



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Evaluación de la huella del carbono en la planta agroindustrial Pomalca para contribuir con el protocolo de Kioto-efecto invernadero”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Galán Jara, Julio César (ORCID: 0000-0003-3613-3625)

**ASESORES:**

Mg. Reyes Tassara, Pedro Demetrio (ORCID: 0000-0002-0395-7065)

Mg. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Sistemas Electromecánicos

**CHICLAYO - PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

El presente es dedicado en primer lugar a nuestro Padre Celestial por brindarme la vida y bendecirme en los momentos difíciles como un Rayo de esperanza para seguir progresando.

Así mismo a mí madre quien me crío e inculco los buenos valores para cumplir mis sueños y ser una gran persona, ahora soy lo que soy gracias a ella, cumpliendo así este gran anhelo.

**Julio César Galán Jara**

## **Agradecimiento**

Agradezco a nuestro Padre Celestial por concedernos la vida y todo recurso natural para sobrevivir, permitiéndonos así por voluntad divina inclinarnos a estudiar una parte de toda su ciencia que hay en los recursos de este mundo.

A mí madre, por sacarme adelante siendo como una gran amiga y una gran consejera quien siempre me dio ánimos cuando a veces sentía todo el peso del mundo y mi vida se tornaba difícil. Ella siempre fue mi luz y siempre será mi motivo para seguir cumpliendo mis sueños.

A la Universidad Cesar Vallejo por llegar a nuestra ciudad de Cajamarca y poner a disposición la carrera universitaria, de igual manera a todos los docentes que nos brindaron su conocimiento, sus experiencias, mostrando ejemplos de vida.

**Julio César Galán Jara**

## **Página del Jurado**

## Declaratoria de Autenticidad

Yo, GALÁN JARA JULIO CÉSAR....., estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° ....45831017..., con el trabajo de investigación titulada,

### **“EVALUACIÓN DE LA HUELLA DEL CARBONO EN LA PLANTA AGROINDUSTRIAL POMALCA PARA CONTRIBUIR CON EL PROTOCOLO DE KIOTO-EFECTO INVERNADERO”**

#### **Declaro bajo juramento que:**


- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de oro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo.....22 de.....Junio....., 2020

Nombres y apellidos: Julio César Galañ Jara

DNI : 45831017

Firma : 

## Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Índice .....	vi
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Figuras .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática.....	1
1.2 Trabajos Previos. ....	6
1.3 Teorías Relacionadas al tema. ....	8
1.4 Formulación del Problema.....	11
1.5 Justificación del Estudio. ....	11
1.6 Hipótesis. ....	11
1.7 Objetivos.....	12
II. MÉTODO .....	12
2.1 Diseño de Investigación.....	12
2.2 Variables, Operacionalización. ....	13
2.3 Población y Muestra. ....	16
2.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	16
2.5 Métodos de Análisis de Datos. ....	17
2.6 Aspectos Éticos.....	17

III. RESULTADOS.....	18
3.1 Evaluar el proceso de elaboración de azúcar teniendo en cuenta el equipamiento electromecánico que interviene en cada etapa del procedimiento industrial de la planta Agroindustrial Pomalca.....	18
3.2 Determinar la cantidad de combustible utilizado y el consumo de energía eléctrica por hectárea cosechada en la Planta Agroindustrial Pomalca.....	26
3.3 Cálculo de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.....	27
3.4 Evaluar el impacto que genera la determinación de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.....	38
IV. DISCUSIÓN.....	41
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS .....	45
ANEXOS.....	49
Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	52
Reporte de Turnitin.....	53
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	54
Autorización de la versión final del trabajo de investigación .....	55

## Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización .....	14
Tabla 2. Producción de caña de azúcar.....	26
Tabla 3. Cantidad consumo de combustible Diésel.....	26
Tabla 4. Consumo de energía eléctrica.....	27
Tabla 5. Factores de Emisión .....	28
Tabla 6. Cantidades utilizadas de fertilizantes. ....	28
Tabla 7. Toneladas de CO <sub>2</sub> eq emitido por la fertilización.....	30
Tabla 8. Factor de emisión de la quema de caña de azúcar.....	31
Tabla 9. Cantidad de CO <sub>2</sub> eq emitido por la fertilización.....	32
Tabla 10. Cantidad de litros de Diésel que utiliza la Empresa Agroindustrial Pomalca.....	32
Tabla 11. Factor emisión de transporte agrícola.....	32
Tabla 12. Toneladas de CO <sub>2</sub> eq emitido por la cantidad de litros de Diésel que utiliza la Empresa Agroindustrial Pomalca .....	35
Tabla 13. Consumo de energía eléctrica por área producida.....	36
Tabla 14. Consumo de energía. ....	36
Tabla 15. Hectáreas cosechadas. ....	36
Tabla 16. Cantidad de CO <sub>2</sub> eq.....	37
Tabla 17. Producción de caña de azúcar.....	38



## Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de elaboración de la caña de azúcar. ....	10
Figura 2. Proceso de elaboración del azúcar .....	18
Figura 3 Proceso de la elaboración del azúcar. ....	19
Figura 4. Grúa Hilo iniciando el proceso de almacenamiento .....	20
Figura 5. Centrífuga automática acogiendo la masa cocida para el proceso de centrifugación .....	24
Figura 6. Centrífuga automática ejecutando el proceso de centrifugación.....	25

## RESUMEN

A nivel internacional en la actualidad las plantas industriales azucareras están buscando alternativas de suministro energético tratando de sustituir la utilización de combustibles pesados, hacia el gas natural, como es el caso de las medianas y grandes empresas, la reducción de emisiones se ha convertido en el principal desafío político y económico de los países desarrollados y en vía de desarrollo, puesta de manifiesto en la lucha contra el cambio climático por muchos tratados y convenios internacionales, siendo su punto de partida la firma del Protocolo de Kioto (11/12 / 97), En el Distrito de Pomalca se encuentra ubicada la Planta Azucarera Agroindustrial Pomalca dedicada a producir azúcar y sus derivados (melaza, chancaca y bagazo) a partir del cultivo de la caña de azúcar para lo cual se determinó Evaluación de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca con el propósito de contribuir con el Protocolo de Kioto (11/12 /97) y disminuir el efecto invernadero siendo la producción de azúcar total en el año 2018, ha sido de 59,456.41 toneladas métricas (1.45% menor que lo registrado en el año 2017), de las cuales 39,456.45 Ton, corresponde a caña propia y 19,999.96 Ton, proviene de caña de sembradores, de estas cantidades de caña, la producción de azúcar el año 2018 fue de 105.41 kilos por tonelada de caña; 6.8 kg, menor respecto al año 2017 determinando que la empresa Agroindustrial Pomalca utilizo en el año 2017 la cantidad de 498310.61 Litros de Diésel y en el año 2018 la cantidad de 488045.31 Litros de diésel esto repartido en las siguientes actividades: Actividad de Recojo y Transporte de Caña, Actividades de Movimientos de Tierra, Transporte de Personal Obrero, Actividad de Separación de Caminos y Aporcado y por Consumo de Combustible en Calderas, el consumo de energía eléctrica se estimó sobre la base de la cantidad utilizada en el proceso de producción de caña de azúcar siendo este para el año 2017 la cantidad de 1691.50 Kw.h/Ha y para el 2018 la cantidad de 2137.10 Kw.h/Ha, para ello se calculó la huella del carbono teniendo en cuenta la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero entre la producción total de azúcar en la planta Agroindustrial Pomalca sienta esta para el año 2017 la *HUELLA DEL CARBONO* = 0.142 *tnCO<sub>2</sub>eq* y para el 2018 la *HUELLA DEL CARBONO* = 0.141 *tnCO<sub>2</sub>eq*.

**Palabras claves:** Efecto Invernadero, Huella del Carbono, Producción de Azúcar, Gases de Efecto Invernadero.

## ABSTRACT

At the international level, nowadays the industrial sugar plants are looking for alternatives of energy supply trying to replace the use of heavy fuels, towards natural gas, as is the case of medium and large companies, the reduction of emissions has become the main political and economic challenge of developed and developing countries, highlighted in the fight against climate change by many international treaties and conventions, being the starting point of the signing of the Kyoto Protocol (11/12 / 97), In the District of Pomalca is located the Pomalca Agroindustry Sugar Plant dedicated to produce sugar and its derivatives (molasses, chancaca and bagasse), from the cultivation of sugarcane for which it was determined Evaluation of the Carbon Footprint in the Pomalca Agroindustry Plant with the purpose of contributing to the Kyoto Protocol (11/12/97) and reducing the greenhouse effect being the production of total sugar in 2018, has been 59,456.41 metric tons (1.45% lower than that recorded in 2017), of which 39,456.45 Ton, corresponds to own cane and 19,999.96 Ton, comes from sowing cane , of these quantities of cane, the production of sugar in 2018 was 105.41 kilos per ton of cane; 6.8 kg, lower compared to 2017, determining that the Pomalca agribusiness company used in 2017 the amount of 498310.61 Liters of Diesel and in 2018 the amount of 488045.31 Liters of diesel this distributed in the following activities Collection and Transportation Activity of Cane, Earthworks Activities, Transportation of Workers' Personnel, Road Separation and Pumped Activity and Fuel Consumption in Boilers, the consumption of electric energy was estimated based on the amount used in the cane production process of Sugar being this for 2017 the amount of 1691.50 Kw.h / Ha and for 2018 the amount of 2137.10 Kw.h / Ha, for this the carbon footprint was calculated taking into account the total amount of effect gas emissions Greenhouse among the total sugar production in the Pomalca Agroindustry Plant I feel this for 2017 the CARBON FOOTPRINT = 0.142 tCO<sub>2</sub> eq and for 2018 the FOOTPRINT CARBON = 0.141 tCO<sub>2</sub> eq.

**Keywords:** Greenhouse Effect, Carbon Footprint, Sugar Production, Greenhouse Gases.

## I. INTRODUCCIÓN.

### 1.1 Realidad Problemática.

A nivel internacional en la actualidad las plantas industriales azucareras están buscando alternativas de suministro energético migrando a un combustible mas sano para el medio ambiente como lo es el gas natural dejando de lado el uso de combustible, como es el caso de las medianas y grandes empresas ubicadas en el valle del Cauca, Colombia según Jiménez, A. E. R., & Salazar, C. J. P. (2016), los países desarrollados se han trazado un objetivo para reducir el cambio climático presentando muchos objetivos y metas a cumplir como lo es con el Protocolo de Kioto (11/12 / 97). En los años noventa las emisiones se logró una reducción en un 3,5%; y las evaluaciones del 2010 indicaron un porcentaje de 4,7%, esto quiere decir 3.3 puntos de diferencia con lo trazado del Protocolo de KIOTO , el 8%. Para el 2020.

A nivel de todo el planeta, los cuatro gases perjudiciales (GEI;  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$ ) se han incrementado de manera significativa desde 1750, posiblemente como consecuencia de las actividades antropogénicas (ipcc, 2007, 2013); el aumento de  $CO_2$ , se deduce que aún se hay presencia de los combustibles fósiles y al cambio de uso del suelo; de otro lado las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  vienen como consecuencia de las actividades agrícolas (Smith et al.,2008) que contribuyen con el 13,5% de la emisiones mundiales del GEI (IPCC,2007).

Hay un porcentaje del 23 % del dióxido de carbono (  $CO_2$ ) que se encuentran en las carreteras lo indica la asociación europea, que como objetivo principal para el año 2020 pretenden reducir dicha tasa apostando por el uso inmediato de nuevas tecnologías. (Fuel consumption and  $CO_2$  emissions of passenger cars over the New Worldwide Harmonized Test Protocol. , 2016).

En la actualidad en todo el planeta los gobiernos incentivan con disminución de impuestos para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera. Un estudio muestra que el 12% de los habitantes a nivel mundial gozan de tener en sus pulmones un aire limpio; mientras que la mitad esta con 2,5 veces mayor que el margen establecido refirió la Organización Mundial de la Salud. (OMS).

El protocolo de Kyoto presenta un desarrollo más Limpio (MDL) de la Convención Marco de las THEUNITEDNATIONS que permite acelerar un cambio con los gases del efecto invernadero ( GEI) iniciando en pasos mas grandes a cumplir en los países desarrollados según la Unión Europea.

La huella del carbono se viene tomando como una medida muy importante y no tarde a tomar como lo son en Hungría, Eslovaquia y Polonia que dichas ciudades estan en mucha preocupación.

En Alemania , China e India el crecimiento de contaminación sigue en pie a pesar de dichos esfuerzos , como por ejemplo en EEUU las emisiones vienen aumentando desde 1970 , aumentando en algunas regiones asi como en otras el impacto esta reducido; California,Florida y Texas, entre otros. (Mapping the carbon footprint of nations., 2016 págs. 10512-10517).

En el Protocolo de Kyoto sobre el CO2 podemos darnos cuenta que las emisiones en los países con compromiso de dicho protocolo emiten un promedio de 7 % menos de CO2 que los países sin compromiso. podemos darnos cuenta que es compromiso de las obligaciones para reducir emisiones. Francia , el Reino Unido y Alemania han alcanzado sus metas y se espera que China e India aumenten para el futuro, de ser así los países implicados cumplen con sus objetivos se estara considerando como un éxito parcial para seguir mejorando hasta la segunda ronda de compromiso hasta el 2020 , desde el 2012 que se cerrò. (Did the Kyoto Protocol fail? An evaluation of the effect of the Kyoto Protocol on CO 2 emissions., 2016 págs. 1-22.).

Desde 2009 la UE ha establecido objetivos obligatorios para el promedio de CO2 emisiones para cada fabricante de vehículo establecido objetivos obligatorios 130 CO2/km (2021). en estos ultimos años el tema del consumo de combustible y CO2 han recibido cierta atención por las organizaciones del medio ambiente y algunas de ellas han emprendido acciones legales contra las compañías de vehículos por mostrar ciertas irregularidades en cuanto a este tema. Actualmente ciudades , Países del todo el mundo estan luchando contra el cambio de efecto invernadero y reducir sus emisiones , hay algunos que estan mas adelante que otros y han aprendido como hacerlo como lo es el ejemplo de Irlanda que ocupa cuarto lugar actualmente por la generación eólica en el sistema eléctrico.

contribuyendo así con un 15,3% de la demanda de la electricidad (2012), también gracias al viento que superó un 40 % de la demanda alcanzando un máximo de más de 50 % año - alto en el mes de diciembre 2012.

Irlanda tiene bajos niveles de interconexión con los sistemas de sus vecinos y dando como resultado un gran potencial de generación de energía eléctrica renovable a los combustibles fósiles, desplazando así al CO<sub>2</sub> fuera de su propio sistema, teniendo así un ahorro y reducción que están dentro de los límites de sus emisiones. gracias a ello se evitó un aumento de más del 18 % de combustibles fósiles valorado en 297 millones de euros, mostrando así una eficiencia y un progreso para dicho país y sobretodo con el cuidado del planeta.

( Fossil fuel and CO<sub>2</sub> emissions savings on a high renewable electricity system—a single year case study for Ireland, 2015 págs. 151-164).

Los vehículos modernos están cumpliendo las normas Euro (Euro 5) tiene bajo CO en el tubo de escape y el nivel de HC (1% del consumo de combustible). Los datos de EEE sugiere una disminución como de 120,7 g de CO<sub>2</sub>/km en 2015 por algunos cambios de equipos originales y ciertas mejoras en su fabricación, considerando que aún se lucha para que sigan las mejoras y con acción legal pueda concretarse. (Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars in Europe—Laboratory versus real-world emissions, 2017 págs. 97-131).

El MDL brinda un incentivo más para la reducción de los gases contaminantes en los países que se encuentran en desarrollo, dichos países se comprometen a cumplir con sus objetivos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero aplicando medidas internas. Estos objetivos se expresan como niveles de emisiones permitidos principalmente cada uno equivalente a 1 tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente. ( Costs of certified emission reductions under the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol. , 2015).

Las plantas de energía que funcionan a gas son las que determinan un bajo porcentaje en contaminación comparado con las otras plantas que utilizan el combustible de fósiles de petróleo y carbón y tienen un alto impacto en la contaminación del medio ambiente .

Japón es un país que maneja mucho la importación de gas natural ocupando un 40% de sus necesidades y está optando por el cambio a gas natural para reducir la contaminación en función de co- combustión por el uso del mismo.

Este país vive de muchas fuentes de generación de energía que son: la energía nuclear, carbón, gas natural licuado, petróleo, Hydro y la pequeña cantidad de otras energías como la geotérmica, la eólica y la energía solar fotovoltaica. Un estudio realizado muestra que el consumo de energía de dicho país tiene como fuente los combustibles fósiles importados, teniendo un enorme impacto en la atmósfera por los gases del (GEI). como una medida a contra de todo esto esta planeando un cambio a gas natural para reducir dichos porcentajes. ( Impact of hydrogen fuel for CO2 emission reduction in power generation sector in Japan., 2017).

En el 2010 se mostro un interes a cumplir con el uso del gas natural sobre los contaminantes ; al 2020 los postulados se complementan con el uso de las energías renovables y la evaluación o cálculo de la huella del carbono.

El Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (SET) está regulado por el Protocolo de Kioto e implica algunos cambios en la gestión corporativa de las empresas industriales afectadas por la Directiva 2003/87 / CE. El EETS está obligando a cambiar los enfoques industriales estratégicos y operativos Gessa-Perera, A., Rabadán-Martín, I., & Jurado Martín, J. A. (2009). Asimismo, El modelo de programación lineal para calcular un programa de producción para maximizar las ganancias corporativas nos proporciona información importante sobre posibles acciones de la entidad en las adquisiciones del mercado de emisiones sobre el  $CO_2$ .

El análisis comparativo de los combustibles entre la gasolina pura, el Gas Natural Vehicular frente al biocombustible etanol, según estudios realizados en Pereira y Dosquebradas, Colombia, queda demostrado que los sistemas total flex o flex fuel brindan un ahorro económico y mecánico que mostrò los estudios patrocinados por la Universidad Tecnologica de Pereira, Henao, S.A.F., Mosquera, J. D., & Mosquera, J.C. (2010).

De manera similar se logró demostrar al otro extremo en Santiago de Chile, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA, 2005) demostró que la gran contaminación es por el parque automotor con una cifra de 37,3% de las emisiones de  $PM_{10}$  con medida de  $10 \mu m$  y de  $NO_x$  presento un 70% con los demás contaminantes. Morales, M.A.C. (2011).

El año 2014 se realizó en nuestro país la COP 20 de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático congregándose la mayoría de los representantes del planeta, se discutió la problemática que abarca el mundo en cuanto a la contaminación del medio

ambiente, tratándose muchos puntos importantes y trazándose varios objetivos importantes a cumplir para ser aprobado en la conferencia de París.

En el año 2015 se llevó a cabo una reunión en París donde se comprometieron asumir dichas responsabilidades para el medio ambiente. (INGUNZA, 2018).

El Perú tendrá que cumplir con la reducción del 31% de las emisiones contaminantes en la atmósfera para el año 2030 basado con el acuerdo de París. Actualmente están en búsqueda de algunos cambios de hábitos alimentarios, el sector agrícola suma aproximadamente 1,45 Mt de CO<sub>2</sub> eq por año, siendo una reducción baja teniendo en cuenta 82,2 Mt de CO<sub>2</sub> eq por año que tiene como objetivo para el año 2030, por lo que nos damos cuenta que tienen que agilizar las estrategias para la reducción del efecto invernadero, teniendo en cuenta también que la distribución de alimentos para el hogar y el consumo FAFH, la evaluación varió de 1,0 t a 1,8 t CO<sub>2</sub> eq.

Los resultados por consumo en alimentos y su reducción de carne, proteínas de alimentos muy ricos podrían reducir el porcentaje de emisiones, por otro lado el crecimiento de la población y el riesgo en la cría de ganado podría aún estar latente la lucha para la reducción de emisiones y cumplir con sus objetivos internacionales. (Climate change mitigation opportunities based on carbon footprint estimates of dietary patterns in Peru, 2017 pág. e0188182).

En el ámbito nacional en la empresa Nestlé Perú S. A. situada en Cajamarca se efectuó una investigación con la finalidad de presentar a la empresa una opción con el Gas Natural para minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub> (huella del carbono) y ahorrar un porcentaje frente a la energía térmica que generaba la empresa en el 2016, con petróleo n° 6; al presentar dicho análisis alternativo energético en sus aspectos económicos, financieros y ambientales dando resultado un VAN DE S/. 55,879.16, un TIR de 11.91% y un payback de 6.8 años, lo cual demostraba un ahorro del 3,43% de costo de energía térmica es decir s/. 0.1074 por kg de vapor generado a s/ 0.1039, siempre y cuando el petróleo N. ° 6 mantenga un promedio anual de s/. 6.50 por galón. Dicho indicador es de 3'584,587 kg de CO<sub>2</sub> se disminuye un 30,66% (841,131 kg de CO<sub>2</sub>) así mismo muestra que el CO<sub>2</sub> disminuye significativamente al uso de Gas Natural. Sánchez Gonzales, J.A. & López Otero, J. (2017).

En el distrito de Pomalca se encuentra ubicada la Planta Azucarera Agroindustrial Pomalca dedicada a producir azúcar con un cultivo permanente de la caña de azúcar teniendo también sus derivados (melaza, bagazo y chancaca) que cuenta con una



capacidad máxima de procesamiento de 3,400 toneladas de caña por día en épocas de molienda continua, tiene batería de 7 molinos con tres masas que son accionadas por un motor de corriente continua a velocidad versátil.

En la zona de calderos hay 8 unidades que tienen como capacidad total de 515 lb/hora; hay 5 turbo- generadores en la caja de fuerza con capacidad total de 14,790 KW. de potencia y para el sistema de accionamiento electromecánico lo realiza a través de la central térmica de ciclo de potencia Rankine; que genera aproximadamente 10,648.80 Kw.h, mensual, según Gastañaduy & Lozano (2003) y suministra de energía eléctrica a las diferentes cargas de la fábrica, como son circuitos de procesos industriales, circuitos de diferentes talleres, calderos, trapiche entre otros de manera interna; pero además suministra a las cargas externas como son a todos los sistemas de bombeo de los pozos tubulares del campo. Actualmente en la empresa se quiere contribuir con el cuidado del medio ambiente por los gases contaminantes por el Protocolo de Kioto (11/12 /97).

## **1.2 Trabajos Previos.**

La investigación realizada sobre “El proceso de sustitución de combustibles pesados por gas natural en el sector industrial del Valle del Cauca y del Cauca-Colombia 2004-2012” cuyos autores Andrés Eduardo Rangel Jiménez y Carlos Johnny Portilla Salazar ; presentaron que el Valle del Cauca al norte de Cauca , en los años 2004-2012; tomaron el modelo Probit de efectos aleatorios en Panel, se dedujo que hay un gran ahorro tanto económico como dar cuidado al medio ambiente por los gases contaminantes con el cambio al gas natural de todas las empresas que radican en dicha ciudad pero sostuvieron que un número de ellas no lo harán por la su producción misma donde utilizan el carbón. Ernesto Sebastián Vera Pérez en su tesis para el título de Abogado presento en su estudio, que por el uso excesivo de combustibles fósiles tienen un gran impacto a la atmósfera y contaminación misma del medio ambiente aumentando la temperatura de la tierra por el dióxido de carbono( $CO_2$ , se tiene que reformar la ley de hidrocarburos, y de gestión ambiental, incorporando normas que regulen el uso y manejo de estos recursos” desarrollada en la Universidad de Loja, Ecuador; que basándose en la constitución política del estado Ecuatoriano 2008, tuvo como objetivo fundamental defender, proteger el medio ambiente contemplando el agua, el aire, el exceso de casa y la pesca pero enfoca su investigación al no saber

utilizar los recursos naturales; que tiene como objetivo que cada ser humano debe tener una buena calidad de ambiente. los resultados de la presente investigación contempla el análisis sobre los derivados del petróleo (gasolina, gas, nafta ) generando un efecto negativo al medio ambiente denominado efecto invernadero por el alto porcentaje de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en la atmósfera como producto de la emanación de los gases que expulsan al medio ambiente dichos derivados y como consecuencia muchas ciudades y poblaciones han quedado marcadas por el humo del dióxido de carbono, capas de humo que han convertido negra las paredes; en pueblos enteros han generado enfermedades pulmonares y respiratorias que han afectado la vida de las personas. Para ello las recomendaciones emitidas en la investigación es que no solamente se plasme en la constitución el derecho a la naturaleza para vivir en un ambiente agradable y tener buena salud de la misma.

La Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo realizó la investigación a través del ing. Elvar Renato Miñano Mera con la tesis de posgrado denominada “Propuesta de un sistema de gestión ambiental bajo el contexto de la norma ISO 14001 mediante un modelo de mejora continua en la empresa Agroindustrial Pomalca S. A. Chiclayo – Lambayeque” presentó un objetivo para reducir los contaminantes de la atmósfera en la producción de azúcar en las empresas con respectivos instrumentos de medición que se identificó el consumo de agua, los efluentes, emisiones de gases y los herbicidas y pesticidas para proyectar un cambio saludable en la gestión ambiental basada en la norma ISO 14001: 2015 para trazarnos objetivos , metas y fiscalización misma para controlar así un porcentaje bajo de gases contaminantes; claro que la empresa contaba línea básica que contemplaba aspectos de seguridad ocupacional.

El ing. Pablo Adolfo Molinero Durand realizó la investigación denominada “Auditoria ambiental en la industria azucarera; caso empresa Agroindustrial Pomalca S. A.” para optar el grado de Maestro en Ciencias con mención en ingeniería ambiental; la misma que permitió revisar la parte tecnológica y las repercusiones del impacto ambiental la producción de azúcar en la región Lambayeque y analizar, verificar el aplicativo de las normas ambientales existentes a las instalaciones de las empresas frente a un enfoque certificable. Evidenciándose la posibilidad del grado de cumplimiento en un plan de mejora ambiental a través de la auditoría ambiental de manera técnica y económicamente viable.

### 1.3 Teorías Relacionadas al tema.

#### Principales Fuentes de Emisiones de Gas Efecto Invernadero (GEI) en la Industria

La huella de carbono de productos o servicios se obtiene mediante las mediciones de GEI que se generan en las cadenas de producción, inicia en la obtención de materia prima para las industrias de procesos, hasta el tratamiento de los residuos sólidos o planta de procesamiento de materia inservible, también se observa en la manufacturación y en el transporte con la utilización de combustibles fósiles Andrade, H. J., Segura, M. A., & Varona, J. P. (2015).

Las empresas pueden dar vida al medio ambiente realizando un análisis y un cálculo estandarizado de emisiones que se llevan en los procesos productivos en todas las industrias (Asociación Española para la Calidad, 2011)

Según Frohmann, A., & Olmos, X. (2013).

- Los fertilizantes compuestos por agroquímicos liberan el dióxido de carbono en su proceso de fabricación y al momento de la aplicación liberan el óxido nitroso.
- La maquinaria pesada utilizada en las labores agrícolas utilizan combustibles fósiles y sus derivados.

Se genera un porcentaje mínimo de metano y el óxido nitroso en comparación con el dióxido de carbono, pero es muy dañino en los efectos de calentamiento.

#### Huella del Carbono

Según Frohmann, A., & Olmos, X. (2013), La huella de carbono (HdC) identifica en las diferentes empresas la cantidad de gases de efecto invernadero en toda su jornada de producción o su tiempo de vida. La HdC establece los 6 GEI reconocidos en el Protocolo de Kioto: Dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), metano ( $CH_4$ ), hidrofluorocarbonos (HFC), hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ) y perfluorocarbonos (PFC).

La HdC se cuenta en toneladas equivalentes de dióxido de carbono ( $t CO_2e$ ) para determinar las diferentes emisiones de efecto invernadero. La medida  $CO_2e$  es el resultado del producto de los 6 GEI por el impacto mismo al medio ambiente.

A nivel de todo el planeta, especialmente los de OCDE, se ha puesto en marcha un plan de etiquetación de la huella de carbono en cada uno de los productos que tiene

como finalidad indicar la cantidad de  $CO_2$ / GEI que se mostraron en su proceso. Medir la HdC de un producto como la azúcar rubia que producen las plantas industriales implica realizar una sumatoria de GEI de una empresa, para tener un porcentaje mismo de contaminación y mejora del ambiente por eso que en cada empresa es vital conocer cuanto contamina y que meta se traza para reducir dicha contaminación.

### **Apreciación de la Huella del Carbono del Sistema de Producción de Caña de Azúcar**

Según Andrade, H. J., Segura, M. A., & Varona, J. P. (2015). Si realizamos un ligero análisis del ciclo de vida relacionada a la elaboración de la caña de azúcar, se puede afirmar que conlleva a cuatro etapas, iniciando con el cultivo y previo a eso observamos la materia que participa en esta etapa, luego el procesamiento de la producción de la caña de azúcar hasta la obtención del producto azúcar rubia para finalizar con el transporte de la producción de la misma.

Las investigaciones se pueden incluir las emisiones del GEI a partir de la preparación de materias primas y a continuación la elaboración de la caña de azúcar según el enfoque como lo describe la norma BSI EN ISO 14040 para la producción de azúcar (BSI, 2008).

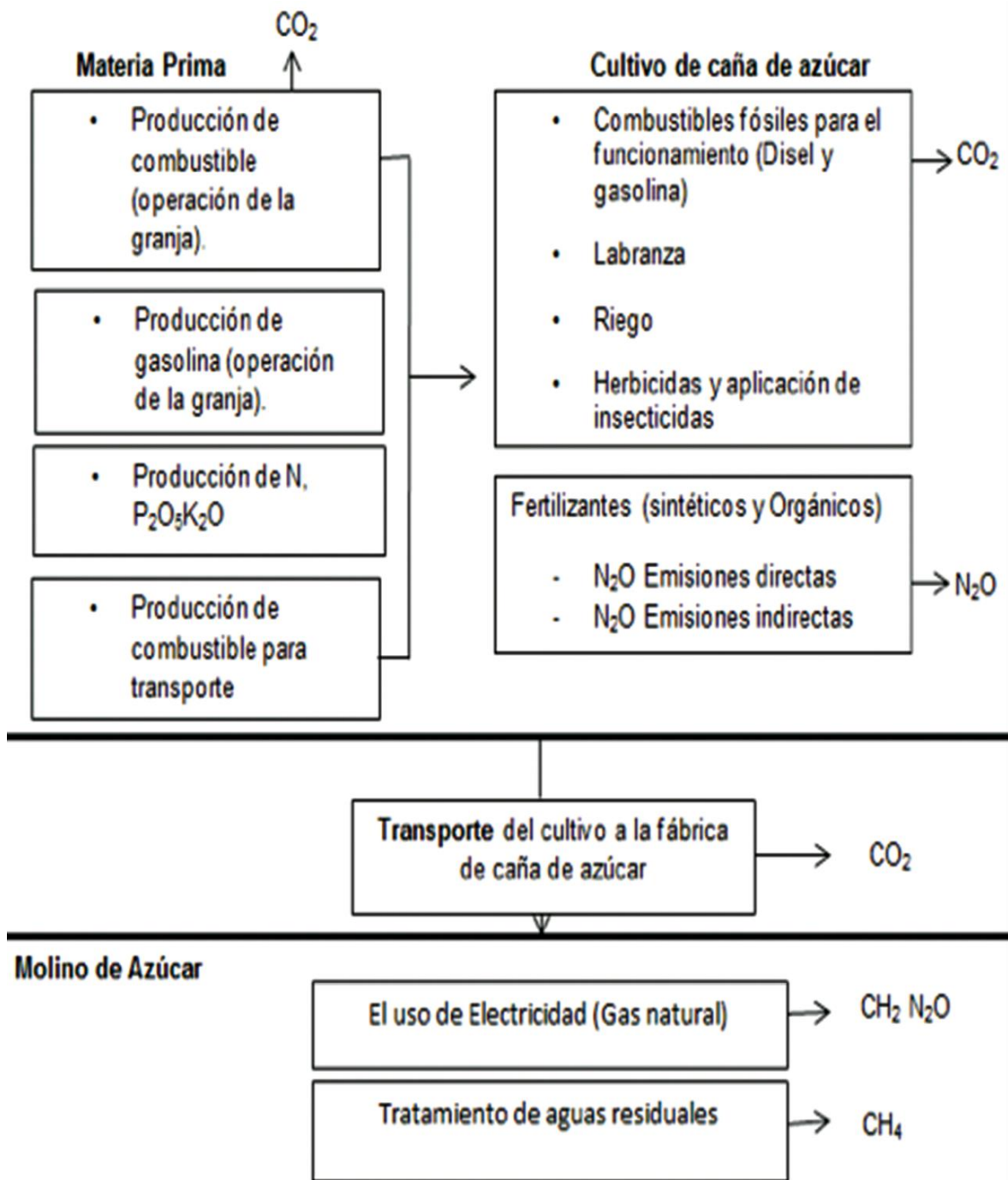


Figura 1. Ciclo de elaboración de la caña de azúcar.

#### **1.4 Formulación del Problema**

¿De qué manera el cálculo de la huella del carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca S. A. contribuye con el Protocolo de KIOTO para disminuir el Efecto Invernadero?

#### **1.5 Justificación del Estudio.**

##### **Técnica.**

Este proyecto denominado evaluación de la huella del carbono en la planta Agroindustrial Pomalca para contribuir con el protocolo de Kioto-Efecto Invernadero se justifica técnicamente ya que se emplearán métodos tecnológicos que permitan determinar específicamente el nivel de contaminación ambiental que produce la empresa Agroindustrial Pomalca permitiendo de esta forma poder aplicar metodologías tecnológicas de última generación para poder mitigar dichos efectos de esta manera de estará contribuyendo al protocolo de Kioto.

##### **Económica**

Con este gran aporte que se brindara a las empresas que se dedican a este tipo de trabajos industriales poder brindar un mejor servicio a sus clientes y por ende tendrán mejores ingresos ya que el servicio se realizará de forma eficiente y segura reduciendo enormemente las pérdidas económicas por la exposición de gases contaminantes al personal que trabaja en dicha planta sin uso de sus implementos de seguridad como también se reducirán pérdidas económicas incluyendo buenas prácticas en las mitigaciones de los impactos ambientales que estos generan.

##### **Ambiental**

El presente se justifica en lo ambiental debido a que con la evaluación de la huella del carbono en la planta Agroindustrial Pomalca para contribuir con el protocolo de Kioto-Efecto Invernadero, la empresa Agroindustrial Pomalca asume compromisos ambientales que les permitan ser competitiva y mantener modos de producción que sean sostenibles. Estos compromisos se estandarizarán a través de normas de referencia internacional como la ISO 14001 y tratados de comercio que evalúan el desempeño ambiental de las empresas industriales.

#### **1.6 Hipótesis.**

Si calculamos la huella del carbono a la Planta Agroindustrial Pomalca S. A. entonces contribuiremos con el Protocolo de KIOTO – Efecto Invernadero.

## 1.7 Objetivos.

### Objetivo General

Evaluación de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca con el propósito de contribuir con el Protocolo de Kioto (11/12 /97) y disminuir el efecto invernadero.

### Objetivos Específicos.

- A. Evaluar el proceso de elaboración de azúcar teniendo en cuenta el equipamiento electromecánico que interviene en cada etapa del procedimiento Industrial de la planta Agroindustrial Pomalca.
- B. Determinar la cantidad de combustible utilizado y el uso de energía eléctrica por hectárea cosechada en la Planta Agroindustrial Pomalca.
- C. Cálculo de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.
- D. Evaluar el impacto que genera la determinación de la huella del carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de Investigación.

Nuestra investigación es no experimental por que no se pretende variar intencionalmente variables independientes, habrá ciertos fenómenos cuando ocurran en su contexto. Por las condiciones explicadas del costo del implante y al largo tiempo para obtener resultados.

		T1		T2	
M1		O	P		ER

Dónde:

M1: Define muestra que se está teniendo en cuenta.

O : Define la indagación a estudiar en la muestra.

P : Define la alternativa propuesta

T1: Define el tiempo de medida de la Observación.

T2: Define el tiempo de efecto del escenario hipotético.

ER: Define los efectos considerados.

## **2.2 Variables, Operacionalización.**

### **Variable Independiente**

Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.

### **Variable Dependiente.**

Protocolo de Kioto – Efecto Invernadero.



## Operacionalización de las Variables

Tabla 1. Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>Variable Independiente:</b> Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.</p>	<p>Equipos de uso frecuente que consisten básicamente en identificar los gases de efecto invernadero mostrados por una organización traducida al equivalente de CO<sub>2</sub>, y luego efectuar estrategias para reducir los costos de energía, administrar eficientemente las emisiones, diferenciar un producto y obtener acceso a nuevos mercados que requiere estudio sobre la huella de carbono en algunos productos. (CARDENAS, 2017).</p>	<p>Herramientas de cálculo que calculan el parámetro de emisión de gases de efecto invernadero llamado huella de carbono utilizado por diferentes empresas como un indicador de su inquietud por el medio ambiente, lo que les da una ventaja competitiva sobre otras empresas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consumo Energético.</li> <li>➤ Emisiones de GEI.</li> </ul>	<p>Razón</p>

<p><b>Variable Dependiente:</b> Protocolo de Kioto – Efecto Invernadero.</p>	<p>El <b>Protocolo de Kioto</b> es un <b>protocolo</b> establecido por las Naciones Unidas ante el Cambio climático (CMNUCC), para bajar el porcentaje de los seis gases contaminantes que causan el daño a la atmósfera y el efecto invernadero es un fenómeno natural que la temperatura del planeta se conserve óptimo, para una mejor calidad de vida con el medio ambiente. (CARDENAS, 2017).</p>	<p>Permite desarrollar condiciones habitables en el planeta, como consecuencia una temperatura promedio en la Tierra, se retiene calor en la atmósfera al absorber los rayos infrarrojos gracias a los gases.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consumo Energético.</li> <li>➤ Emisiones de GEI.</li> </ul>	<p>Razón</p>
----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------

Fuente: Elaboración propia.

## 2.3 Población y Muestra.

### **Población.**

La población objeto de estudio está compuesta por las plantas agroindustriales de la Región Lambayeque.

### **Muestra.**

La muestra de estudio está compuesta por la Planta Agroindustrial Pomalca.

## 2.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Es aquel donde se recopila la información relevante que servirá para la investigación dada. (ARIAS, 2012).

### **Técnicas de recolección de datos**

En el estudio actual, se aplicarán las siguientes técnicas de recopilación de datos:

- a. **Entrevista:** Aplicado principalmente al recurso humano que trabaja en los departamentos de generación térmica (calderos) y la central eléctrica de la Planta Agroindustrial Pomalca
- b. **Guía de Observación:** Aplicado directamente al trabajo técnico que viene realizando el personal operativo de la Fabrica Pomalca.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos empleados a esta investigación son:

- a. **Hoja de entrevista:** Se brindará un interrogatorio con la finalidad de conocer el nivel de operatividad, consumo de combustibles (bagazo- petróleo) de los generadores de vapor y el nivel de producción de energía eléctrica de la central eléctrica de fábrica Pomalca.
- b. **Ficha de Observación:** Se recogerá todos los reportes diarios sobre consumo de combustibles y producción diaria de energía eléctrica a efectos de realizar los cuadros estadísticos que requiere el presente estudio.

## **Validez y Confiabilidad**

**Validez:** El trabajo de investigación será validado por expertos en la materia Ingenieros de la especialidad térmica y eléctrica quienes aprobarán los instrumentos de recaudación de datos como el aspecto metodológico del mismo, concerniente a la evaluación de la huella del carbono.

**Confiabilidad:** dicha investigación contara con instrumentos validados por profesionales de la especialidad, además se citará a las fuentes bibliográficas pertinentes y la información que se extraiga de la Planta Agroindustrial serán 100% válidos.

### **2.5 Métodos de Análisis de Datos.**

El análisis de datos se vale de una buena investigación y estudio donde la estadística es vital, donde el investigador detallará los resultados y sus diversos procedimientos para obtener dicho estudio. (HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. & BATISTA, P, 2014).

**Análisis Descriptivo**, debido a la extensión del estudio se tendrá en balance los modelos de evaluación de la huella del carbono que se realizan en otras plantas industriales con los cuales los datos se tomarán de la realidad y se analizarán mediante estadísticas descriptivas a través de tablas y gráficos de acuerdo al estudio y sus procesos estadísticos.

### **2.6 Aspectos Éticos.**

El proyecto tendrá respeto por las creencias religiosas, políticas y morales, y un gran respeto por el medio ambiente y la biodiversidad; mucho esmero con responsabilidad sociales y político, y manteniendo en el anonimato a las personas que amablemente participan de dicho estudio.

### III. RESULTADOS.

#### 3.1 Evaluar el proceso de elaboración de azúcar teniendo en cuenta el equipamiento electromecánico que interviene en cada etapa del procedimiento industrial de la planta Agroindustrial Pomalca.

##### Proceso de elaboración de azúcar en Agroindustrial Pomalca

En la empresa Agroindustrial Pomalca la producción no es muy diferente comparado con las demás fábricas del mundo, con la excepción de que la tecnología que presenta aún no se ha mejorado y el proceso se ha mantenido desde que comenzaron sus operaciones con algunas variaciones únicas.

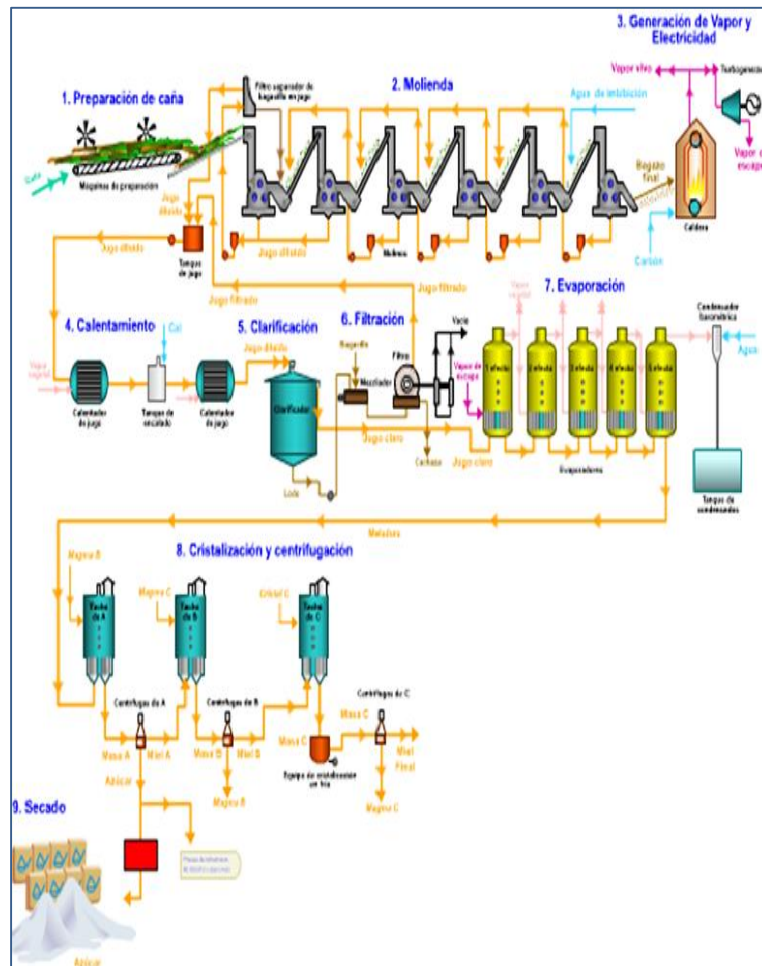


Figura 2. Proceso de elaboración del azúcar

### Organigrama del proceso de la elaboración del azúcar

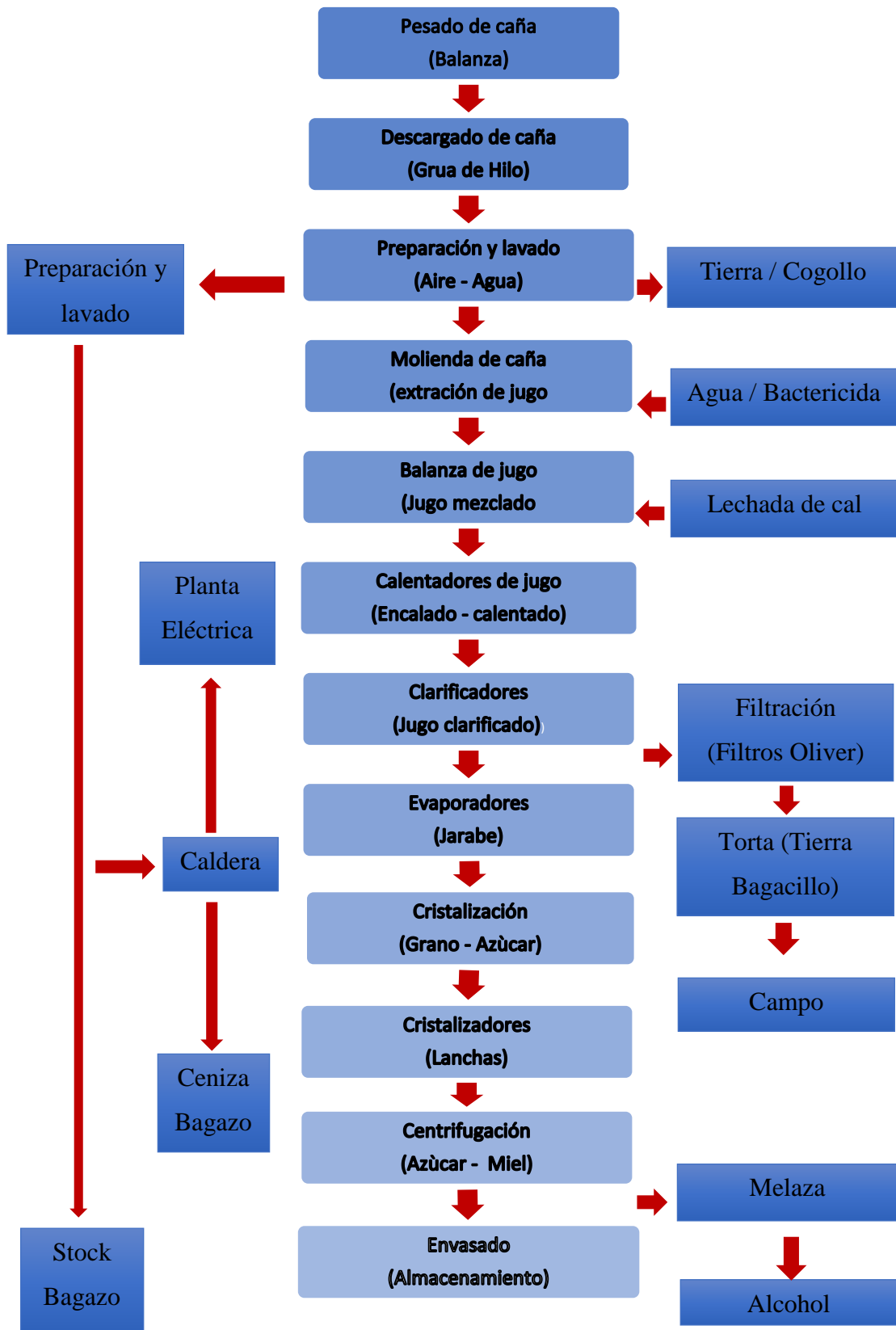


Figura 3 Proceso de la elaboración del azúcar.

## **Equipos electromecánicos que intervienen en cada etapa del proceso de elaboración de azúcar en Agroindustrial Pomalca**

**Pesado de la caña:** El cultivo de caña de azúcar se transporta desde el país de producción mediante el uso de remolques hasta la fábrica, donde se realiza el pesaje. Para este trabajo, la empresa cuenta con una báscula semiautomática Fairbanks Morse con una cabida de 60 toneladas, con medidas en la plataforma de 18 y 04 metros. (Vásquez, 2015, p. 4).

**Almacenamiento de la caña:** Después de establecer la cantidad de caña, las grúas bajan la caña a los remolques ya estacionados, con una capacidad de 28 toneladas. Este paso va desde los remolques hasta las plataformas establecidas que soportan una cantidad de 80 toneladas cada una y se usan para almacenamiento efímero, en esta primera etapa el control es para la caña de los agricultores y el segundo es para la caña de la empresa. (Vásquez, 2015, p. 4).



Figura 4. Grúa Hilo iniciando el proceso de almacenamiento de caña de azúcar

**Limpieza de la caña:** En este proceso se eliminan los desechos de cultivos, utilizando aire comprimido. Este paso cuenta con siete rodillos de 22 cm de diámetro, que funcionan con un motor de 20 HP, que proporciona un giro de 85 RPM. También se cuenta con 02 ventiladores con capacidad de  $1500 \text{ Pies}^3/m$  a través de los cuales circula aire a alta presión. Después de separar el suelo agitando, se transfiere con tiras conductoras a un embudo desde allí a los camiones y finalmente a la tierra agrícola. Después de preparar la caña de azúcar, se corta de 4 a 8 pulgadas con 22 machetes que giran a 550 RPM, por un motor de 280 HP y después pasa a la trituradora de 78 "de ancho, marca (GRUNDLER) (Vásquez, 2015, p. 4).

**Molienda de la caña:** Para adquirir el jugo, la caña se muele a través del molino, se utilizan algunos molinos y rollos, cada uno con un total de 15 masas de marca *Mirrilees Watson y Fulton de 6.4 RPM*, hecho de acero fundido. El primer molino es de 2500 libras de presión por pulgada cuadrada, el 5to molino es de 3500 libras de presión por pulgada cuadrada, se consigue el jugo del primer molino, para un alto índice de sacarosa se añade agua al bagazo del último molino y por bombeo llega hasta la fábrica, al final del proceso quedará bagazo y se usará de combustible para los calderos. La turbina N° 01 acciona al primer molino (desmenuzador), la turbina N° 02 acciona a los molinos 02 y 03, la turbina N° 03 acciona los molinos 04 y 05. temperatura del vapor 540° F, presión de salida del vapor 15 PSI, su velocidad tope es 4500 RPM, presión de entrada de vapor 300 PSI, potencia de la turbina N° 01 es de 750 HP, potencia de la turbina N° 02 y N° 03 es de 1600 HP (Vásquez, 2015, p. 5).

**Control del jugo de caña:** En las balanzas marca *Maxwell automáticas*: Balanza N° 01 capacidad de 140 t/h., capacidad por descarga es de 04 toneladas, la balanza N° 02 con capacidad de 120 t/h., su capacidad de descarga es de 3 1/2 toneladas. Verificando el jugo, la leche de cal se agrega al 10 Brix, alcanzando un pH de 7.8 Kg. La cal se estima una pureza de hasta 86% por tonelada de caña, la misión primordial es relacionar el óxido de calcio y fosfato, que presenta jugo y para establecer fosfato tricálcico; que dichas impurezas quedan atrapadas alrededor de sus moléculas expuestas en los clarificadores. (Vásquez, 2015, p. 6).



**Calentadores:** El trabajo formado de los calefactores es agregar suficiente calor al jugo mezclado para elevar la temperatura a 105 ° C para una reacción entre los fosfatos y la leche, para ello se tiene que contar con cuatro calentadores formadas en dos líneas paralelas, con características: *Yohn Menril*, de 100m<sup>2</sup> con una superficie de calentamiento (Vásquez, 2015, p. 7).

**Clarificación:** Para obtener un buen jugo de calidad y azúcar misma se tiene que expulsar los contaminantes contenidos en el jugo que se comienza a calentar a 105 ° C .para este proceso se tiene que contar con dos limpiadores que son dos tanques cilíndricos con capacidad de 168 y 360 toneladas para jugo, comenzando así a asentarse la cal y los elementos clarificadores, que van al fondo de los tanques y el jugo deja los pre-secadores completamente cristalinos a 98 ° C y con un PH de 6.8 a 7.00 (neutral), a la par con este proceso por medio de bombas de diagrama la cachaza se extrae desde el fondo mismo, para que no presente variaciones el pH del jugo, la calidad y cantidad de la cal agregada al jugo se va verificando constantemente para que no presente fallas y producto defectuoso.(Vásquez, 2015, p. 7).

**Filtración de Cachaza:** Es un material orgánico obtenido después del proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar, se ubica en la parte inferior del removedor, a este residuo se le agrega bagazo en polvo, luego se carga la bandeja donde el filtro gira muy lentamente y se pone en contacto. La arcilla (cachaça) se transfiere Materiales orgánicos para los campos agrícolas, que actúan como fertilizantes con un alto peso para aumentar la concentración de pH en el suelo. (Vásquez, 2015, p. 3).

**Evaporación:** Para obtener jugo puro y concentrado que lleva el nombre de jarabe se tienen que eliminar desechos de tierra y bagazo originando así la evaporación del jugo, que tiene que el vapor la temperatura de 115° C. Al ingresar el jugo en los primeros recipientes con 16° C Brix y surge del quinto cuerpo con 65° C Brix, se tiene que tener mucho cuidado con el Brix manteniendo un estado óptimo y mantenimiento preventivo. (Vásquez, 2015, p. 8).

**Cristalización:** La cristalización se lleva a cabo en ventosas, a partir de jarabe o miel este produce cristales, se tiene que tener una buena concentración de jarabe que ingresa desde los evaporadores (en otras palabras expulsar cantidad adecuada de agua) el objetivo es que

se tenga buena calidad de granos o cristales de azúcar, enviando el jarabe a los paneles de vacío (ventosas), donde hay una cocción del jarabe por la condensación de los calderos. En este paso es muy importante mantener la cantidad de granos de azúcar adecuada que se formaron al inicio; controlando el ingreso y salida del jarabe al tacho hasta que sale la masa cocida, se toma el tiempo de unas 11 horas, pero se puede reducir a unas 5 horas promedio. Luego se transporta la maza para que se enfríe en el cristalizador. La fábrica cuenta con 9 tachos que totalizan 14040 *Pies*<sup>2</sup> y 9080 *Pies*<sup>3</sup>, de capacidad (Vásquez, 2015, p. 9).

**Cristalizadores:** Se le llama a los depósitos que enfrían a la masa que se encuentran muy caliente proveniente de los paneles de vacío, hay un aumento de tamaño de los granos de sacarosa por que la miel va enfriando y se cristaliza y queda adherido a los granos primitivos de azúcar. En los cristalizadores se va realizando un giro por una pieza fundamental de eje con palas que dan como resultado un aumento de tamaño de los granos de azúcar, logrando así una calidad de granos. (Vásquez, 2015, p. 10).

**Centrifugación (separación del azúcar de la miel):** Este paso es muy importante porque se separan la miel que provienen de los cristalizadores y los granos de azúcar alas centrífugas (malla con recipiente que gira a gran velocidad) en la cesta va quedando los cristales de azúcar y también se ejecuta un lavado. Los cristalizadores reciben la miel para poder originar alcohol etílico en la destilería. La azúcar rubia es el origen de esta etapa por el buen color de sus cristales (Vásquez, 2015, p. 10).

**Las Centrífugas:** Conocido como cestas o tanques de metal hechos de una malla muy fina, es responsable de sostener la masa cocida y gira a alta velocidad usando un eje. Porque la canasta cuenta con agujeros y un paño de bronce con 500 a 600 agujeros por *pulg*<sup>2</sup>, la miel puede escapar de la canasta y los granos permanecen en el interior debido al pequeño tamaño de los agujeros mientras que la miel puede escapar.(Vásquez, 2015, p. 11).



Figura 5. Centrífuga automática acogiendo la masa cocida para el proceso de centrifugación



Figura 6. Centrífuga automática ejecutando el proceso de centrifugación

**Espirales sin fin:** Llevan este nombre porque interfieren en la transportación del material. Dicha pieza se ubica en un canal con forma de “U” que lleva una hélice y un eje. De las centrífugas surge el azúcar y lo lleva a un secador para que se pueda enfriar y después al elevador, el azúcar son de dos clases "A" y "B" que se produce en el viaje y luego se empaqueta y almacena en una tolva para la venta respectiva. (Vásquez, 2015, p. 11).

**Envasado – Almacenamiento:** En esta fase, el azúcar se envasa y almacena. Para hacer esto, los operadores tienen que realizar tareas: verificar el peso del azúcar, coser los sacos de azúcar y el cargador, que lo transporta en cantidades de 45 sacos a la Parihuela, Hay una serie producción de azúcar: en bolsas de 50 kilos tres veces " AAA ", conocido como azúcar blanco, el azúcar rubia en sacos de 50 kg y el azúcar " Pomalca " que se utiliza interiormente para la Empresa Agroindustrial Pomalca. (Vásquez, 2015, p. 12).

### **Producción de caña de azúcar**

Según se indicó hubo una producción de 59,456.41 toneladas métricas de azúcar en el 2018 con un porcentaje menor de 1.45% con respecto al 2017, la cantidad de caña propia 39,456.45 Ton, y caña de sembradores 19,999.96 Ton, entonces se tiene que en el 2018 la producción fue de 105.41 kilos por tonelada de caña; con una equivalencia de 6.8 kg menos. Según el Gerente esta disminución se debe a los bajos rendimientos tanto de sus propios sembradores y semillas como también debido a los diversos enfrentamientos que existen

entre los trabajadores y la administración que actualmente se encuentra dirigiendo la Empresa Agroindustrial Pomalca.

Tabla 2. Producción de caña de azúcar.

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad 2017</b>	<b>Cantidad 2018</b>
Producción de caña de azúcar	60318.53 toneladas	59456.41 toneladas

Fuente: Empresa Agroindustrial Pomalca

### **3.2 Determinar la cantidad de combustible utilizado y el consumo de energía eléctrica por hectárea cosechada en la Planta Agroindustrial Pomalca.**

En cuanto a las calderas para energía eléctrica y biomasa a partir de la quema de bagazo, estas emisiones se consideran neutras. Al respecto refiere que los cultivos cañeros durante el proceso de fotosíntesis absorben la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que se emite en los generadores de vapor u hornos, manteniéndose un equilibrio favorable para el cuidado del medio ambiente. No obstante, factores como el estado técnico de los generadores de vapor y el contenido de humedad del bagazo provoca que aumenten la emisión de monóxido de carbono (CO) que en combinación con el oxígeno atmosférico genera el CO<sub>2</sub>, para lo cual se manifiesta que la empresa agroindustrial Pomalca utiliza ambos elementos como combustible para las calderas de biomasa y la generación de electricidad:

- La quema de bagazo.
- Petróleo

Determinación total de combustible (litros de Diésel) que utiliza la empresa Agroindustrial Pomalca por año:

Tabla 3. Cantidad consumo de combustible Diésel.

<b>Actividades que consumen combustible Diésel</b>	<b>Cantidad 2017</b>	<b>Cantidad 2018</b>
Actividad de recojo y transporte de caña.	117808.92 Litros	104273.88 Litros
Actividades de movimientos de tierra	61719.75 Litros	72394.90 Litros
Transporte de personal obrero	77853.50 Litros	89439.49 Litros
Actividad de separación de caminos y aporcado	8121.02 Litros	17789.81 Litros
Consumo de combustible en calderas	232807.42 Litros	204147.23 Litros
<b>Total</b>	<b>498310.61 Litros</b>	<b>488045.31 Litros</b>

Fuente: Empresa Agroindustrial Pomalca

En cuanto a la cantidad utilizada en el proceso de elaboración de caña de azúcar se detalló el consumo de energía eléctrica. Esta cantidad fue consultada durante las entrevistas y el consumo de electricidad reportado en los recibos del último año siendo este:

Tabla 4. Consumo de energía eléctrica.

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad 2017</b>	<b>Cantidad 2018</b>
Consumo de energía eléctrica por hectárea producida.	1691.50 Kw.h/Ha	2137.10 Kw.h/Ha

Fuente: Empresa Agroindustrial Pomalca

### **3.3 Cálculo de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.**

En el estudio de la Huella del Carbono en planta Agroindustrial Pomalca se debe de tener en cuenta los datos de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) las cuales se agruparon en combustibles, fertilizantes, quema de caña, electricidad y emisiones de calderas. Los valores de consumo y cantidad de hectáreas correspondientes a las zafas 2017 y 2018 fueron suministrados por la Empresa Agroindustrial Pomalca.

Se estimó la Cantidad de emisiones a partir de la ecuación:

$$GEI = A \times f$$

Donde:

*GEI*: Cantidad de emisiones en terminos de CO<sub>2</sub> equivalente (t)

*A* : dato de actividad, es el parametro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI.

*f* : factor de emisión

Tabla 5. Factores de Emisión

<b>Categoría</b>	<b>Unidad</b>	<b>Factor de Emisión</b>
Urea	<i>kgCO<sub>2</sub>eq./kg N (cantidad de nitrógeno presente en el fertilizante)</i>	3.31
Fertilizantes Fosfóricos	<i>kgCO<sub>2</sub>eq./kg</i>	1.01
Fertilizantes Potásicos	<i>kgCO<sub>2</sub>eq./kg</i>	0.57
Quema de caña	<i>ton CO<sub>2</sub>/Ha</i>	8.99
Transporte agrícola	<i>kgCO<sub>2</sub>eq./litro de diesel</i>	3.14

Fuente: International Sustainability et Carbon Certification (ISCC 205)

Teniendo esto se evidencia que según los datos de producción e inventario de materiales utilizados en cada etapa de producción se divide en:

### **Fertilización**

Tabla 6. Cantidades utilizadas de fertilizantes.

<b>Fertilizante</b>	<b>Cantidad 2017</b>	<b>Cantidad 2018</b>
Urea	833.84 kg	1039.27 kg
Fertilizantes Fosfóricos	752.47 kg	772.27 kg

Fuente: Empresa Agroindustrial Pomalca

### **Cálculo de Toneladas de CO<sub>2</sub>eq. Emitidas por la fertilización:**

**Urea año 2017:**

$$GEI = A \times f$$

$$GEI = 833.84 \text{ kg} \times 3.31 \text{ kgCO}_2\text{eq./kg}$$

$$GEI = 2760.01 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

$$GEI = 2.76 \text{ tnCO}_2\text{eq}$$

**Fertilizantes Fosfóricos año 2017:**

$$GEI = A \times f$$

$$GEI = 752.47 \text{ kg} \times 3.31 \text{ kgCO}_2\text{eq./kg}$$

$$GEI = 2490.6757 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

$$GEI = 2.49 \text{ tnCO}_2\text{eq}$$

**Urea año 2018:**

$$GEI = A \times f$$

$$GEI = 1039.27 \text{ kg} \times 3.31 \text{ kgCO}_2\text{eq./kg}$$

$$GEI = 3439.9837 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

$$GEI = 3.44 \text{ tnCO}_2\text{eq}$$

**Fertilizantes Fosfóricos año 2018:**

$$GEI = A \times f$$

$$GEI = 772.27 \text{ kg} \times 3.31 \text{ kgCO}_2\text{eq./kg}$$

$$GEI = 2556.2137 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

$$GEI = 2.56 \text{ tnCO}_2\text{eq}$$



Tabla 7. Toneladas de  $CO_2eq$  emitido por la fertilización.

<b>Fertilizante</b>	<b>Cantidad de <math>tnCO_2eq</math> en el 2017</b>	<b>Cantidad <math>tnCO_2eq</math> en el 2018</b>
Urea	2.76 $tnCO_2eq$	3.44 $tnCO_2eq$
Fertilizantes Fosfóricos	2.49 $tnCO_2eq$	2.56 $tnCO_2eq$
<b>Total</b>	<b>5.25 <math>tnCO_2eq</math></b>	<b>6.00 <math>tnCO_2eq</math></b>

Fuente: Elaboración Propia

Se evidencia que las emisiones de  $CO_2eq$  referidas al uso de fertilizantes químicos. Los mayores aportes vienen dando por la Urea con un contenido de nitrógeno de 46 %. Existe en la actualidad una preocupación por el uso de los fertilizantes nitrogenados en la siembra de la caña de azúcar. Se llega a tener pérdidas, que disminuyen la eficiencia de aprovechamiento del nutriente por parte de la planta. Con ello no sólo presenta impedimentos económicos para el agricultor, sino también, implica en forma negativa al ambiente por la emisión de GEI.

Este fertilizante tiene un porcentaje elevado en las tierras de cultivo, satisfaciendo a un 40% de la población mundial. El reto se presenta en reducir el impacto ambiental por el uso del fertilizante-N, en EE. UU. Ha aumentado un 30% en los últimos veinte años, dichas empresas de fertilizantes están en prácticas tecnológicas para poder mejorar sus productos brindando una mejor calidad de vida hacia el medio ambiente. (Nitrogen fertilizers: facing contemporary challenges., 2002 págs. 169-177)

### **Quema de caña**

Se determinará los  $CO_2eq$  originados durante la quema de caña. Esta práctica milenaria se elimina las hojas secas y la paja al momento de trozar la caña dando una mejor visión para dicho trabajo, lo cual evita el deshoje manual y por tanto reduce la mano de obra campesina. Se generan durante este proceso contaminantes atmosféricos tales como: monóxido de carbono, óxido de azufre e hidrocarburos, estos gases contaminantes son los responsables de las enfermedades llamadas bronquitis crónica, asma bronquial y enfisema pulmonar, entre otras, afectando a la población colindante y en especial, a los menores. Se determinó el efecto

del suelo concluyendo que el monocultivo donde se quema la caña de azúcar provoca un impacto natural hacia el suelo, al reducir el carbono orgánico incluso sin que se aplique los fertilizantes minerales. El impacto generado por la quema de caña está en dependencia de la intensidad del fuego y la extensión de este. La cantidad de hectáreas quemadas de la última zafra se redujo a lo del período 2017 y por ende se observa una disminución de las emisiones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

Teniendo como factor de emisión:

Tabla 8. Factor de emisión de la quema de caña de azúcar.

<b>Categoría</b>	<b>Unidad</b>	<b>Factor de Emisión</b>
Quema de Caña	<i>ton CO<sub>2</sub>/Ha</i>	8.99

Fuente: International Sustainability et Carbon Certification (ISCC 205)

### **Cálculo de Toneladas de CO<sub>2</sub>eq. Emitidas por la Quema de caña:**

#### **Quema de Caña Zafra año 2017:**

Se tiene una cantidad total de 756.67 hectáreas de caña quemadas en la Empresa Agroindustrial Pomalca en tal sentido se tiene:

$$GEI = A \times f$$

$$GEI = 756.67 \text{ Ha} \times 8.99 \text{ tnCO}_2/\text{Ha}$$

$$GEI = 6802.46 \text{ tnCO}_2$$

#### **Quema de Caña Zafra año 2018:**

Se tiene una cantidad total de 737.11 hectáreas de caña quemadas en la Empresa Agroindustrial Pomalca en tal sentido se tiene:

$$GEI = A \times f$$

$$GEI = 737.11 \text{ Ha} \times 8.99 \text{ tnCO}_2/\text{Ha}$$

$$GEI = 6626.62 \text{ tnCO}_2$$

Tabla 9. Cantidad de  $CO_2eq$  emitido por la fertilización

<b>Año de Producción</b>	<b>Cantidad de hectáreas Quemadas</b>	<b>Cantidad <math>tnCO_2eq</math></b>
2017	756.67	6802.46 $tnCO_2eq$
2018	737.11	6626.62 $tnCO_2eq$

Fuente: Elaboración Propia

### Transporte, Corte y Cosecha de Caña

Teniendo el total de combustible (litros de Diésel) que utiliza la Empresa Agroindustrial Pomalca por año:

Tabla 10. Cantidad de litros de Diésel que utiliza la Empresa Agroindustrial Pomalca

<b>Actividades que consumen combustible Diésel</b>	<b>Cantidad 2017</b>	<b>Cantidad 2018</b>
Actividad de recojo y transporte de caña.	117808.92 Litros	104273.88 Litros
Actividades de movimientos de tierra	61719.75 Litros	72394.90 Litros
Transporte de personal obrero	77853.50 Litros	89439.49 Litros
Actividad de separación de caminos y aporcado	8121.02 Litros	17789.81 Litros
Consumo de combustible en calderas	232807.42 Litros	204147.23 Litros

Fuente: Empresa Agroindustrial Pomalca

Y teniendo un Factor de Emisión de:

Tabla 11. Factor emisión de transporte agrícola.

<b>Categoría</b>	<b>Unidad</b>	<b>Factor de Emisión</b>
Transporte agrícola	$kgCO_2eq./litro\ de\ Diesel$	3.14

Fuente: International Sustainability et Carbon Certification (ISCC 205)

Tenemos:

**Cálculo de Toneladas de CO<sub>2</sub> eq. Emitidas por la cantidad de litros Diésel que utiliza la Empresa Agroindustrial Pomalca:**

**AÑO 2017**

**Actividad de Recojo y Transporte de Caña:**

$$GEI = 117808.92 \text{ Litros de Diésel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Diésel}$$

$$GEI = 369920.0088 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 369.92 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Actividades de movimientos de tierra:**

$$GEI = 61719.75 \text{ Litros de Diésel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Diésel}$$

$$GEI = 193800.015 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 193.80 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Transporte de personal obrero:**

$$GEI = 77853.50 \text{ Litros de Diésel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Diésel}$$

$$GEI = 244459.99 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 244.46 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Actividad de separación de caminos y aporcado:**

$$GEI = 8121.02 \text{ Litros de Diésel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Diésel}$$

$$GEI = 25500.0028 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 25.50 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Consumo de combustible en calderas:**

$$GEI = 232807.42 \text{ Litros de Dièsel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Dièsel}$$

$$GEI = 731015.2988 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 731.02 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**AÑO 2018**

**Actividad de recojo y transporte de caña:**

$$GEI = 104273.88 \text{ Litros de Dièsel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Dièsel}$$

$$GEI = 327419.9832 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 327.42 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Actividades de movimientos de tierra:**

$$GEI = 72394.90 \text{ Litros de Dièsel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Dièsel}$$

$$GEI = 227319.986 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 227.32 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Transporte de personal obrero:**

$$GEI = 89439.49 \text{ Litros de Dièsel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Dièsel}$$

$$GEI = 280839.9986 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 280.84 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Actividad de separación de caminos y aporcado:**

$$GEI = 17789.81 \text{ Litros de Dièsel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Dièsel}$$

$$GEI = 55860.0034 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$GEI = 55.86 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

**Consumo de combustible en calderas:**

$$GEI = 204147.23 \text{ Litros de Dièsel} \times 3.14 \text{ kgCO}_2\text{eq./litro de Dièsel}$$

$$HC = 641022.3022 \text{ kgCO}_2\text{eq.}$$

$$HC = 641.02 \text{ tnCO}_2\text{eq.}$$

Tabla 12. Toneladas de  $CO_2eq$  emitido por la cantidad de litros de Dièsel que utiliza la Empresa Agroindustrial Pomalca

<b>Fertilizante</b>	<b><i>tnCO<sub>2</sub>eq</i> en el 2017</b>	<b><i>tnCO<sub>2</sub>eq</i> en el 2018</b>
Actividad de recojo y transporte de Caña.	369.92 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>	327.42 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>
Actividades de movimientos de tierra	193.80 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>	227.32 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>
Transporte de personal obrero	244.46 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>	280.84 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>
Actividad de separación de caminos y aporcado	25.50 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>	55.86 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>
Consumo de combustible en calderas	731.02 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>	641.02 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i>
<b>Total</b>	<b>1564.7 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i></b>	<b>1532.46 <i>tnCO<sub>2</sub>eq</i></b>

Fuente: Elaboración Propia

## Consumo de energía eléctrica por hectárea producida

Se estimó sobre la base de la cantidad utilizada en el proceso de producción de caña de azúcar.

Tabla 13. Consumo de energía eléctrica por área producida.

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad 2017</b>	<b>Cantidad 2018</b>
Consumo de energía eléctrica por hectárea producida.	1691.50 Kw.h/Ha	2137.10 Kw.h/Ha

Fuente: Empresa Agroindustrial Pomalca

Y teniendo un Factor de Emisión de:

Tabla 14. Consumo de energía.

<b>Categoría</b>	<b>Unidad</b>	<b>Factor de Emisión</b>
Consumo de energía	$gCO_2eq./Kwh$	130

Fuente: International Sustainability et Carbon Certification (ISCC 205)

Y sabiendo que las hectáreas quemadas son:

Tabla 15. Hectáreas cosechadas.

<b>Año de Producción</b>	<b>Cantidad de Hectáreas Cosechadas</b>
2017	756.67
2018	737.11

Fuente: Elaboración Propia.

Tenemos:

Cálculo de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. Emitidas por la cantidad de consumo de energía eléctrica por hectárea producida por la Empresa Agroindustrial Pomalca:

**AÑO 2017**

**Consumo de energía eléctrica por hectárea producida:**

$$GEI = 1691.50 \frac{Kwh}{Ha} \times 130 \frac{gCO_2eq.}{Kwh} \times 756.67 Ha \times \frac{1 tn}{1000000g}$$
$$HC = 166.39 tnCO_2eq.$$

**AÑO 2018**

**Consumo de energía eléctrica por hectárea producida:**

$$GEI = 2137.10 \frac{Kwh}{Ha} \times 130 \frac{gCO_2eq.}{Kwh} \times 737.11 Ha \times \frac{1 tn}{1000000g}$$
$$HC = 204.79 tnCO_2eq.$$

En tal sentido tenemos:

**TONELADAS DE CO<sub>2</sub>eq TOTALES EMITIDOS EN LA EMPRESA  
AGROINDUSTRIAL POMALCA**

Tabla 16. Cantidad de CO<sub>2</sub>eq

<b>Periodo</b>	<b>tnCO<sub>2</sub>eq</b>
2017	8538.80 tnCO <sub>2</sub> eq
2018	8369.87 tnCO <sub>2</sub> eq

Fuente: Elaboración Propia.



Y teniendo la producción total:

Tabla 17. Producción de caña de azúcar.

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad 2017</b>	<b>Cantidad 2018</b>
Producción de caña de azúcar	60318.53 toneladas	59456.41 toneladas

Fuente: Empresa Agroindustrial Pomalca

Entonces hallamos la Huella del Carbono en la Empresa Agroindustrial Pomalca de la siguiente manera:

$$HUELLA DEL CARBONO = \frac{TOTAL DE EMISIONES DE GEI}{PRODUCCION TOTAL}$$

**Para el año 2017:**

$$HUELLA DEL CARBONO = \frac{8538.80 \text{ tnCO}_2\text{eq}}{60318.53 \text{ tn}}$$

$$HUELLA DEL CARBONO = 0.142 \text{ tnCO}_2\text{eq}$$

**Para el año 2018:**

$$HUELLA DEL CARBONO = \frac{8369.87 \text{ tnCO}_2\text{eq}}{59456.41 \text{ tn}}$$

$$HUELLA DEL CARBONO = 0.141 \text{ tnCO}_2\text{eq}$$

### **3.4 Evaluar el impacto que genera la determinación de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca.**

#### **Efecto en la Fertilización:**

Se reportan las emisiones de CO<sub>2</sub>eq referidas al uso de fertilizantes químicos. Los mayores aportes vienen dando por la Urea con un contenido de nitrógeno de 46 %. Existe en la actualidad una preocupación en la siembra de la caña de azúcar por el uso de fertilizantes

nitrogenados. Los mismos están expuestos a sufrir pérdidas, que disminuyen la eficiencia de aprovechamiento del nutriente por parte de la planta. Esta realidad no sólo presenta implicaciones económicas para el agricultor, sino también, repercute en forma negativa al ambiente por la emisión de GEI, específicamente del óxido nitroso.

Se ha sugerido en el mercado que una forma importante de reducción para reducir la emisión de estos gases es el uso de fertilizantes de liberación lenta y controlada. La utilización de estos fertilizantes de enmiendas orgánicas podría reducir un mejor transporte de los productos químicos cuando se aplica en los suelos. Se aplicó una muestra de tres químicos: naftaleno, 2,4-D y Clorpirifós en un suelo de campo propiedad de la Asociación de golf EE. UU., mostrando una minoría de sorción en dichos suelos al incluir la concentración de DOM en la solución de los tres químicos mostrando un resultado óptimo.

(Effect of organic fertilizers derived from dissolved organic matter in the sorption and leaching of pesticides., 2005 págs. 187-194.)

#### **Efecto en la quema de caña:**

Se obtuvieron valores significativos de CO<sub>2</sub>eq originados durante la quema de caña. Esta práctica milenaria para tener mejor visión a la hora de trozar la caña, eliminando la paja y las hojas secas, lo cual evita el deshoje manual y por tanto reduce la mano de obra campesina. Se generan durante este proceso contaminantes atmosféricos tales como: óxidos de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos que son responsables en ciertas enfermedades de la población como lo son: Asma de los bronquios, bronquitis crónica, el enfisema pulmonar y entre otros.

#### **Efecto en el suelo:**

El efecto sobre el suelo en el monocultivo de caña de azúcar, al quemar la caña tiene como consecuencia un impacto natural en el suelo, bajando el carbono orgánico incluso cuando no se aplican fertilizantes minerales. El impacto generado por la quema de caña está en dependencia de la intensidad del fuego y la extensión de este.

Las emisiones producidas por el transporte incluyen las emitidas en las labores agrícolas y el traslado de los obreros al campo. La estimación de la huella de carbono se presenta en la actualidad como una valiosa herramienta, la cual debe ser extendida al resto de los centrales del país. Puede convertirse además en un indicador para comparar con los datos obtenidos

en otros ingenios. Es por ello, que los resultados alcanzados servirán de base a la realización de un análisis sectorial, con énfasis en aquellos procesos de mayor contribución de GEI, como es el caso de la práctica de la quema de caña. Se contribuirá en gran medida al desarrollo de estrategias y políticas orientadas a la reducción de estas emisiones.

#### IV. DISCUSIÓN.

Como ya lo mencionaron los autores Andrés Eduardo Rangel Jiménez y Carlos Johnny Portilla Salazar en su tesis para el Valle del Cauca ; tuvo como objetivo principal colocar en primer lugar a la utilización de gas natural antes los combustibles pesados ya que darán como origen al cuidado del medio ambiente , esto lo estudiaron en los años 2004-2012; poniendo en marcha el modelo Probit de efectos aleatorios en panel al solo trabajar con el gas natural donde se estimó también un ahorro económico para las empresas que utilizan otro combustible; pero también se dieron cuenta que las empresas que trabajan con el carbón en su producción sería muy difícil abordar estos cambios, La presente información tuvo como objetivo principal la Evaluación de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca con el propósito de contribuir con el Protocolo de Kioto (11/12 /97) y disminuir el efecto invernadero, teniendo como objetivos específicos Evaluar el proceso de Elaboración de Azúcar teniendo en cuenta el equipamiento electromecánico que interviene en cada etapa del procedimiento Industrial de la planta Agroindustrial Pomalca, Determinar la cantidad de combustible utilizado y el consumo de energía eléctrica por hectárea cosechada en la Planta Agroindustrial Pomalca, Cálculo de la Huella del Carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca, Evaluar el impacto que genera la determinación de la huella del carbono en la Planta Agroindustrial Pomalca en tal sentido se realiza la comparación entre estos dos trabajos estando de acuerdo con lo manifestado con el autor.

Ernesto Sebastián Vera Pérez en su tesis sobre el efecto invernadero que cuando se utiliza los combustibles fósiles da como consecuencia un aumento de la concentración de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en la atmósfera; lo que está haciendo que la temperatura de la tierra va aumentando constantemente, por lo que es forzoso reformar la ley de hidrocarburos, y de gestión ambiental, incorporando normas que regulen el uso y manejo de estos recursos desarrollada en la Universidad de Loja, Ecuador; que basándose en la constitución política del estado Ecuatoriano 2008, tuvo como objetivo fundamental defender, proteger el medio ambiente contemplando el agua, el aire, el exceso de casa y la pesca pero enfoca su investigación en que no se utiliza un sabio manejo de los recursos naturales para que los habitantes puedan tener otro mejor estilo de vida natural. Los resultados de la presente investigación contempla un análisis que se sigue usando los combustibles fósiles y todos sus

derivados generando un efecto negativo al medio ambiente denominado efecto invernadero por la crecida aún del dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en la atmósfera como producto de la emanación de los gases que expulsan al medio ambiente dichos derivados y como consecuencia muchas ciudades y poblaciones han quedado marcadas por el humo del dióxido de carbono, capas de humo que han convertido negra las paredes; en pueblos enteros han generado enfermedades pulmonares y respiratorias que han afectado la vida de las personas. Para ello las recomendaciones emitidas en la investigación es que no solamente se plasme en la constitución el derecho a la naturaleza y de mejorar la calidad de vida del medio ambiente donde se pueda poco a poco erradicar el consumo de dichos contaminantes.

La Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo realizó la investigación a través del ing. Elvar Renato Miñano Mera con la tesis de posgrado con un sistema de gestión ambiental bajo las normas ISO 14001 para una mejora en la Empresa Agroindustrial Pomalca S. A. ubicada en Chiclayo que en todos sus procesos de producción del azúcar puedan ir erradicando dichos factores que son un impacto ambiental utilizando una metodología radical donde se pueda examinar, aplicar información básica y complementaria y donde los instrumentos de medición determinarán una medición más allá sobre la contaminación de naturaleza como es; los herbicidas, pesticidas, las emisiones de gases, los efluentes, el consumo de agua para luego determinar del sistema de gestión ambiental basada en la norma ISO 14001: 2015 que con compromiso, metas claras, objetivos específicos y ciertos programas ambientalistas se logrará erradicar los impactos ambientales a la madre naturaleza, dando una mejora en el medio ambiente. Claro está que la empresa contaba línea básica que contemplaba aspectos de seguridad ocupacional, para lo cual se está de acuerdo enteramente con lo descrito por el autor.

## V. CONCLUSIONES.

En el año 2018 la producción de azúcar ha sido de 59,456.41 toneladas métricas con un porcentaje de 1.45% siendo este menor con respecto al 2017, dentro de ello se estimó una cantidad de 39,456.45 Ton de caña propia y con una cantidad de 19,999.96 Ton de caña de sembradores de todo ello la producción alcanzada para el año 2018 fue de 105.41 kilos por tonelada de caña; con la cantidad de 6.8 kg menos comparado con el 2017.

Se determinó que la empresa agroindustrial Pomalca utilizó en el año 2017 la cantidad de 498310.61 Litros de diésel y en el año 2018 la cantidad de 488045.31 Litros de diésel esto repartido en las siguientes actividades: Actividad de recojo y transporte de caña, actividades de movimientos de tierra, transporte de personal obrero, actividad de separación de caminos y aporcado y por consumo de combustible en calderas, se estimó un consumo de energía eléctrica sobre la base de la cantidad utilizada en la elaboración de caña de azúcar siendo este para el año 2017 la cantidad de 1691.50 Kw.h/Ha y para el 2018 la cantidad de 2137.10 Kw.h/Ha.

Se determinó la huella del carbono teniendo en cuenta las emisiones de gases de efecto invernadero entre la producción total de azúcar en la planta Agroindustrial Pomalca siendo esta para el año 2017 la *HUELLA DEL CARBONO = 0.142 tnCO<sub>2</sub>eq* y para el 2018 la *HUELLA DEL CARBONO = 0.141 tnCO<sub>2</sub>eq*.

Se determinó valores significativos de CO<sub>2</sub>eq originados durante la quema de caña siendo lo valores para el 2017 es la cantidad de 6802.46 *tnCO<sub>2</sub>eq* y para el 2018 es 6626.62 *tnCO<sub>2</sub>eq*.

## VI. RECOMENDACIONES.

Habiendo determinado la producción total de azúcar en la empresa agroindustrial Pomalca en los periodos del 2017 y 2018 se recomienda realizar los mantenimientos preventivos respectivos a los equipamientos encontrados en la producción de la azúcar ya que si estos disminuyen su eficiencia de funcionamiento consumirán más energía eléctrica y los índices de huella del carbono aumentarán.

Se recomienda el uso de fertilizantes ecológicos que no afecten tan drásticamente el suelo ya que de eso depende la eficiencia de producción y la cantidad de tonelaje producido por hectárea disminuyendo también las emisiones de gases invernaderos en esta actividad en la actividad de recojo , transporte de caña y actividades de movimientos de tierra. Se recomienda utilizar transporte con mejor eficiencia ya que no solo aumentaría la producción sino que también disminuirá la producción de dióxido de carbono, cuando se realiza el quemado de caña se recomienda disminuir dicha práctica ya se estaría disminuyendo gran cantidad de emisiones de gases tóxicos al ambiente y por el consumo de combustible en calderas se recomienda tratar de utilizar la broza o bagazo ya que estas emisiones se consideran neutras. Al respecto refiere que los cultivos cañeros durante el proceso de fotosíntesis absorben la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que se emite en los generadores de vapor u hornos, manteniéndose un equilibrio adecuado para el medio ambiente.

Existe un recomendación de disminuir la emisión de gases ya que si esto sucede y se mantiene la producción se estaría contribuyendo al protocolo de Kioto ya que disminuirá prudencialmente la huella de carbono en la empresa Agroindustrial Pomalca siendo los valores actuales para el 2017 la *HUELLA DEL CARBONO* = 0.142 *tnCO<sub>2</sub>eq* y para el 2018 la *HUELLA DEL CARBONO* = 0.141 *tnCO<sub>2</sub>eq*.

Estos resultados pueden emplearse en la comparación de los impactos de estas emisiones con otras industrias dentro del propio sector azucarero o del país en general y convertirse en un instrumento clave en la toma de decisiones siendo los valores significativos de CO<sub>2</sub>eq originados durante la quema de caña siendo lo valores para el 2017 es la cantidad de 6802.46 *tnCO<sub>2</sub>eq* y para el 2018 es 6626.62 *tnCO<sub>2</sub>eq*.

## REFERENCIAS

Costs of certified emission reductions under the Clean Development Mechanism of the Kyoto Protocol. . **Rahman, S. M., & Kirkman, G. A. 2015.** 129-141., Texas, EEUU : Energy Economics, 2015, Vol. 47.

Fossil fuel and CO2 emissions savings on a high renewable electricity system—a single year case study for Ireland. **CLANCY, J. M. 2015.** Irlanda : Energy Policy, 2015, Vol. 83.

Impact of hydrogen fuel for CO2 emission reduction in power generation sector in Japan. **Pambudi, N. A., Itaoka, K., Kurosawa, A., & Yamakawa, 2017.** 3075-3082, Tokio : Energy Procedia, 2017, Vol. 105.

**AGUILAR, Ricardo. 2016.** Diseño de un Banco de Pruebas para Bombas Hidráulicas de alto Caudal y Presión. Guatemala : s.n., 2016. pág. 242.

**ALIQUE,P.M., GARRIDO, F.H. & JIMENEZ, D. M. 2014.** 3. ALIQUE,P.M., La huella del carbono como ventaja competitiva. DYNA Energía y Sostenibilidad. Perú : s.n., 2014. pág. 145.

**ANDRADE, H.J., SEGURA, M.A., & VARONA, J.P. 2015.** Estimación de la huella de carbono del sistema de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Panamá. Colombia : s.n., 2015. pág. 137.

**ARIAS, Fidias. 2012.** El Proyecto de Investigación - Introducción a la Metodología Científica. 6ta Edición. Caracas - Republica Bolivariana de Venezuela : Editorial Episteme, C.A., 2012. pág. 143. ISBN: 980 - 07 - 8529 - 9.

**BENITEZ, Jonatan y GUAGALANGO, Raúl. 2011.** Evaluación de las Bocidas e Implementación Económicas del Procedimiento de Sanitización de Jugos de Caña en el Area de Molinos del IANCEM. Ibarra - Ecuador : s.n., 2011. pág. 124.

**CARDENAS, Deivid. 2017.** Calculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining sede Lima 2016 a través del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Lima : s.n., 2017. pág. 141.

**CHACON, Justo. 2014.** Propuesta Técnica para el Incremento de Procesamiento de Caña de Azúcar a 300 T/H del Trapiche de un Ingenio Azucarero en el Norte del Perú. Lima : s.n., 2014. pág. 78.

**CHANAME, C. A. 2018.** Diseño de la Reingeniería para Automatizar el Proceso de Generación de Vapor de la Caldera APIN en la Empresa Agroindustrial Pomalca SAA. Chiclayo : s.n., 2018. pág. 167.



Climate change mitigation opportunities based on carbon footprint estimates of dietary patterns in Peru. **VÁZQUEZ-ROWE. 2017.** 11, Galicia, España : PloS one, 2017, Vol. 12.

**DE LEON, Alexander. 2015.** Implementación de un Banco de Pruebas para Transmisiones, Bombas, Motores, Cilindros y Válvulas Hidráulicas de Maquinaria Pesada Para la Construcción. Guatemala : s.n., 2015. pág. 123.

**DELGADO, A. M., ORBEGOZO, C., MOYA, R., & PALACIOS, M. 2016.** 4. Delgado Acevedo, A. M., García Bustamante, H. E., OrDeterminación de tarifas óptimas para generación de electricidad al sistema interconectado a partir de residuos de biomasa. Perú : s.n., 2016. pág. 178.

**DELGADO, Carlos y NUÑEZ, Erikson. 2016.** Gestión de Procesos para Mejorar la Productividad del Proceso de Fabricación de Azúcar en la Empresa Agropucalá S.A.A. - 2015. Pimentel : s.n., 2016. pág. 248.

Did the Kyoto Protocol fail? An evaluation of the effect of the Kyoto Protocol on CO<sub>2</sub> emissions. **GRUNEWALD, Nicole y MARTINEZ-ZARZOSO, Inmaculada. 2016.** 1, Cambridge : Environment and Development Economics, 2016, Vol. 21.

**EBEL, F., IDLER, G. y SCHOLZ, D. 2008.** Fundamentos de la Técnica de Automatización - FESTO. Alemania : Festo Didactic GmbH & Co. Denkendorf, 2008. pág. 106.

Effect of organic fertilizers derived from dissolved organic matter in the sorption and leaching of pesticides. **LI, Kun, XING, Baoshan y TORELLO, William A. 2005.** 2, s.l. : Environmental pollution, 2005, Vol. 134.

**EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN S.A.A. 2015.** Realidad problemática. Tuman, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque - Perú : s.n., 2015. pág. 15.

**ESPINDOLA, C., & VALDERRAMA. J. O. 2014.** Huella del carbono. Parte 2: la visión de las empresas, los cuestionamientos y el futuro. Información tecnológica. Mexico : s.n., 2014. pág. 176.

**FROHMANN, A., & OLMOS, X. 2015.** Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. 2015. pág. 178.

Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars in Europe—Laboratory versus real-world emissions. **FONTARAS, Georgios, ZACHAROF, Nikiforos-Georgios y CIUFFO, Biagio. 2017.** Italy : Progress in Energy and Combustion Science, 2017, Vol. 60.

Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions of passenger cars over the New Worldwide Harmonized Test Protocol. . **Tsokolis, D., Tsiakmakis, S., Dimaratos, A., Fontaras, G.,**

- Pistikopoulos, P., Ciuffo, B., & Samaras. 2016.** 1152-1165, Italy : Applied Energy , 2016, Vol. 179.
- FUENTES, Sherly. 2006.** Optimización del Proceso de Fabricación de Azúcar Blanca para Mejorar la Calidad, en el Ingenio Santa Teresa S.A. Guatemala : s.n., 2006. pág. 141.
- GALLO, M., SUGGEY, M., & SEDAN, M. L. 2016.** Aplicación de programación lineal en la planeación y programación de la producción de azúcar, para mejorar la productividad de la empresa agroindustrial Pomalca SAA. Chiclayo : s.n., 2016. pág. 247.
- GASTAÑADUY, A., & LOZANO, U. 2015.** EMPRESA AGROINDUSTRIAL POMALCA SA. The bi-annual academic publication of Universidad ESAN. Lima : s.n., 2015. pág. 157.
- GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE. 2008.** Plan Estrategico Regional del Sector Agrario de Lambayeque 2009 - 2015. Perú : s.n., 2008. pág. 60.
- GOMEZ, Carlos. 2014.** La Industria Azucarera en el Perú. Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva. Lima, Perú : Editorial San Marcos, 2014. pág. 180.
- GONZALES, J.A. & LOPEZ, J. 2017.** Impacto del cambio de fuente energética en el proceso de generación de energía térmica en la planta Nestlé Perú S.A. –Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2017. pág. 245.
- HARPER, Gilberto. 2004.** ABC de las Máquinas Eléctricas II. Limusa, México D.F. : s.n., 2004. pág. 437.
- HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. & BATISTA, P. 2014.** Metodología de la Investigación. México : Editorial Mc Graw Hill, 2014. pág. 497.
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BATISTA, Pilar. 2006.** Metodología de la Investigación. 4a Edición. D.F. México : Mc Graw-Hill, 2006. pág. 497. ISBN: 968 - 422 - 931 - 3.
- HERNAO, S.A.F., MOSQUERA, J.D., & MOSQUERA, J.C. 2010.** Análisis de gases de emisiones de CO2 para diferentes combustibles en la población de taxis en Pereira y Dosquebradas. s.l. : Scientia et technica, 2010. pág. 245.
- INGUNZA, MILLITZA FRANCISKOVIC. 2018.** BACKGROUND OF THE NORMATIVE REGULATION ON CLIMATE CHANGE IN PERU. Facultad de Derecho, Universidad Femenina del Sagrado Corazón. 2018. Tesis Doctoral.
- LLEDO, Gonzalo. 2013.** Automatización de una Planta Industrial. d'Alacant - Alicante : s.n., 2013. pág. 242.

Mapping the carbon footprint of nations. **KANEMOTO, Keiichiro, MORAN, Daniel y HERTWICH, Edgar G. 2016.** 19, Washington, DC : Environmental science & technology, 2016, Vol. 50.

**MERA, E. R. 2019.** Propuesta de un sistema de Gestión Ambiental bajo el contexto de la norma ISO 14001 mediante un modelo de mejora continúa en la empresa Agroindustrial Pomalca SAA Chiclayo-Lambayeque. Chiclayo : s.n., 2019. pág. 178.

**MOLINERO, P. A. 2019.** Auditoría Ambiental en la Industria Azucarera. Caso Empresa Agroindustrial Pomalca SAA. Chiclayo : s.n., 2019. pág. 257.

**MORALES, M.A.C. 2011.** Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana. Santiago de Chile : s.n., 2011. pág. 324.

Nitrogen fertilizers: facing contemporary challenges. **FIXEN, Paul E . y WEST, Ford B. 2002.** s.l. : AMBIO: A Journal of the Human Environment, 2002, Vol. 31.

**OCDE/FAO. 2015.** Perspectivas Agrícolas Ocede/fao. 2015. pág. 154.

**OSINERGMIN. 2004.** Procedimiento Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos Procedimiento N° 074-2004-OS/CD, Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de Inversión en Energía Osinerg N° 074-2004-OS/CD. Lima : s.n., 2004. pág. 134.

**PERE, Antoni. s.f..** Diseño y Automatización Industrial. Catalunya : s.n., s.f. pág. 30.

**PEREZ, V., & SEBASTIAN, E. 2015.** El efecto invernadero generado por el uso de combustibles fósiles ha producido al medio ambiente terrestre el aumento de la concentración de dióxido de carbono (co2) en la atmósfera. Lima : s.n., 2015. pág. 367.

**RODRIGUEZ, Chavez. 2011.** Estudio técnico, económico y ambiental de una planta de etanol de caña de azúcar y del sistema de cogeneración a bagazo. Perú : s.n., 2011. pág. 247.

**VASQUEZ, Diana. 2015.** Proceso productivo de azúcar. Chiclayo, Perú : s.n., 2015. pág. 20.

**VILLAMIL, Enrique y GARCIA, Miguel. 2003.** Introduccion al Proyecto de Ingenieria. Buenos Aires : Editorial Buenos Aires, 2003. pág. 262.

**ZEGARRA, Eduardo. 2004.** La Industria Azucarera Peruana en el Contexto Internacional y la Posible firma del TLC con los Estados Unidos. Lima : s.n., 2004. pág. 53.

## ANEXOS

### ANEXO N° 01

## Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio

*Carbon footprint in the sugar industry. Case study*

*MSc. Mirtha Reinoso-Valladares<sup>1</sup>, mirtha@ciq.minem.cu, Ing. Janet Canciano-Fernández<sup>1</sup>,  
Dr. Anel Hernández-Garcés<sup>2</sup>, Ing. Yan Carlos Ordoñez-Sánchez<sup>1</sup>,  
MSc. Irays Figueroa-Beltrán<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, La Habana, Cuba. <sup>2</sup>Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CÚJAE), Cuba. <sup>3</sup>Empresa Azucarera de Guantánamo, Cuba*

### Resumen

La huella de carbono permite cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en términos de dióxido de carbono equivalente que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. En este trabajo se estima la huella de carbono en la producción de azúcar, seleccionándose como objeto de estudio el central azucarero "Argeo Martínez", ubicado en la provincia de Guantánamo. Se consultó principalmente, la metodología establecida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático con el empleo de factores de emisión publicados por diferentes fuentes para el inventario de las emisiones correspondientes a las zafas 2014-2015 y 2015-2016. Como resultado se obtuvieron los totales de gases de efecto invernadero estimados para los periodos analizados de 8 126,09 tCO<sub>2</sub>eq y 5 099,76 tCO<sub>2</sub>eq. Se determinó la huella de carbono en 0,27kgCO<sub>2</sub>/kg de azúcar y 0,26kgCO<sub>2</sub>/kg de azúcar respectivamente, valores que pueden ser comparados con otros centrales del país.

**Palabras clave:** central azucarero, dióxido de carbono equivalente, gases de efecto invernadero, huella de carbono.

---

### Abstract

Carbon footprint allows quantifying the amount of greenhouse gas emissions in terms of carbon dioxide equivalent that are released to the atmosphere as a result of the development of any activity. In this paper, the carbon footprint in sugar production is estimated, and the sugar mill "Argeo Martínez", located in the province of Guantánamo, is selected as the object of study. The methodology established by the Intergovernmental Panel on Climate Change was based on the use of emission factors published by different sources for the inventory of the emissions corresponding to the 2014-2015 and 2015-2016 harvests. As a result, the estimated greenhouse gas totals were obtained for the analyzed periods of 8 126, 09 tCO<sub>2</sub>eq and 5 099, 76 tCO<sub>2</sub>eq. Carbon footprint was determined at 0,27kgCO<sub>2</sub>/kg sugar and 0,26kgCO<sub>2</sub>/kg sugar respectively. These values can be compared with other plants in the country.

**Keywords:** sugar mill, carbon dioxide equivalent, greenhouse gases, carbon footprint.

---

## ANEXO N° 02

### Aportes en investigación

Por: M.Sc. Oscar González Escobar y Ph.D. Alex Guerra Noriega  
Coordinador del Programa Sostenibilidad de Sistemas Productivos y Director General, respectivamente.  
Basado en el estudio desarrollado por la M.Sc. Alejandra Hernández Guzmán.

## La Huella de Carbono del Azúcar de Guatemala

La huella de carbono se define como: "la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto, la cual se mide a través de un inventario de emisiones de estos gases, siguiendo normas internacionales aprobadas." (Carbon Trust, 2014). Según el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de GEI, Año Base: 2005 (MARN, 2012), un inventario de GEI es una herramienta útil para el desarrollo de estrategias y políticas para la reducción de emisiones de estos gases. El desarrollo de inventarios para distintos sectores cobra mayor importancia a partir de la publicación y entrada en vigencia de la "Ley Marco para regular la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases efecto invernadero" (decreto 7-2013 del Congreso de la República).

La Agroindustria Azucarera es una de las más importantes para la economía de Guatemala no sólo por la producción de azúcar sino por otros productos y servicios que genera como la electricidad y el alcohol. El estudio de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en este sector resulta importante como estudio de caso porque combina agricultura e industria. El ICC ha llevado a cabo estimaciones de los gases de efecto invernadero del sector azucarero desde 2011.

Para realizar el inventario de GEI de la producción del azúcar durante la zafra 2012-2013 (ICC, 2014), se utilizó la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) "Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI". El total de emisiones estimadas fue de 800,487 tCO<sub>2</sub>eq, de las cuales el 48% corresponde a las emisiones producidas por el uso de combustibles fósiles en las operaciones de manejo del cultivo y transporte, 27% al uso de fertilizantes nitrogenados, 19% a la quema de la caña durante la cosecha y 6% a la generación de energía eléctrica para consumo interno. Según estos datos, la huella de carbono del azúcar de Guatemala para la zafra 2012-2013 se estimó en 0.3 gCO<sub>2</sub>eq/g de azúcar producido.

Las emisiones evitadas se estimaron entre 976,445 tCO<sub>2</sub>eq y 1,118,700 tCO<sub>2</sub>eq, que resultarían de la combustión de búnker o carbón mineral para la generación de energía eléctrica utilizada para la producción del azúcar, si no se utilizara el bagazo de la caña, que es un combustible renovable. Por esta razón, la huella de carbono actual es aproximadamente la mitad de la huella que se tendría sin utilizar el bagazo. Además, se estimó que la energía generada a través de la quema del bagazo y que se vende al sistema nacional interconectado le evita al país la emisión de 1,518,415 tCO<sub>2</sub>eq.



Figura 1. Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>eq (en toneladas) en la producción del azúcar de Guatemala, zafra 2012-2013



Figura 2. Fuentes de emisión de GEI (flechas rojas) y de fijación de carbono y emisiones evitadas (flechas verdes) en el ciclo de producción del azúcar de Guatemala.

### Bibliografía citada

Carbon Trust, 2014. Carbon footprinting guide. Tools, guides & reports. Consultado en: <http://www.carbontrust.com/resources/guides/carbon-footprinting-and-reporting/carbon-footprinting>. Junio de 2014.  
ICC, 2014. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la producción de azúcar en Guatemala. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), elaborado por A. Hernández. Santa Lucía Cotzumalguapa. 22p.  
MARN, 2012. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero Año Base: 2005. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, MARN-PNUD-GEF. Guatemala. 35 p.

## ANEXO N° 03

### Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio

#### Carbon footprint in the sugar industry. Case study

MSc. Mirtha Reinoso-Valladares I , Ing. Janet Canciano-Fernández I , Dr. Anel Hernández-Garcés II , Ing. Van Carlos Ordoñez-Sánchez, MSc . Irays Figueroa-Beltrán III

I Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, La Habana , Cuba.  
mirtha@ciiq.minem.cu

II Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE), Cuba.

III Empresa Azucarera de Guantánamo

---

#### Resumen

La huella de carbono permite cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en términos de dióxido de carbono equivalente que se liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. En este trabajo se estima la huella de carbono en la producción de azúcar seleccionándose como objeto de estudio el central azucarero "Argeo Martínez" ubicado en la provincia de Guantánamo. Se consultó principalmente, la metodología establecida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático con el empleo de factores de emisión publicados por diferentes fuentes para el inventario de las emisiones correspondientes a las zafras 2014-2015 y 2015-2016. Como resultado se obtuvieron los totales de gases de efecto invernadero estimados para los periodos analizados de 8 126,09 tCO<sub>2</sub> eq y 5 099,76 tCO<sub>2</sub> eq. Se determinó la huella de carbono en 0,27kgCO<sub>2</sub> /kg de azúcar y 0,26kgCO<sub>2</sub> /kg de azúcar respectivamente, valores que pueden ser comparados con otros centrales del país.

**Palabras clave:** central azucarero, dióxido de carbono equivalente , gases de efecto invernadero , huella de carbono .