6,279	7.284	2.185E-03	2.913E-04	7.42
<i>Anual</i>	67,620	78.439	2.353E-02	3.138E-03	
Total, de emisiones por combustibles fósiles					1.49
Total, de emisiones por biomasa					78.44
TOTAL					79.93

3.2.5. Inventario Anual De Emisiones De GEI

El total de emisiones de GEI generadas para el año Jul15-Jun16 para la empresa que fabrica electrodos para soldar fue de 3501.38 Ton de CO₂eq, de las cuales el 48% corresponde a la energía eléctrica, el 47% al gas natural, el 2% al gas LP y el 2% restante a los residuos orgánicos.

La Tabla 11 presenta el inventario de emisiones de GEI anual de la empresa, mientras que la figura 8 presenta los porcentajes correspondientes de cada fuente de emisión calculada.

Tabla 11. Inventario de emisiones de GEI de una empresa que fabrica electrodos para soldar

TON DE CO₂eq TOTALES JUL15-JUN16

SECTOR	TON CO ₂ eq/AÑO
GAS NATURAL	1635.11
GAS LP	92.31
ENERGIA ELECTRICA	1694.03
RESIDUOS ORGÁNICOS	79.93
TOTAL	3501.38

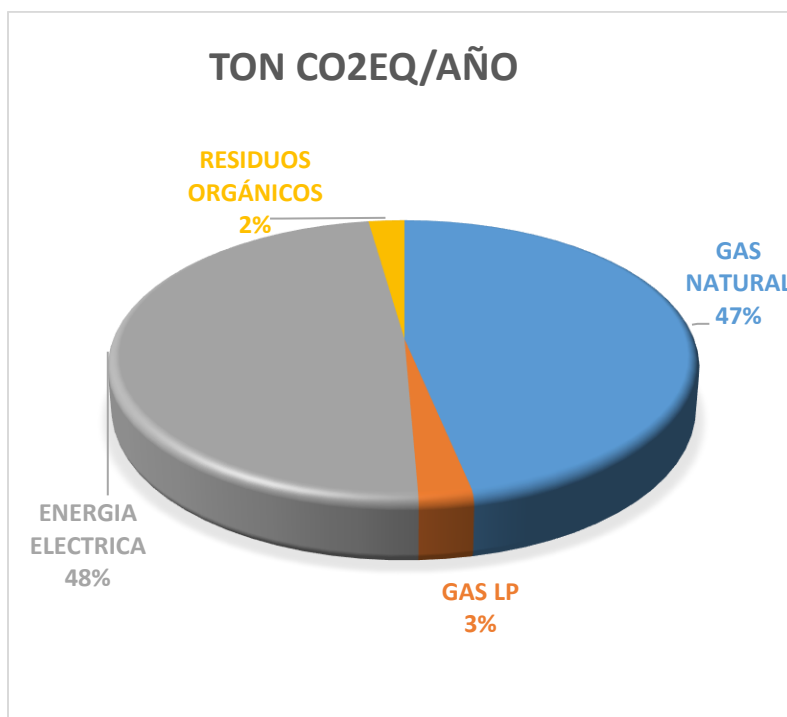


Figura 8. Porcentaje de contribución de cada fuente de emisión al total de emisiones generadas.

3.3. HUELLA DE CARBONO.

La Tabla 12 muestra el cálculo para las emisiones del Alcance 1; indica los datos de actividad de las fuentes de combustión, gas natural, utilizado en los hornos de secado, comedor y calentamiento de agua en regaderas y el gas LP utilizado en los montacargas. Incluye también la generación de residuos orgánicos generados dentro de la empresa que son llevados al relleno sanitario. El Gas Natural reporta un total de 1,635.11 Ton CO₂eq, el Gas LP 92.31 Ton CO₂eq y la generación de residuos un total de 79.93 Ton CO₂eq. Por lo que el Alcance 1 tiene una huella de carbono de 1,807.34 Ton CO₂eq para el año 2015-2016.

Tabla 12. Huella de Carbono Alcance 1

Alcance 1	
<i>Fuente</i>	Ton de CO ₂ eq
<i>gas natural</i>	1,635.11
<i>gas LP</i>	92.31
<i>residuos</i>	79.93
<i>total</i>	1,807.34

La Figura 9 muestra las Ton CO₂eq generadas en la planta de proceso y las Ton CO₂eq generadas en las oficinas. Los hornos de secado (proceso), son las principales fuentes de combustión de Gas Natural utilizando el 99.16 % del total, mientras que los servicios generales (boilers y cocina) ocupan el 0.84 % del consumo anual. El gas LP sólo se utiliza en los montacargas por lo que el consumo de este corresponde al área de proceso, mientras que la generación de residuos orgánicos corresponde a las oficinas ya que los residuos generados en el proceso se consideran residuos de manejo especial. Por lo que para el Alcance 1, el área de proceso generó 1,711.06 Ton CO₂eq representando el 95%, y el área administrativa el 5% con 96.28 Ton CO₂eq.

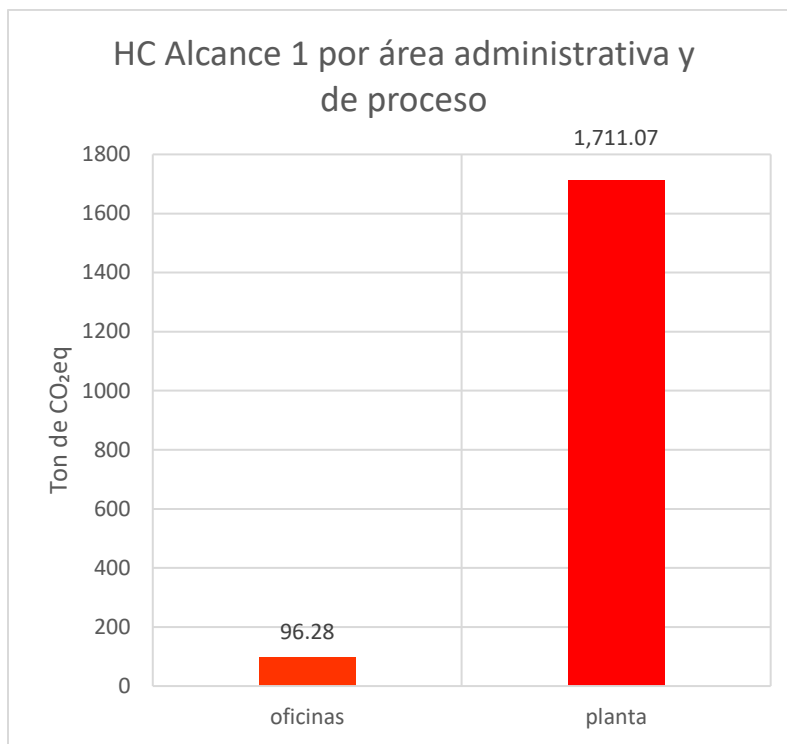


Figura 9. Emisiones de GEI por áreas para el alcance 1

Las emisiones del Alcance 2 procedentes de la electricidad empleada por la industria, suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) obtuvo una HC de 1,694.03 Ton CO₂eq para el año 2015 – 2016.

En el área de proceso se encuentra el mayor consumo de energía eléctrica debido al uso de máquinas de fuerza (motores), la iluminación de la planta y exteriores y el consumo de energía eléctrica de los compresores, dando el 94 % del consumo total de energía eléctrica de la empresa, generando 1,592.39 Ton CO₂eq. El 6 % restante corresponde al área administrativa teniendo al aire acondicionado como mayor fuente de consumo eléctrico, seguido por los misceláneos (equipo de cómputo, cafeteras, copadoras, etc.) y por último la iluminación dentro de las oficinas, generando 101.64 Ton CO₂eq (Figura 10).

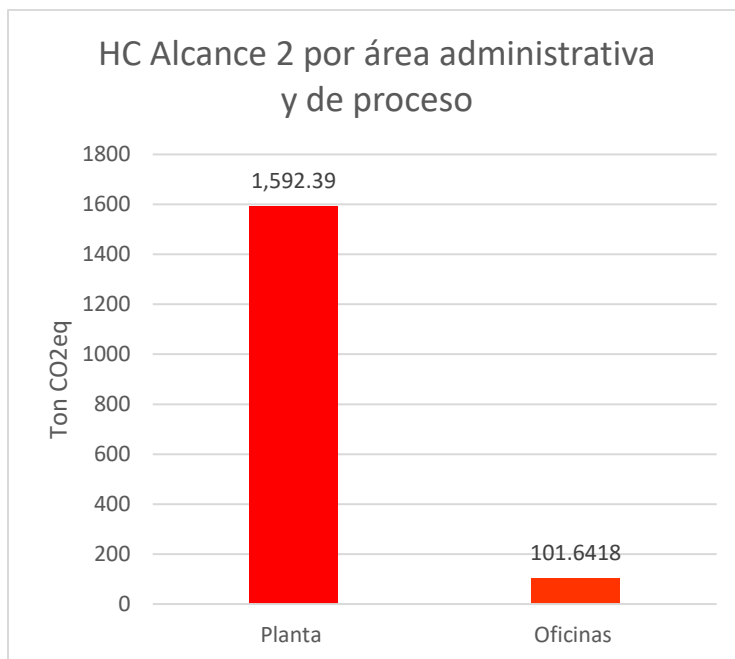


Figura 10. Emisiones de GEI por Área para el Alcance 2.

La Tabla 13 muestra los datos de la huella de carbono total para la industria de electrodos para soldar, sumando los alcances y las emisiones que están dentro de los límites operacionales. En este caso las emisiones del Alcance 1 (emisiones directas) son las más altas, seguido del Alcance 2 (emisiones indirectas). Por lo tanto, la huella de carbono de tipo organizacional para la industria de electrodos para soldar respectiva al año 2015-2016 fue de 3,501.38 Ton CO₂eq.

Tabla 13. Huella de Carbono Total de la Empresa

**HUELLA DE CARBONO TOTAL
ALCANCES.**

ALCANCE	TON CO ₂ eq
ALCANCE 1	1807.34
ALCANCE 2	1694.03
TOTAL	3501.38

Al generar la separación por áreas (oficinas y planta de producción) se obtuvo que el 6% de las emisiones totales de CO₂eq se generan dentro de las oficinas con un total de 197.93 Ton de CO₂eq, mientras que el 94% restante se generó en la planta de producción, 3303.46 Ton de CO₂eq. (Figura 11).



Figura 11. Porcentaje correspondiente a cada área de la huella de carbono total.

3.3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA HUELLA DE CARBONO

El cálculo de la huella de carbono para la empresa de electrodos dio como resultado que el consumo de energía eléctrica y el consumo de gas natural son los principales generadores de GEI, por lo que las propuestas de mitigación se deben generar para estas dos fuentes.

Sin embargo, mediante la separación de consumos energéticos dentro de la planta de producción y el área administrativa se comprobó que el consumo de gas natural en los hornos de secado es la principal fuente de emisión de GEI, es por ello que en este estudio se generaron propuestas de disminución de gas natural en los hornos de secado a petición de la empresa y debido a que esta misma ya se encuentra en proceso de realizar nuevas propuestas de eficiencia energética para la energía eléctrica.

Una de las principales limitaciones encontradas a la hora de realizar el cálculo de la huella de carbono para la empresa de electrodos para soldar, fue la obtención de los datos de consumo de gas en cada línea de producción debido a que no se cuenta con medidores instalados en cada horno y especificaciones de cada horno que ayudarían a realizar una estimación del consumo de gas.

Al generar una revisión literaria de estudios similares para una comparación de resultados se obtuvo que no existen trabajos sobre el cálculo de la huella de carbono para empresas que fabriquen electrodos para soldar, por lo que este estudio es de carácter relevante y puede servir como una guía para que otras empresas de electrodos para soldar generen el cálculo de la huella de carbono y sus respectivas propuestas de mitigación.

3.4. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI

3.4.1. NUEVOS CICLOS DE SECADO.

Las propuestas de mitigación se basaron en la disminución de consumo de gas natural dentro de los hornos de secado de mayor capacidad ubicados en la línea 1 de producción el horno de alta temperatura (6,000,000 BTU/h) y el horno de alta temperatura (4,000,000 BTU/h).

La Figura 12 muestra el proceso de secado de los electrodos dentro del horno de baja temperatura, que cuenta con 4 quemadores, 1 para la zona de precalentamiento, 2 para la zona de calentamiento y 1 para la zona de enfriamiento.

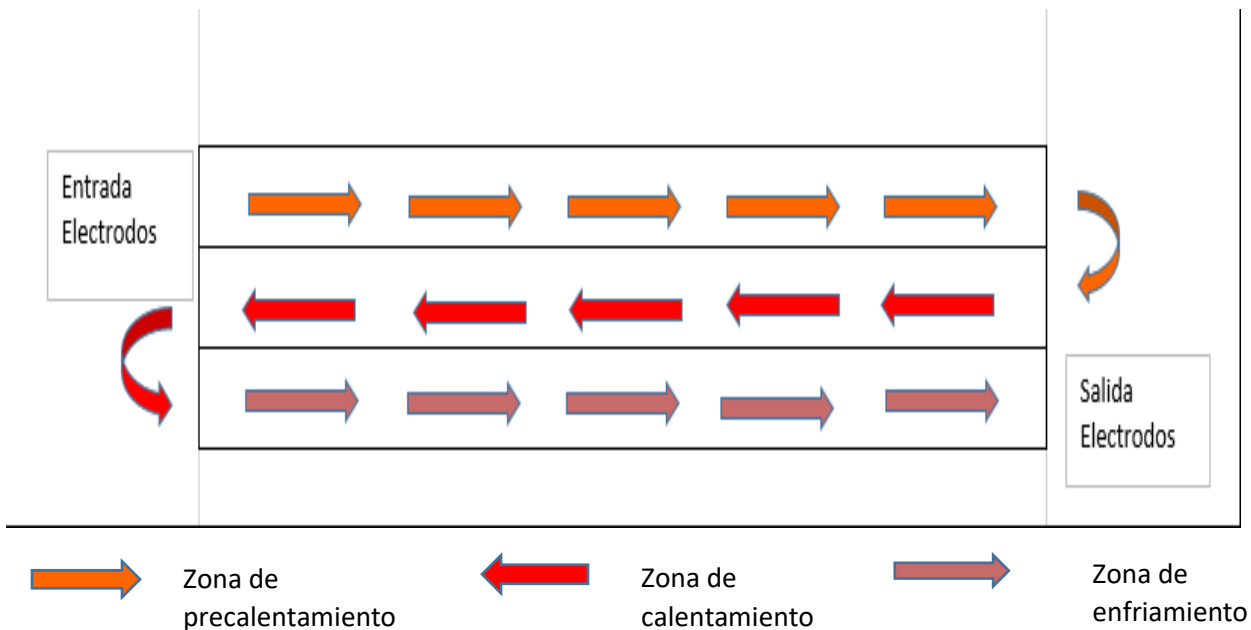


Figura 12. Proceso de secado en el horno de baja temperatura.

El horno de alta temperatura (Figura 13) cuenta con 4 quemadores, 2 para la zona de calentamiento y 2 para la zona de enfriamiento. No cuenta con una zona de precalentamiento debido a que los electrodos que son secados en el horno de alta temperatura deben de pasar por un proceso de secado preliminar dentro del horno de baja temperatura.

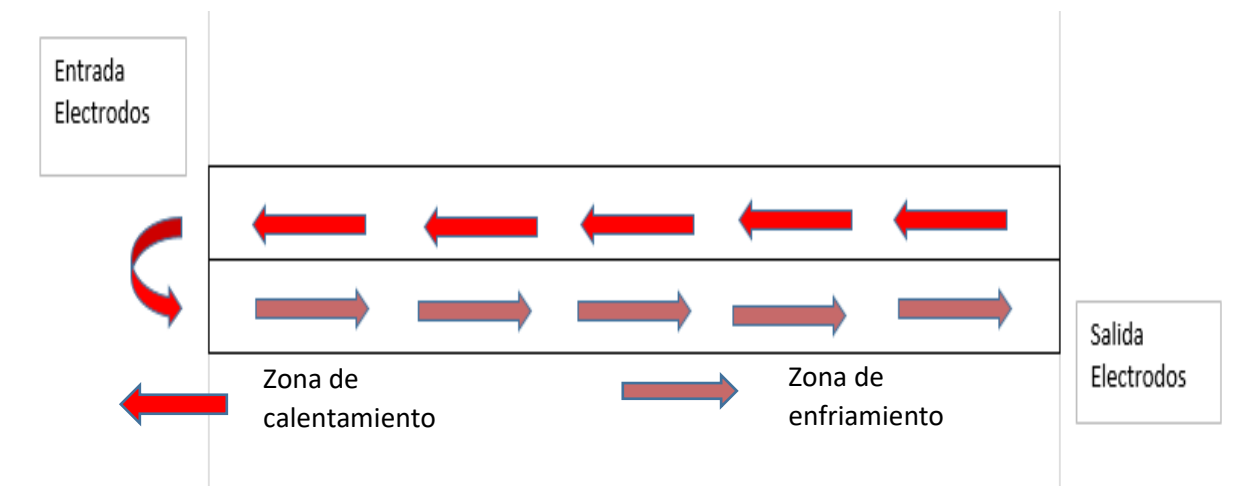


Figura 13. Proceso de secado en el horno de alta temperatura.

Se realizaron pruebas de humedad al inicio de las zonas de enfriamiento para 3 productos y al final de su ciclo de secado:

- Productos A y B (electrodos convencionales) al inicio de la zona de enfriamiento y al final del ciclo de secado.
- Productos C (electrodos de bajo hidrogeno) a la mitad de la zona de enfriamiento de horno de alta temperatura y al final del ciclo de secado.

Se realizaron 6 pruebas para cada producto en las zonas de enfriamiento y 6 pruebas al final del ciclo de secado, dando un total de 36 pruebas, aprobadas por la empresa.

Las muestras de electrodos en la zona de enfriamiento se obtuvieron deteniendo la línea de producción y abriendo las puertas de la zona de enfriamiento de cada horno para sacar las muestras necesarias.

La Figura 14a muestra los porcentajes de humedad obtenidos en las 6 pruebas para el producto A al inicio de la zona de enfriamiento, donde cuatro de las seis pruebas realizadas alcanzaban el límite permisible de humedad para este producto, el cual es de 5.2% de humedad máxima y 4.5% de humedad mínima. En la Figura 14b se muestran los porcentajes obtenidos de las 6 pruebas al final de ciclo de secado donde se observa que el porcentaje de humedad tiende al límite inferior permisible.

Para el producto B, cuatro de las seis pruebas realizadas al inicio de la zona de enfriamiento cumplieron con los límites permisibles de 6.5% de humedad máxima y 4.5% de humedad mínima (Figura 15a), mientras que en las pruebas al final de ciclo de secado las 6 pruebas cumplieron con los límites permisibles, aunque algunas pruebas tendían al límite mínimo permisible de humedad (Figura 15b).

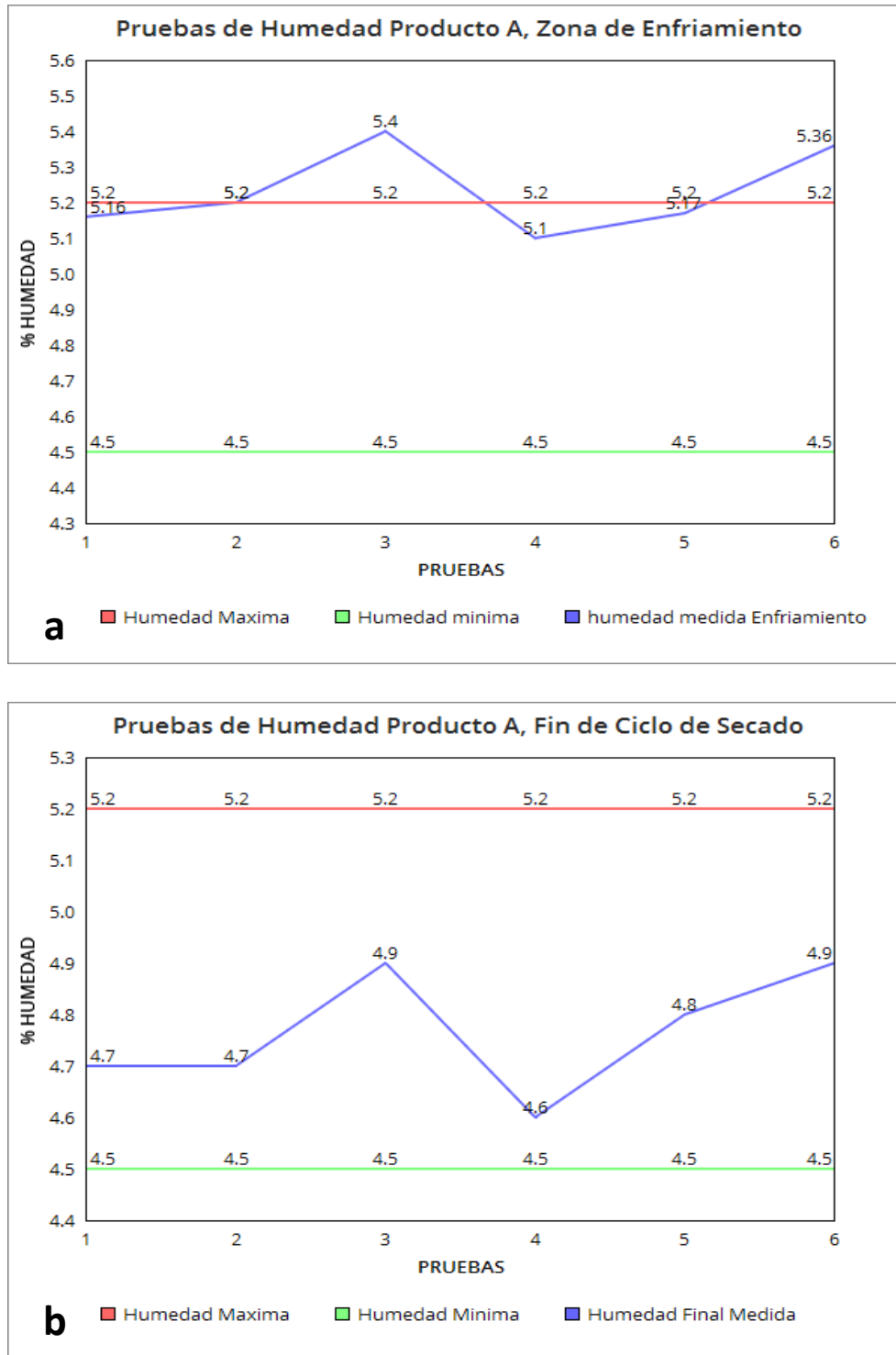


Figura 14. (a) Pruebas de humedad producto A, zona de enfriamiento. (b) Pruebas de humedad producto A final, fin de ciclo de secado.

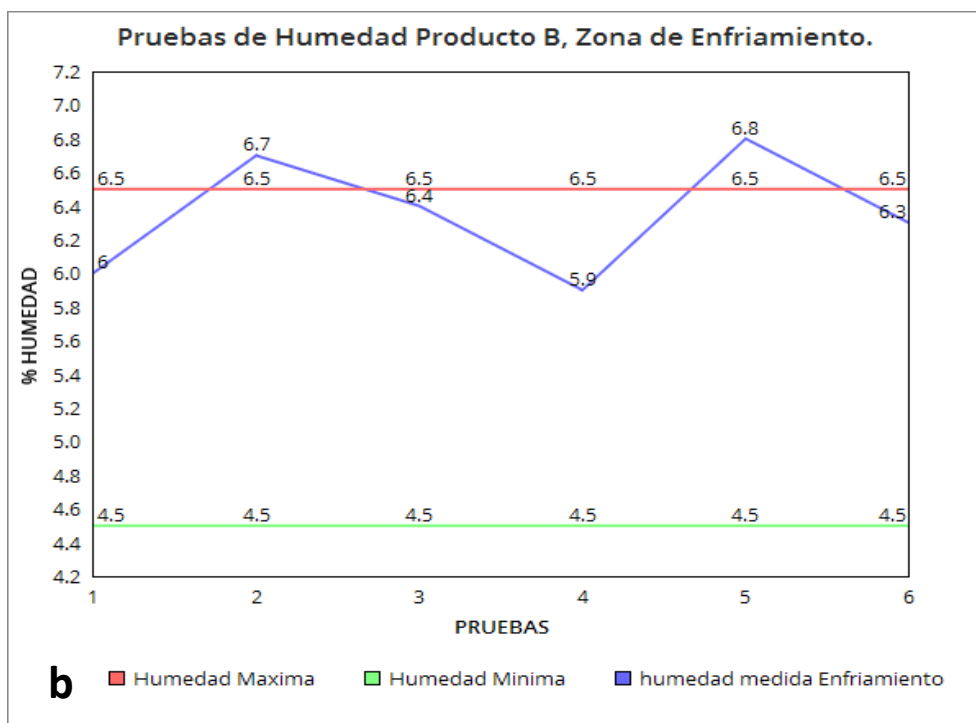
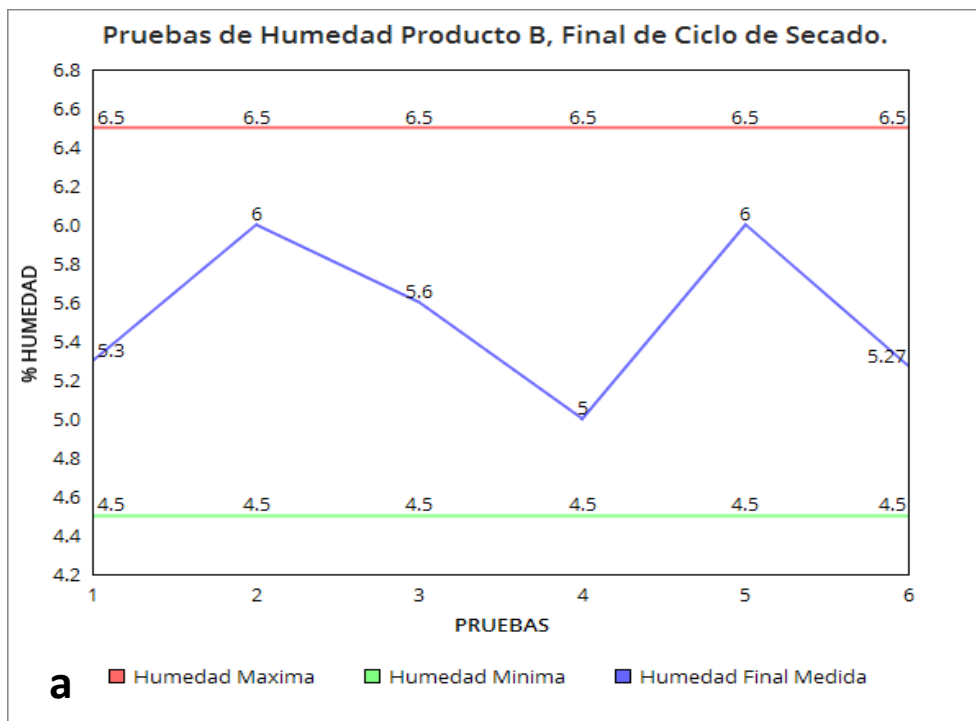


Figura 15. (a) Pruebas de humedad para el producto B, Zona de Enfriamiento (b) Pruebas de humedad para el producto B, Ciclo final de secado.

La Figura 16a muestra que las seis pruebas dentro del horno de alta temperatura cumplen con el límite máximo permisible el cual es de 0.3, debido al tipo de electrodo (bajo hidrogeno) no se existe un límite mínimo permisible. La Figura 16b muestra que las pruebas de humedad final salen muy por debajo del límite permisible.

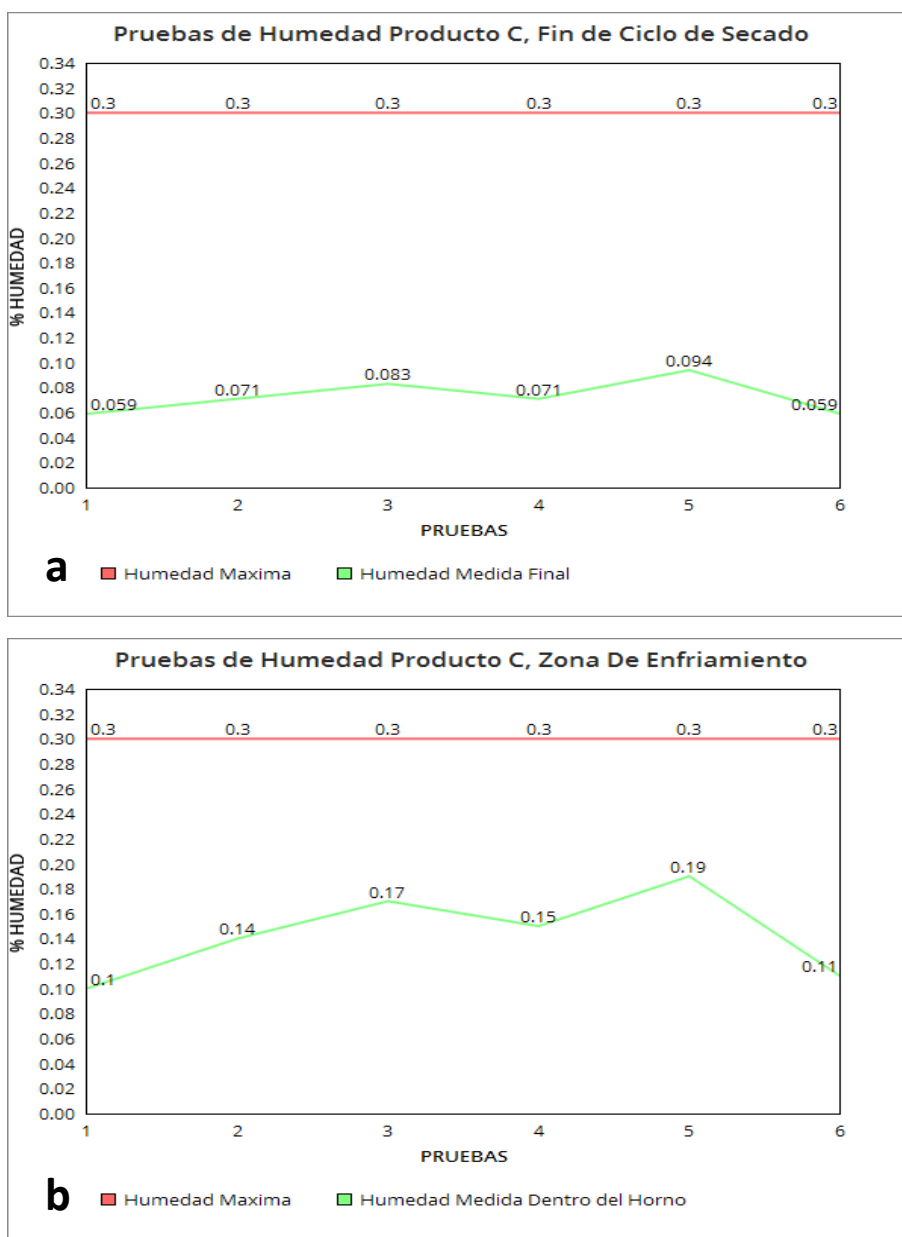


Figura 16. (a) Pruebas de humedad en horno de alta temperatura para el producto C, (b) Pruebas de humedad final de ciclo de secado para el producto C.

Al encontrar que en los productos A y B las pruebas al final de ciclo de secado tendían al límite mínimo y dentro de la zona de enfriamiento 4 de las 6 pruebas cumplían con el límite máximo se generaron nuevos ciclos de secado con el fin de disminuir la temperatura para el ahorro de energía térmica y el consumo de gas natural siempre y cuando se cumplan con los porcentajes de humedad necesarios.

El ciclo de secado original y el nuevo ciclo de secado para el producto A se muestran en la Tabla 14, en donde se generó un ahorro del 21.35% de energía.

Tabla 14. Ahorro de energía con el nuevo ciclo de secado para el producto A.

CICLOS DE SECADO PRODUCTO A

QUEMADORES	CICLOS DE SECADO		% AHORRO DE ENERGÍA
	ORIGINAL °C	NUEVO °C	
<i>Pre calentamiento</i>	100	100	21.35
<i>Calentamiento 1</i>	140	125	
<i>Calentamiento 2</i>	160	180	
<i>Enfriamiento</i>	115	APAGADO	
<i>Total</i>	515	405	

Para el nuevo ciclo de secado del producto A, se apagó el quemador de la zona de enfriamiento y se redistribuyó la temperatura en la zona de calentamiento, debido a que la distribución de los quemadores la energía que se genera en la zona de precalentamiento ayudará a mantener la temperatura adecuada en la zona del quemador 1, mientras que al aumentar la temperatura del quemador 2 se generará la energía necesaria para calentar la zona de enfriamiento, siendo innecesario el quemador de la zona de enfriamiento.

Se realizaron pruebas de humedad para comprobar que el nuevo ciclo de secado cumplía con los límites permisibles de humedad, la Figura 17a muestra las pruebas de humedad final con el ciclo de secado original y la Figura 17b muestra las pruebas

de humedad con el nuevo ciclo de secado las cuales cumplieron satisfactoriamente estando entre el 4.6 y 5.1 % de humedad para el producto A.

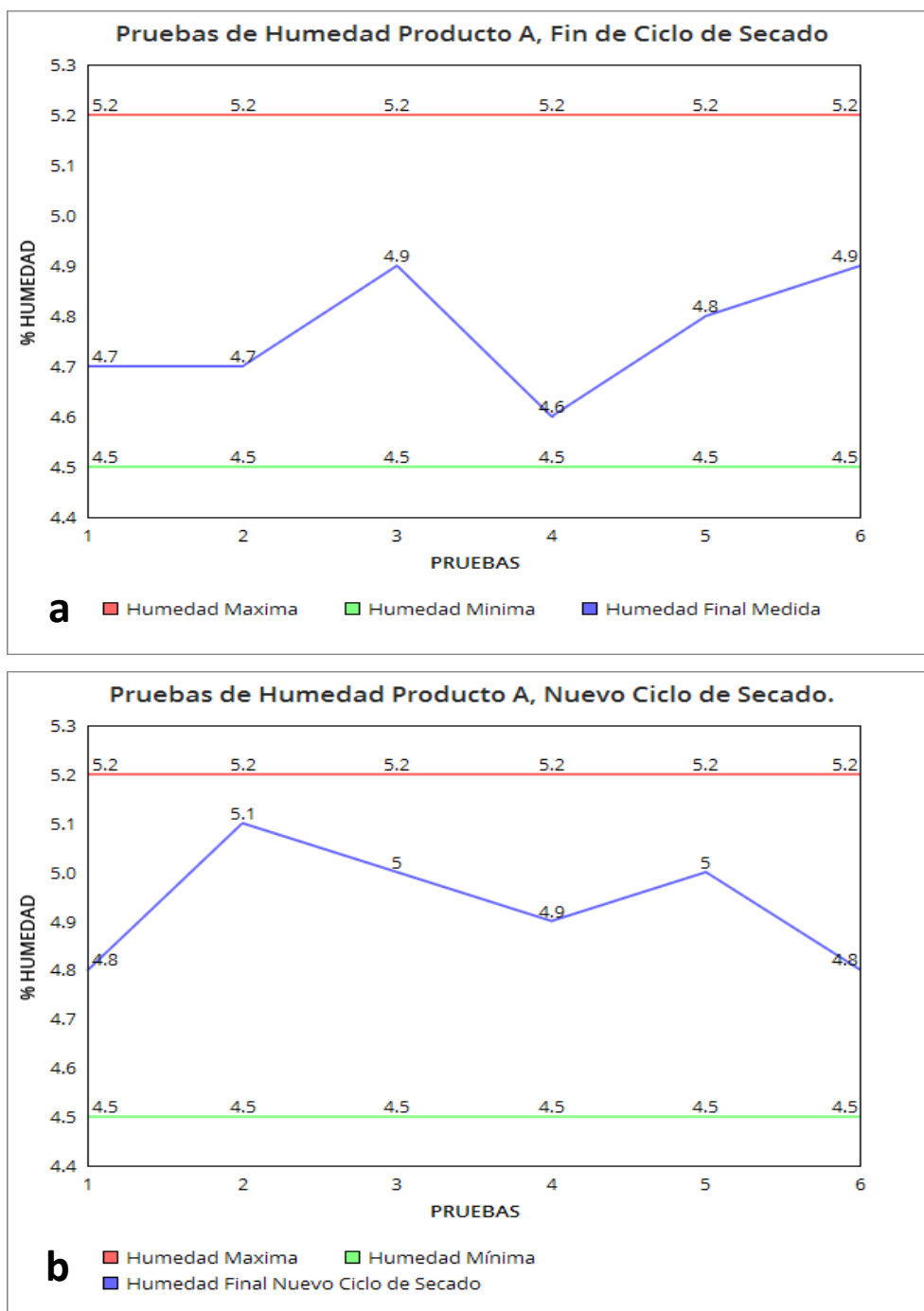


Figura 17. (a) Pruebas de humedad final ciclo de secado original producto A, (b) Pruebas de humedad final nuevo ciclo de secado producto A.

Para el producto B se obtuvo un ahorro del 25.53% de energía con el nuevo ciclo de secado (Tabla 15)

Tabla 15. Ahorro de energía con el nuevo ciclo de secado para el producto B.

CICLOS DE SECADO PRODUCTO B

QUEMADORES	CICLOS DE SECADO		% AHORRO DE ENERGÍA
	ORIGINAL °C	NUEVO °C	
<i>Pre calentamiento</i>	100	100	25.53
<i>Calentamiento 1</i>	130	110	
<i>Calentamiento 2</i>	130	140	
<i>Enfriamiento</i>	110	APAGADO	
<i>Total</i>	470	350	

La redistribución de temperatura en la zona de calentamiento y el apagado del quemador en la zona de enfriamiento se generó de la misma forma que en el producto A, obteniendo un mejor uso de la energía dentro del horno.

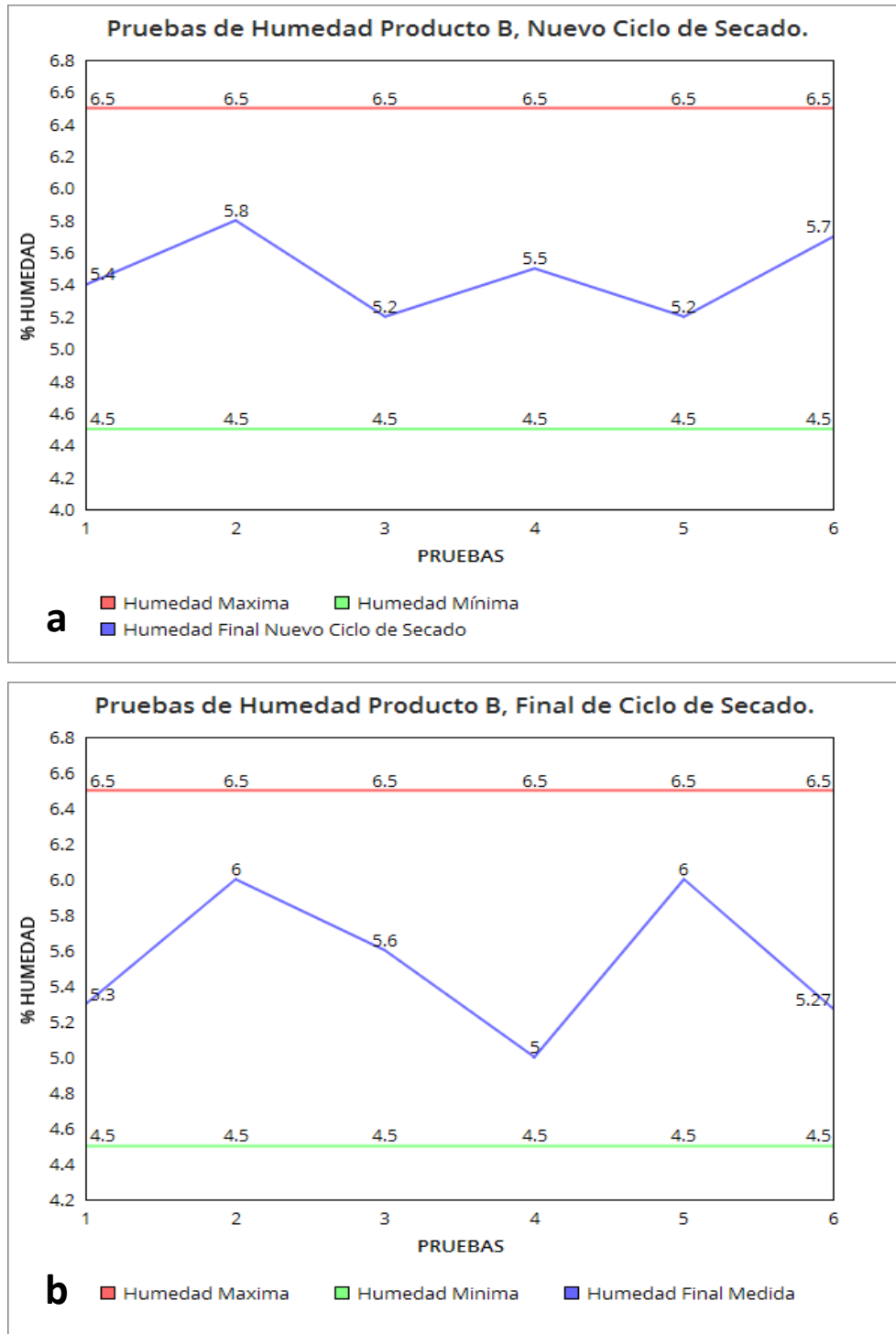


Figura 18.(a)Pruebas de humedad final ciclo de secado original producto B, (b)Pruebas de humedad final nuevo ciclo de secado producto B.

Se realizaron pruebas de humedad para comprobar si el nuevo ciclo de secado para el producto B cumplía con los límites permisibles. La Figura 18a muestra las pruebas de humedad con el ciclo de secado original, la Figura 18b muestra las pruebas de humedad con el nuevo ciclo de secado, las cuales fueron satisfactorias.

Para el producto C se hicieron cambios sólo en el horno de alta temperatura generando un ahorro del 23.42% de energía (Tabla 16).

Tabla 16. Ahorro de energía con el nuevo ciclo de secado para el producto C.

CICLOS DE SECADO PRODUCTO C

QUEMADORES	CICLOS DE SECADO		% AHORRO DE ENERGÍA	
	ORIGINAL °C	NUEVO °C		
<i>Horno de baja temperatura</i>				
<i>Pre calentamiento</i>	110	110	23.42	
<i>Calentamiento 1</i>	115	115		
<i>Calentamiento 2</i>	140	140		
<i>Enfriamiento</i>	180	180		
<i>Horno de alta temperatura</i>				
<i>Calentamiento 1</i>	330	340		
<i>Calentamiento 2</i>	430	440		
<i>Enfriamiento 1</i>	510	440		
<i>Enfriamiento 2</i>	490	APAGADO		
<i>Total</i>	2,305	1,765		

Debido a que en el producto C el porcentaje de humedad resultó muy por debajo del límite máximo de humedad se disminuyó la temperatura en el horno de alta temperatura apagando la zona de enfriamiento 2 y se realizó una redistribución de temperatura en la zona de calentamiento y enfriamiento 1 que ayudara a mantener la temperatura adecuada para cumplir con el límite permisible.

Las pruebas de humedad con el nuevo ciclo de secado resultaron satisfactorias. La Figura 19a muestra las pruebas de humedad con el ciclo de secado original, la Figura 19b muestra las pruebas realizadas con el nuevo ciclo de secado para el producto C.

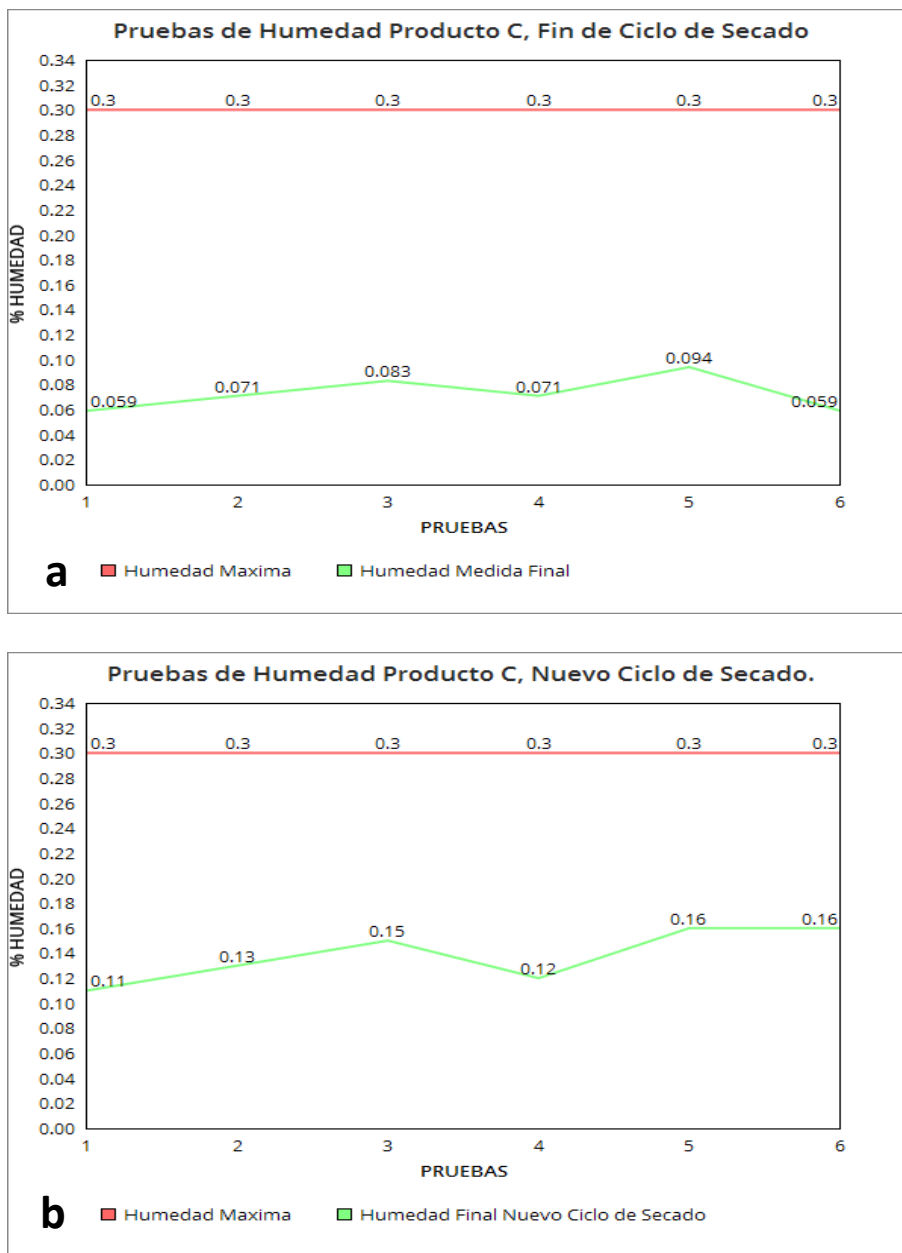


Figura 19. (a)Pruebas de humedad final ciclo de secado original producto C, (b)Pruebas de humedad final nuevo ciclo de secado producto C.

3.4.2. DISMINUCIÓN DE EMISIONES DE GEI A PARTIR DE LOS NUEVOS CICLOS DE SECADO.

Al realizar la separación de la huella de carbono en el área de la planta de proceso y el área de oficinas, se observa que la planta de proceso generó las mayores emisiones de CO₂eq, siendo el gas natural el mayor aportador a dichas emisiones, por lo que las estrategias de disminución se concentraron en este combustible.

Al ser el gas natural la principal fuente de emisión de GEI dentro de la planta, se calculó el índice A1 que indica los GJ de gas natural consumido por tonelada de electrodo producido en el año de estudio y el índice B1 que indica las toneladas de CO₂eq emitidas por tonelada de electrodo producido en el año de estudio. La producción de electrodos en el año calculado fue de 18,019.16 ton, con un promedio de 1,501.6 ton de electrodos al mes (Tabla 17).

Tabla 17. Producción de Electrodos para Jul 15 - Jun 16.

ELECTRODOS PRODUCIDOS

JUL 15 – JUN 16

<i>MES</i>	TON DE ELECTRODOS	<i>MES</i>	TON DE ELECTRODOS
<i>Jul-15</i>	1,616.19	<i>Feb-16</i>	1,660.54
<i>Ago-15</i>	1,366.78	<i>Mar-16</i>	1,650.88
<i>Sep-15</i>	1,450.14	<i>Abr-16</i>	1,480.76
<i>Oct-15</i>	1,587.28	<i>May-16</i>	1,324.81
<i>Nov-15</i>	1,391.90	<i>Jun-16</i>	1,570.19
<i>Dic-15</i>	1,258.02	<i>Total</i>	18,019.16
<i>Ene-16</i>	1,661.67	<i>Promedio</i>	1,501.60

El índice A1 es la relación de consumo de gas natural mensual entre la producción de electrodos mensual para el año de estudio. El índice A1(Figura 20) indica que

para generar una tonelada de electrodos en promedio se consumen 1.62 GJ de gas natural.

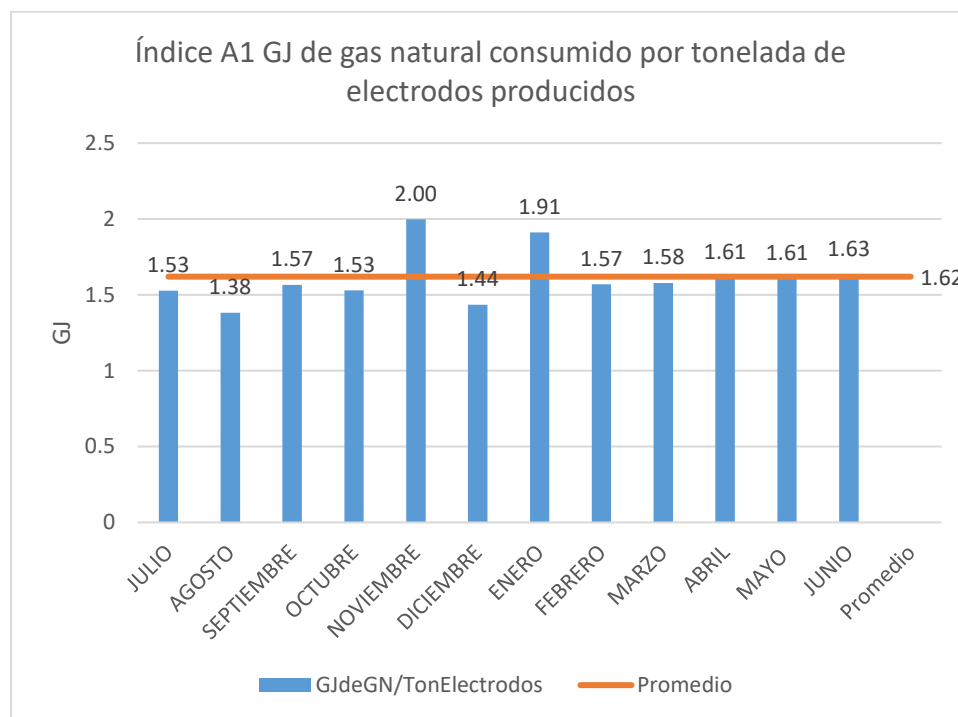


Figura 20. Índice A1, GJ de gas natural consumido por tonelada de electrodos producidos para Jul 15 - Jun 16

El índice B1 es la relación de emisiones de CO₂eq por el consumo de gas natural mensual entre la producción de electrodos mensual en el año de estudio. Las emisiones en el año de estudio fueron de 1,635.11 Ton de CO₂eq con un promedio mensual de 136.26 Ton de CO₂eq. El índice B1 indica que al producir una tonelada de electrodos se generan 0.091 Ton de CO₂eq por el consumo de gas natural. Ver Figura 21.

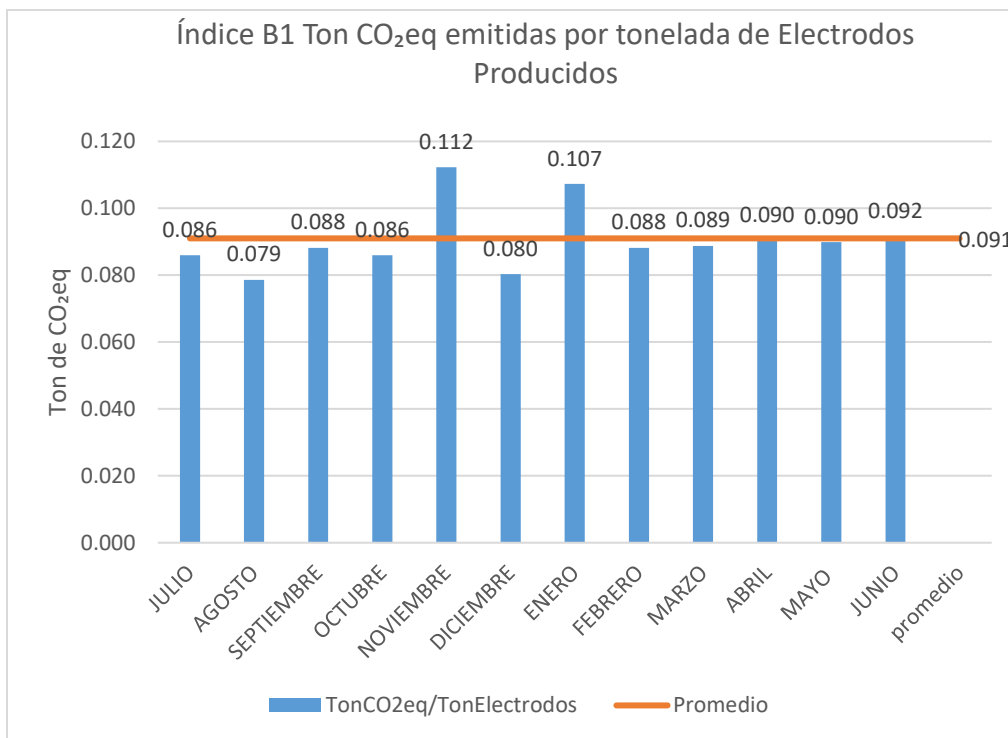


Figura 21. Índice B1, Ton de CO₂eq emitidas por el consumo de gas natural por tonelada de electrodos producido jul 15 - jun 16

Al realizar los nuevos ciclos de secado en los 3 productos señalados, se calcularon los índices A2 y B2 para comprobar si el consumo de gas natural y las emisiones de CO₂eq disminuyeron. Los índices se calcularon a partir del mes de noviembre de 2016, siendo el mes donde se generaron los nuevos ciclos de secado hasta el mes de marzo de 2017.

En estos 5 meses se produjeron 7,540 toneladas de electrodos con un promedio mensual de 1,508 Ton, y se consumieron 12,876 GJ de gas natural con un promedio mensual de 2,575 GJ, generando 867.64 ton de CO₂eq con un promedio mensual de 144.6 ton de CO₂eq.

El índice A2 señala que para producir una tonelada de electrodos con los nuevos ciclos de secado se consumen 1.65 GJ de gas natural (Figura 22).

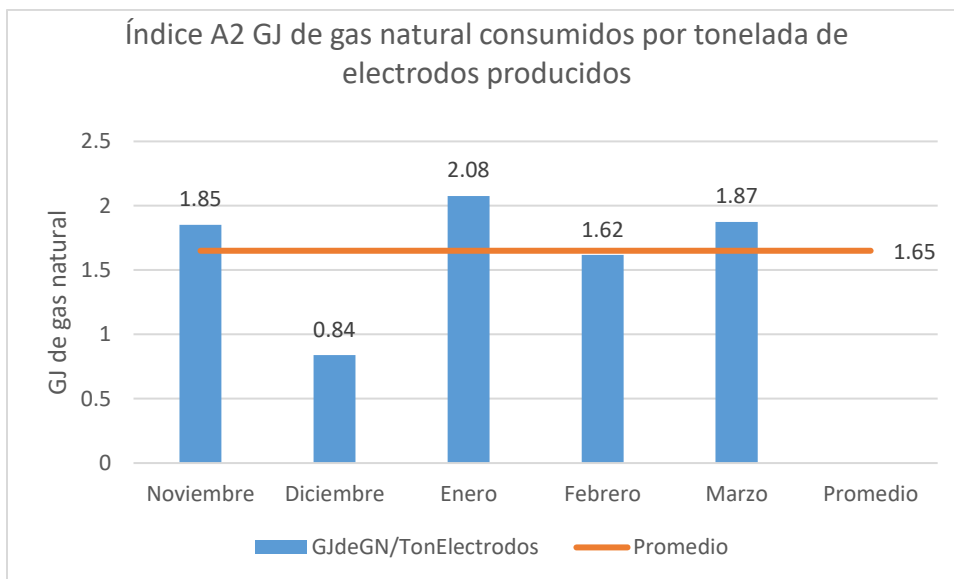


Figura 22. Índice A2, GJ de gas natural consumidos por tonelada de electrodos producidos con los nuevos ciclos de secado.

El índice B2 indica que para producir una tonelada de electrodos en estos 5 meses de pruebas con los nuevos ciclos de secado se emitieron 0.093 ton de CO₂eq (Figura 23).

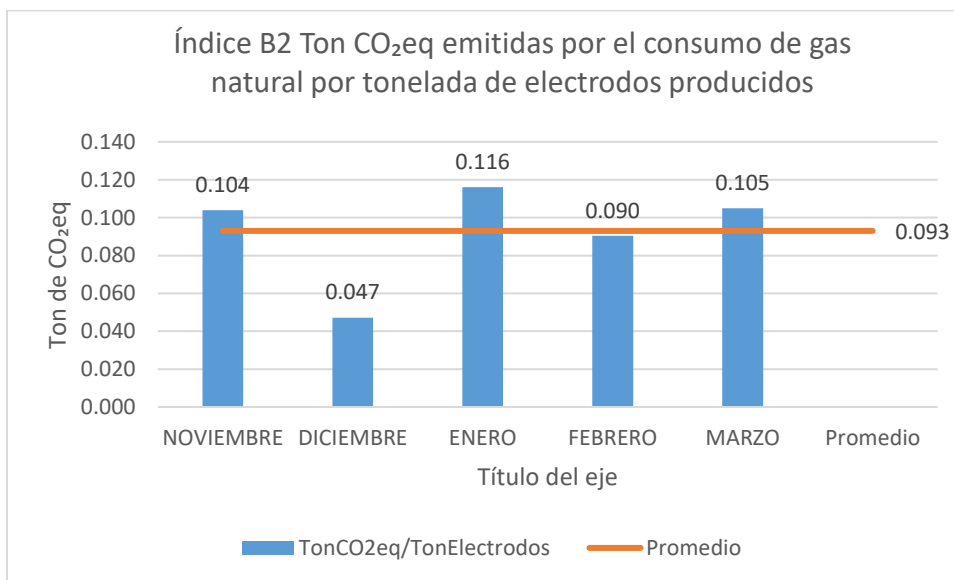


Figura 23. Índice de Ton de CO₂eq emitidas por tonelada de electrodos producido Nov 16 - Mar 17

Los indicadores señalan que el consumo de gas natural y las emisiones de CO₂eq emitidas para producir una tonelada de electrodos en los 5 meses de prueba con los nuevos ciclos de secado son mayores que en el año calculado con los ciclos de secado original.

Esto es debido a que, en los 5 meses de prueba, en la línea 1 de producción donde se encuentran los hornos de alta y baja temperatura disminuyó la productividad, esto se debe a que la productividad ideal promedio en la línea 1 es de 24.4 kg de electrodos producidos por minuto y para los 5 meses de prueba disminuyó a 19.3 kg de electrodos producidos por minuto debido al cambio de personal encargado de la productividad.

La disminución de productividad afecta al indicador debido a que los hornos de secado trabajan de manera continua, esto quiere decir que los quemadores permanecen encendidos, aunque no se estén produciendo electrodos.

Para comprobar la disminución de consumo de gas natural y la disminución de emisiones de CO₂eq emitidas por el consumo de dicho gas. Se realizó el cálculo de la producción de electrodos en la línea 1 con la productividad ideal promedio.

La línea 1 en promedio produce el 15 % del total de electrodos producidos mensualmente, por lo que con la productividad ideal la producción aumentaría de 7,540 Ton de electrodos producidos a 7,859 Ton de electrodos producidos en estos 5 meses de prueba con los nuevos ciclos de secado (Tabla 18).

Tabla 18. Aumento de producción con la productividad ideal en la línea 1.

**PRODUCCIÓN DE ELECTRODOS CON LA PRODUCTIVIDAD
IDEAL**

MES	PRODUCTIVIDAD 19.3	PRODUCTIVIDAD 24.4
	KG/MIN	KG/MIN
<i>Nov-16</i>	1,543	1,609
<i>Dic-16</i>	1,079	1,125
<i>Ene-17</i>	1,562	1,624
<i>Feb-17</i>	1,628	1,711
<i>Mar-17</i>	1,728	1,790
<i>Total</i>	7,540	7,859

Se calculo el índice de consumo de gas natural por tonelada de electrodos producidos con los nuevos datos de producción con la productividad ideal en la línea 1. El índice A3 y el índice B3.

El índice A3 indica que en promedio se deben consumir 1.58 GJ de gas natural por cada tonelada de electrodos producidos. Figura 24.

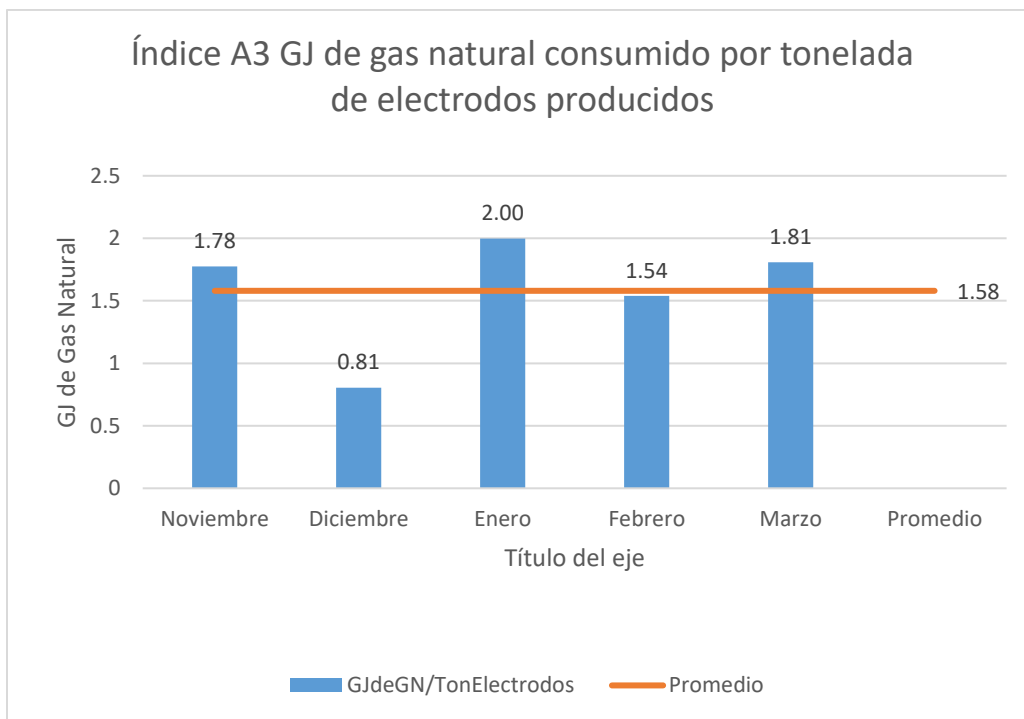
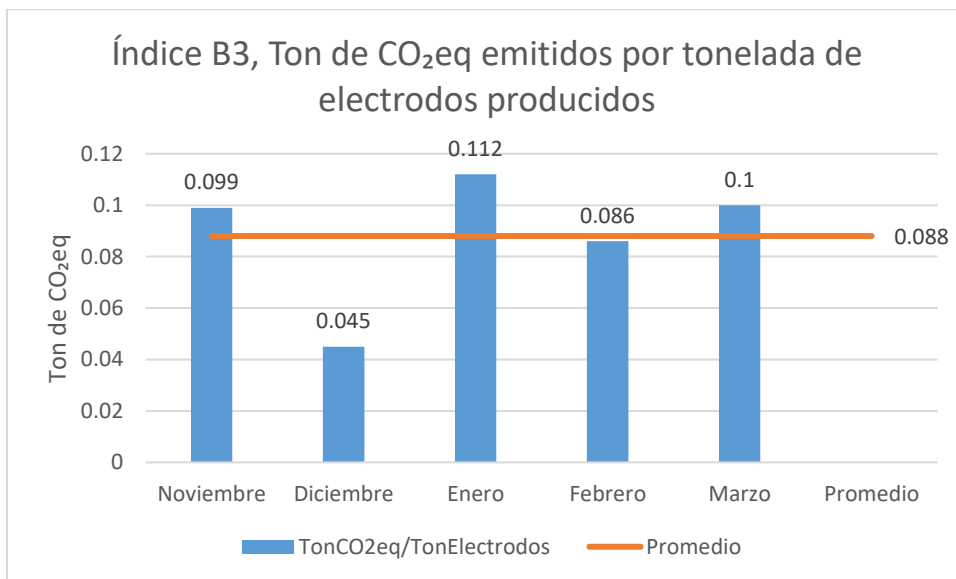


Figura 24. Índice A3, GJ de gas natural consumidos por tonelada de electrodos producidos con la productividad ideal en la línea 1

El índice B3 indica que por producir una tonelada de electrodos se emitirían 0.088 Ton de CO₂eq. (Figura 25).



Por lo que trabajando con la productividad ideal en la línea 1 habría un ahorro de 0.04 GJ de gas natural y una disminución de 0.003 Ton de CO₂eq por tonelada de electrodo producido.

Si en los 5 meses de prueba se produjeron 7,859 Ton de electrodos con la productividad ideal, habría un ahorro de 314.36 GJ de gas natural y una disminución de 23.58 Ton de CO₂eq totales en los 5 meses de prueba con los nuevos ciclos de secado.

3.4.3. BENEFICIOS ECONÓMICOS

Los beneficios económicos que se obtendrían con la productividad ideal están dados en la disminución del consumo de gas natural.

El costo de un GJ de gas natural según datos proporcionados por la empresa es de \$18.26 M.N. Considerando que con la productividad ideal en los 5 meses de prueba con los nuevos ciclos de secado hubo un ahorro de 314.36 GJ en base al índice de producción y consumo.

El beneficio económico en los 5 meses de prueba con la productividad ideal sería de:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio económico} &= \text{Costo de GJ de gas natural} \times \text{GJ de gas natural ahorrado} \\ &= \mathbf{\$5,740.22 \text{ M.N.}} \end{aligned}$$

CONCLUSIONES

- Debido a que la huella de carbono obtenida de la empresa resultó ser menor a 25,000 ton de CO₂eq, no está obligada a reportar sus emisiones ante la Ley General de Cambio Climático, mediante la Cedula de Operación Anual (COA) o el Registro Nacional de Emisiones (RENE).
- Al realizar la separación de la huella de carbono en el área de oficinas y planta de proceso, se observa que esta área representa el mayor consumo de energía siendo el mayor generador de emisiones, por lo que las estrategias de disminución se deben seguir concentrando en esta área.
- Dar seguimiento a la aplicación de las propuestas para la disminución de GEI en todas las líneas de producción y oficinas ayudará a disminuir los consumos de energía, lo que permitirá alcanzar ahorros económicos y un estatus de mayor calidad a las empresas y a la organización completa.
- El presente trabajo contribuyó a que la empresa y su corporativo obtenga relaciones más armónicas entre la sociedad y el medio ambiente, generando iniciativas que busquen impulsar gradualmente un modelo de gestión de bajos niveles de emisiones que ayuden a la disminución de Gases de Efecto Invernadero.
- La obtención de la huella de carbono para la empresa fabricante de electrodos para soldar, así como el total de datos obtenidos son una herramienta de gran valor para la misma, ya que además de contar con elementos para implantar las medidas de reducción de emisiones propuestas, la información será útil para la solicitud de los datos necesarios para mejorar la precisión de los futuros cálculos.
- La metodología del cálculo de la huella de carbono propuesta en este trabajo basado en una herramienta internacional como lo es el GHG Protocol ayudará al corporativo a replicar este estudio en sus diferentes empresas

alrededor del mundo para generar estrategias de disminución conjuntas para alcanzar el objetivo de disminuir el 15% de las emisiones para el año 2020.

PARA TRABAJOS FUTUROS

- Se deben instalar medidores de gas en cada línea de producción para conocer la cantidad de gas que consume cada horno para realizar medidas de mitigación especiales para cada horno de secado.
- Realizar mediciones de temperatura y balances de energía en los hornos de secado mensualmente para estimar el consumo de gas natural en cada línea de producción, para obtener una huella de carbono más detallada y generar nuevas estrategias de disminución de emisiones de GEI sin causar impacto en la producción de la planta.
- Generar nuevas pruebas de humedad en todos los productos para obtener nuevos ciclos de secado que ayuden a la disminución de emisiones de GEI.
- Generar datos para obtener las emisiones de Alcance 3 (viajes, consumo energético de proveedores, etc. para generar una huella de carbono más detallada.
- Desarrollar una metodología de sensibilización sobre cambio climático para todos los empleados de la empresa, con el fin de implementar medidas de mitigación en la generación de GEI en sus zonas de trabajo.

Con estas recomendaciones y manteniendo los objetivos que garanticen una mejora continua en la reducción de emisiones de GEI se podrá alcanzar la meta que tiene el corporativo de reducir un 15% las emisiones de GEI para 2020.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Rivera, N., Armend, C., García, C. A., García-Trevi, E. S. (2013). Carbon footprint of sugar production in Mexico, 112, 2632–2641. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.113>
- Alves, M., Araújo, A. C., Prata, A. P., Vitta, F., Hefler, S. (2009). Calculation and Estimation of the Carbon Footprint of Paint Industry. 1–40.
- Bockel, M. J. y otros, (2011). ¿Es la Huella de Carbono el Mejor Indicador Ambiental, o Simplemente el más Sencillo?, Huesca: Universidad Politécnica de València.
- Boiral, O. (2006). Corporate Response to Global Warming: For a Proactive Strategy. *International Journal of Business and Economics Perspectives*, 1(1), 79-95.
- Cámara Nacional de la Industria de la Transformación. CANACINTRA. (2016). Sectores Industriales y Ramas.
- Costello, A., Abbas, M., Allen, A. (2009). Managing the health effects of climate change. (vol 373, pg 1693, 2009). *Lancet*, 373(9682), 2200-2200.
- De La Torre, A. P. Fajnzylber y J. Nash. (2009). Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático. Banco Central, Washington D.C., USA.
- Diario Oficial de la Nación. (2012). Ley General de Cambio Climático. Visitado el 11/05/2016 en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130515.pdf
- ECCR. (2014). Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Versión en Español.

- Foran, B. M., Lenzen M., Christofer D., Bilek M. (2004). Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting. *Ecological Economics*, 52, 143-157
- Forbes México. (2014). Las 36 empresas con un alto compromiso ambiental. Revisado el 09 de mayo de 2016 en <http://www.forbes.com.mx/las-36-empresas-con-un-alto-compromiso-ambiental/>
- GEI México. (2012). Programa de Gases de Efecto Invernadero México.
- GHG Protocol (WRI/WBCSD). (2005). Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Versión en Español.
- Bimbo, G. (2011). Acerca de Grupo Bimbo. Informe Anual integrado.
- Güereca, L. P., Torres, N., Noyola, A. (2013). Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 47, 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.030>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2013), Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Revisado el 20 de mayo de 2016 en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/685/inventario.pdf>
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007*.
- ISO 14064 ISO 14064-1. (2010). Cuantificación y reporte de emisiones y remociones de GEI emisiones y remociones de GEI en organizaciones.
- Jiménez M. L. (2014). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE).
- Kleiner, K. (2007). The corporate race to cut carbon. *Nature*, Volumen 3, p. 40–43.

- Lee, K.-H., & Cheong, I.-M. (2011). Measuring a carbon footprint and environmental practice: the case of Hyundai Motors Co. (HMC). *Industrial Management & Data Systems*, 111(6), 961–978. <https://doi.org/10.1108/02635571111144991>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, E.(MAAMA), (2014). Manual de cálculo y reducción de Huella de Carbono en el sector del comercio.
- PEMEX. (2014). Plan de Acción Climática Nacional PEMEX.
- Penela, A. C., Carne, M. do G.-N., & Doménech, J. L. Q. (2009). El MC3 una alternativa metodológica para estimar la huella corporativa del carbono (HCC), 1–16.
- Plassmann, K., Norton, A., Attarzadeh, N., Jensen, M. P., Brenton, P., Edwards-Jones, G. (2010). Methodological complexities of product carbon footprint: A sensitivity analysis of key variables in a developing country context. *Environmental Science and Policy*, 13(5), 393-404. doi:10.1016/j.envsci.2010.03.013
- Schaltegger, S., Csutora, M. (2012). Carbon accounting for sustainability and management. status quo and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 36, 1-16. doi:10.1016/j.jclepro.2012.06.024
- Solomon S, Qin D, Manning M. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change. The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Nueva York: Cambridge University Press.
- Unidas, N. (1998). Protocolo de kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, 61702.
- Wiedmann, T.; Minx J. (2008). A Definition of Carbon Footprint In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, p. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.

Wittneben, B. B. F., Kiyar, D. (2009). Climate change basics for managers. *Management Decision*, 47(7), 1122-1132. doi:10.1108/00251740910978331

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) & World Resources Institute (WRI) (2004), The Greenhouse Gas Protocol a Corporate Accounting and Reporting Standard.

Zamani, B., Peters, G., Rydberg, T. (2014). A Carbon Footprint of Textile. Recycling A Case Study in Sweden, 19(4). <https://doi.org/10.1111/jiec.12208>

Zubelzu, S., Álvarez, R. (2015). Urban planning and industry in Spain: A novel methodology for calculating industrial carbon footprints. *Energy Policy*, 83, 57–68.

ANEXOS

Anexo A Stationary Combustion Tool Version 4-1



This tool calculates the CO₂, CH₄ and N₂O emissions from the combustion of fuels in boilers, furnaces and other stationary combustion equipment. It can be used by organizations from any sector.

Most of the time, you need only supply information on the the type and amount of fuel burnt, as well as the industry sector. Emissions are then automatically calculated using default emission factors, chosen to reflect this information. You must select a sector before the CH₄ and N₂O emissions can be calculated.

Changing the tool



The tool works as is. If you have more specific information, you can supply custom emission factors or change the default global warming potentials on the Settings page.

[Other tools can be downloaded from the GHG Protocol website](#)

GHG Protocol Guide to Definitions

This tool implements emission factors specific to many different types of fuels and sectors. To help you understand which emission factors most closely meet your needs, browse our definitions for our fuels and sectors:

Fuels:

Please select a fuel:

Natural gas should include: (1) Blended natural gas (sometimes also referred to as Town Gas or City Gas), a high calorific value gas obtained as a blend of natural gas with other gases; (2) City Gas, a high calorific value gas obtained as a blend of natural gas with other gases derived from other primary products, and usually distributed through the natural gas grid (eg coal seam methane); (3) Substitute natural gas, a high calorific value gas, manufactured by chemical conversion of a hydrocarbon fossil fuel, where the main raw materials are: natural gas, coal, oil and oil shale.

Sectors:

Please select a sector:

Fuel extraction or energy-producing industries. Examples include public utilities and petroleum refineries, as well as industries that generate secondary and tertiary products, such as charcoal, from solid fuels.

(Source: IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)



Unit conversions

While this tool automatically converts data amongst different measurement units, it does not cover all possible units. To perform other conversions, the online tool at www.onlineconversion.com may be helpful.



A note on heating values

Heating (or calorific) values are important if you input fuel consumption data using energy units (e.g., GJ or mmBtu of fuel burnt). Heating values measure the energy content of fuels and are expressed using either Higher Heating Values (HHVs; also know as Gross Calorific Values) or Lower Heating Values (LHVs; also known as Net Calorific Values). As a general rule, HHVs are used in Canada and the USA, and LHVs are used elsewhere; however, exceptions to this rule may occur. Before emissions can be calculated properly, the fuel consumption data and corresponding emission factors must be expressed in the same way - either on a HHV basis or on an LHV basis, but not both. So, you will be asked to indicate the heating value basis that underlies any energy data you supply. This will not happen when you supply fuel use data on a mass or volume basis.

Acknowledgements:

The emission factors used in this tool come from the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.



Please cite this tool using the following format:

World Resources Institute (2015). GHG Protocol tool for stationary combustion. Version 4.1.

While the worksheets are largely self explanatory, for questions or suggestions on its contents, please contact the GHG Protocol at: ghgquestions@wri.org

Please select a GWP set:

Note: The Fifth Assessment Report GWP values used in this tool exclude climate-carbon feedbacks for non-CO2 emissions. Use of the latest GWP values is recommended.



2 Custom emission factors

This tool uses default emission factors from the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. If you want to use your own emission factors, please enter them below. Your emission factors can be accessed in the spreadsheet by selecting the 'My fuels' category.

Fuel	Type of fuel	Emission factors			Units of emission factors		Heating value basis	Notes
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Numerator (e.g., kg GHG)	Denominator (e.g., tonne fuel)		

User supplied data							GHG emissions (tonnes)			
Source ID	Sector	(e.g., solid fossil)	Fuel	Amount of fuel	Units (e.g., kg or kWh)	Heating value basis	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	All GHGs (tonnes CO ₂ e)
							Total GHG emissions from fossil fuels (tonnes CO ₂ e)		0.000	
							Total CO ₂ emissions from biomass (tonnes):		0.000	

Revision History

Version	Revision Date	Updated By	Description
4.0	January 1, 2008	GHG Protocol	Initial release
4.1	May 18, 2015	GHG Protocol	Added GWP values from IPCC's Fifth Assessment Report