UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE MANZANILLO

TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO EN ENERGÍAS RENOVABLES, ÁREA ENERGÍA SOLAR

"ACERCAMIENTO AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE BIOETANOL ELABORADO A PARTIR DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES, DESARROLLADO EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO"

P R O Y E C T O D E E S T A D Í A S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO

EN E N E R G Í A S R E N O V A B L E S, ÁREA ENERGÍA SOLAR.

P R E S E N T A

M A Y R A G O N Z Á L E Z V A N E G A S

DR. JORGE NOEL GRACIDA RODRÍGUEZ
ASESOR EMPRESARIAL

DRA. SARAI ESMERALDA FAVELA CAMACHO
ASESORA ACADÉMICA

MANZANILLO, COL., AGOSTO DE 2018

COLOCAR AQUÍ LA CARTA DE ESTADÍAS

AGRADECIMIENTOS

“La religión cree en los milagros, pero estos no son compatibles con la ciencia. Las leyes de la ciencia bastan para explicar el origen del universo. No es necesario invocar a Dios.”

Stephen Hawking

Agradezco a mi familia por su apoyo en el transcurso de mis estadías en especial a mis tías y a mi bisabuela por su esfuerzo y dedicación. También a mis asesores por guiarme y alentarme a continuar con mis estudios.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS III
CONTENIDO IV
TABLA DE FIGURAS VI
TABLAS VII
INTRODUCCIÓN VIII
RESUMEN IX
CAPÍTULO 1 10
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 10
1.1 TÍTULO 11
1.2 OBJETIVOS 11
1.2.1 OBJETIVO GENERAL 11
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
1.3 JUSTIFICACIÓN 11
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
1.5 HIPÓTESIS Y/O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN 13
CAPÍTULO 2 14
2.1 Datos de la empresa 14
CAPÍTULO 3 16
3.1 Marco teórico 16
CAPÍTULO 4 27
4.1 ESTADO DEL ARTE 27
4.1 Estado del arte 28
CAPÍTULO 5 48
DESARROLLO DEL PROYECTO 48
5.1 ACERCAMIENTO AL ACV DEL BIOETANOL UAQ 49
5.2 EQUIPO DE LABORATORIO 50
5.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIETANOL 50
5.4 DIAGRAMA DE PROCESO 52
5.5 DIAGRAMA DE CICLO DE VIDA 54

5.6 HUELLA DE CARBONO DEL BIETANOL UAQ 54
CAPÍTULO 6 55
RESULTADOS DEL PROYECTO 55
6.1 MEDICIONES OBTENIDAS 56
6.2 COMPARACIÓN DEL PROYECTO 56
6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS 59
CAPÍTULO 7 61
CONCLUSIONES 61
7.1 CONCLUSIONES 62
7.2 TRABAJOS FUTUROS 62
7.3 RECOMENDACIONES 63
ANEXO A. 65
ANEXO B. 66
ANEXO C. 68
ANEXO D. 68
BIBLIOGRAFÍA 69

TABLA DE FIGURAS

Fig. 1	*Esquema de fuentes de biomasa y sus respectivos productos.*	15
Fig. 2	*Generación total de energía en México 2017 primer semestre.*	20
Fig. 3	*Primer Cuadriciclo Ford combustión total de etanol.*	26
Fig. 4	*Esquema de destilación por arrastre de vapor.*	30
Fig. 5	*Esquema de destilación simple.*	30
Fig. 6	*Diagrama de destilación instantánea.*	31
Fig. 7	*Esquema de destilación fraccionada.*	31
Fig. 8	*Cantidades de cultivo perdido y biomasa disponible para bioetanol.*	33
Fig. 9	*Etapas de análisis de ciclo de vida.*	36
Fig. 10	*Etapas de ciclo de vida.*	38
Fig. 11	*Aerogenerador Siemens.*	40
Fig. 12	*Grafica tomada de Siemens, 2015.*	41
Fig. 13	*Proceso de etanol de Caña Brava.*	46
Fig. 14	*Diagrama de proceso de elaboración de bioetanol en la UAQ.*	48
Fig. 15	*Diagrama de ciclo de vida.*	49
Fig. 16	*Calculadora SEMARNAT v 6.0.*	49
Fig. 17	*Gráfica de ponderación promedio de $KgCO_2eq/m^3$ EtOH.*	52
Fig. 18	*Estructura de modulo para estudio de producción de bioetanol.*	60
Fig. 19	*Tabla de parámetros de Gantt.*	60
Fig. 20	*Simbología Utilizada en el Diagrama de Gantt.*	61
Fig. 21	*Periodos del diagrama de Gantt.*	61
Fig. 22	*Cronograma de redacción de la tesina.*	61

TABLAS

Tabla 1	*Aplicaciones de la biomasa en el sector energético:*	16
Tabla 2	*Materias primas para Bioetanol.*	18
Tabla 3	*Ejemplos de sustratos que se emplean en la fermentación alcohólica y destilados para la obtención de bebidas alcohólicas.*	25
Tabla 4	*Procesos de transformación de sustratos orgánicos en degradación Anaerobia.*	27
Tabla 5	*Fermentación alcohólica y sus productos industriales.*	27
Tabla 6	*Referencia histórica del proceso de destilación.*	28
Tabla 7	*Datos de Calculadora SEMARNAT.*	49
Tabla 8	*Resultados finales de huella de carbono de los combustibles utilizados para el ACV en GaBi4.*	53

INTRODUCCIÓN

La demanda de energía es un gran reto en cualquier parte del mundo, principalmente una de las razones es por el gran número de habitantes en el mundo y las necesidades que se tienen, causando así que el abastecimiento sea un tema de constante competencia y cambio.

Una fuente para ello son los combustibles fósiles de los cuales se pueden obtener productos derivados, que son empleados en distintas disciplinas, en verdad son útiles y efectivos sin embargo los impactos que tienen en el medio ambiente son devastadores y muchas veces irreversibles, por ello se comenzó desde hace varias décadas con el uso de los biocombustibles que tienen menor impacto y emisiones de dióxido de carbono (CO_2) convirtiéndose en una opción viable para disminuir el uso de los combustibles fósiles.

Con todo esto se desarrollan nuevas metodologías que ayudan a la gestión y control de los productos o servicios que en sus procesos generan emisiones de CO_2, lo que permite llevar un conteo numérico y de impactos que se tienen con cada actividad o materia utilizada así como de sus residuos y reciclaje.

RESUMEN

La presente investigación se centra en el análisis de costos de producción de bioetanol desarrollado en la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), elaborado a partir de desechos agroindustriales, este biocombustible pertenece a la denominada segunda generación.

El objetivo de los biocombustibles es ofrecer una solución menos dañina para el medio ambiente y aprovechar los recursos naturales sin afectar de manera lasciva y obtener fuentes de energías eficientes y sustentables.

En contraparte, los combustibles fósiles que no son renovables a corto plazo y su alto costo de producción desencadenan una variación de precio en el mercado energético, estos son usados por gran parte de la población mundial.

Lamentablemente, no se visualiza un futuro totalmente independiente de ellos, sin embargo, los biocombustibles tienen características que los convierten en una opción de mejor viabilidad para el mercado energético y ambiental.

CAPÍTULO 1

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 TÍTULO

1.2 OBJETIVOS

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.5 MARCO TEÓRICO

1.6 HIPÓTESIS Y/O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.1 TÍTULO

“Acercamiento al Análisis de Ciclo de vida de Bioetanol elaborado a partir de desechos agroindustriales, desarrollados en la Universidad Autónoma de Querétaro”

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el ACV en el proceso de producción de bioetanol desarrollado en la UAQ, hecho a partir de desechos agroindustriales para determinar su impacto ambiental (HC).

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un acercamiento al ACV.
- Hacer un esquema general del ACV.
- Tener la cantidad de kCO_2 eq emitido por el bioproceso para el bioetanol UAQ.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La contaminación producida, entre otras cosas por el uso de combustibles de origen fósil hace necesario buscar una solución. Los biocombustibles ayudan a mitigar el efecto de los anteriores, entre ellos se encuentra el bioetanol el cual se está produciendo en la UAQ.

Por ello, es de vital importancia contar con un análisis de costos de producción a fin de saber su viabilidad a mayor escala y su grado de competencia respecto

de los combustibles fósiles, así como el proceso de obtención, su eficiencia y considerar los residuos que generan.

Relevancia social.

Cabe destacar que el producto bioetanol que es desarrollado en la UAQ por la facultad de química a cargo del Dr. Jorge Noel Gracida Rodríguez beneficia a la comunidad estudiantil en cuanto a práctica, además se usa en autos demostrativos y se vende una parte como aditivo y también ayudará para futuras investigaciones y proyectos en la Universidad Tecnología de Manzanillo.

Implicaciones prácticas.

El bioetanol contribuye a la disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y a la economía de los consumidores, ya que al combinarse con gasolina se consume menos combustible fósil y así reduce los gastos de compra en el mismo y obtiene mejor combustión con menos emisiones de CO_2. Tiene gran relevancia desde el punto de vista ambiental, puesto que las emisiones por combustión de etanol son menos dañinas respecto de la quema de gasolina, con todo lo anterior se ayuda a reducir la huella de carbono en su uso. Tiene gran relevancia desde el punto de vista ambiental, las emisiones por combustión de etanol son menos dañinas respecto de la quema de gasolina. Lo anterior ayuda reducir la huella de carbono en su uso.

Valor teórico.

Con la investigación, se conoce la huella de carbono (HC) del bioetanol y se obtiene suficiente información para futuras mejoras en el proyecto, conociendo el comportamiento de los factores que definen la HC se ofrece una exploración fructífera sobre su proceso de producción, sus efectos sobre el medio ambiente y la economía de un mercado energético que avanza de forma innovadora y rápida de acuerdo con las demandas y necesidades de la población mundial.

Utilidad metodológica.

La presente investigación contribuye como fuente de información y de metodología novedosa sobre ACV del bioetanol, producido a nivel mínimo por una institución educativa, con la cual se puede lograr un proyecto más

ambicioso que aporte fondos económicos y de conocimientos sobre este biocombustible y su proceso de producción.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se desconoce a detalle el costo de producción total del bioetanol producido en la UAQ, elaborado a partir de desechos agroindustriales. Específicamente desde 2012 se trabajó en la investigación y desarrollo sobre este mismo, en los últimos años se aumentó la producción. Tomando en cuenta que en el mundo se consumen más combustibles fósiles que generan una vasta contaminación que desencadena en desequilibrios afectando el medio ambiente, con los biocombustibles se puede optar por una opción renovable de combustibles, más económica y menos dañina para nuestro planeta.

1.5 HIPÓTESIS Y/O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

El uso de metodologías novedosas permiten un mejor análisis y aplicación a la venta de un producto o servicio a fin de observar y cuantificar los resultados financieros, tomando en cuenta todos los recursos económicos, materiales y humanos sin dejar de lado el punto más importante sobre éstas que es el impacto al medio ambiente, como el análisis de ciclo de vida (ACV) permitirá mostrar que el bioetanol (UAQ) como aditivo es una alternativa viable para competir con combustibles fósiles en el mercado energético. Detallando su proceso y características tanto físicas como económicas a fin de llegar a un concreto ACV que muestre el impacto que tiene el consumo de éste y que tan viable es respecto a la gasolina.

CAPÍTULO 2

2.1 Datos de la empresa

Universidad Autónoma de Querétaro

Misión

Es una institución pública autónoma enfocada a la formación integral de profesionistas y ciudadanos con orientación humanista, abierta a la libre discusión de las ideas en todos los campos del conocimiento, mismo que cultiva y enriquece, transmitiéndolos a la sociedad a través de sus miembros y de sus programas educativos, investigación, vinculación, difusión y desarrollo de tecnología.

Visión

Es reconocida como una de las mejores universidades del país y de américa latina, con un sólido prestigio internacional, con una estrecha vinculación son la sociedad, y en armonía con el medio ambiente, para ser agente de cambio en la búsqueda de un desarrollo humano libre, justo y equitativo, a través del cumplimiento de sus funciones de generación y transmisión del conocimiento y de la preservación, creación y difusión de cultura.

Política de calidad

En un ambiente de integridad y orden en la UAQ, nos comprometemos a aplicar la calidad en los programas académicos, en los servicios e investigación, mejoramos continuamente para superar las expectativas académicas de los alumnos y de los servicios que brindamos a los trabajadores y a la sociedad.

Ubicación

Cerro de las campanas, Centro Universitario 76010 Santiago de Querétaro, Qro. Facultad de Química, Parque Biotecnológico.

CAPÍTULO 3

3.1 Marco teórico

3.1 MARCO TEÓRICO

Fundamentalmente para comprender el tema a investigación, es necesario aproximarse a los conceptos básicos que se presentan, con objetivo de una mejor comprensión y análisis.

Biocombustibles

Se entiende por biocombustible aquellos que se obtienen de biomasa. En la actualidad se ha aceptado este término para denominar al grupo de productos energéticos y materias primas de tipo renovable que se origina a partir de materia orgánica formada por vía biológica *(Callejas y Quezada, 2009).*

Generaciones de biocombustibles

Biocombustibles de primera generación.

Los biocombustibles se dividen en 4 generaciones, los de la primera generación son aquellos donde se utilizan materias primas de uso alimentario como lo son el maíz, la caña de azúcar o la soya. La tecnología empleada en esta generación es la fermentación. El bioetanol obtenido a partir de los cereales y los azúcares que se encuentran en otros productos vegetales, y el biogás, pertenecen a esta categoría y confortabilidad del sistema.

El desarrollo y uso de los biocombustibles está en una etapa fundamental de avance y transcendencia en México y en el mundo. Cada vez más son una opción tomada por países en busca de una mejor calidad de desarrollo energético y ambiental. Sin embargo, sin olvidar que uno de los puntos importantes de su uso es que se reduzcan los costos de producción a fin de que sea ms viable y sustentable y así sea una fuente de energía capaz de competir con los combustibles fósiles en el mercado. *(Ladislao y Gómez 2008)*

Biocombustibles de segunda generación.

En esta generación se obtiene el biocombustible a partir de rastrojos o desechos de materias primas que ya no tienen usos alimentarios o que son no comestibles, descartando así que se dañe el sector de cultivo para consumo alimentario, pues las áreas utilizadas para estos cultivos no son agrícolas o no tienen uso para siembra de alimentos y finalmente los procesos que se emplean son termoquímicos. El bioetanol producido a partir de materias primas lignocelulósicas, el biohidrógeno, el syngás, los bioaceites, el bioetanol, el biobutanol o el Diesel sintético obtenido a través de la reacción de Fischer-Tropsch pertenecen a esta categoría. Lamentablemente su producción o su desarrollo en el mercado energético no es muy grande, es decir, hay pocas plantas productoras. Aunque sin duda la materia prima que se utiliza para estos biocombustibles de segunda generación normalmente es con precio nulo o muy reducido, sin embargo, la hidrolisis del proceso es costosa *(Ladislao y Gómez 2008).*

Biocombustibles de tercera generación:

Aquí, se utilizan como materia prima cultivos bioenergéticos específicamente diseñados y adaptados (a menudo por medio de técnicas de biología molecular) para mejorar la conversión de biomasa a biocombustible. Lo anterior podrá resultar en aprovechar todos los desechos azucarados para generar estos combustibles más eficientes *(Erick Houbron 2014)*.

Biocombustibles de cuarta generación:

Estos son elaborados a partir de bacterias que son genéticamente modificadas, lo anterior para maximizar la biosíntesis. A diferencia de las generaciones anteriores los microorganismos es la que realiza todo el proceso de producción. El punto clave y la diferencia de las demás por la captación y almacenamiento de carbono en el nivel de materia prima y la tecnología utilizada en el proceso. *(Erick Houbron 2014)*

Biomasa:

Se refiere a toda la materia orgánica proveniente de árboles, plantas (incluyendo sus desechos) y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; ejemplos de ellos son: residuos de maíz, café, arroz, macadamia, de podas, ramas, aserrín, cortezas y de los residuos urbanos aguas negras, basura orgánica y finalmente los agroindustriales *(Erick Houbron 2014).*

Los tipos de biomasa

Aunque la biomasa se refiere a materia prima natural hay diferentes tipos según su origen y son los siguientes (Fuentes de biomasa Diagrama 1):

(Lucas Herguedas et al 2012)

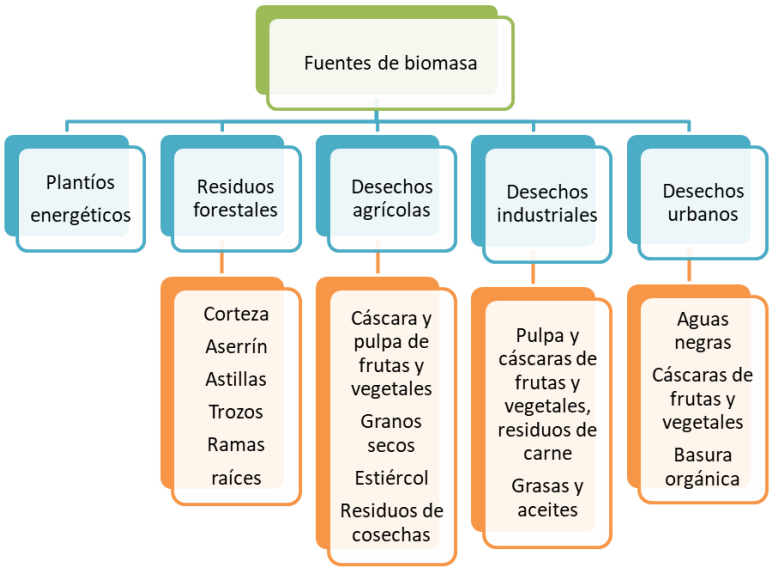


Fig. 1. Esquema que muestra las fuentes de biomasa y sus respectivos productos

(Tomada de Joseph, 2007)

Por último, también dependiendo de la biomasa que se utilice y el producto que se desee obtener se emplean distintas técnicas y procesos que nos facilitan correctamente la gestión del biocombustible a producir.

A continuación se muestran los datos del proceso, las técnicas, productos y aplicaciones que se requieren para la producción de biocombustibles (Tabla 1).

Mecánicos	Astillado Trituración Compactación	Leñas Astillas Briquetas Aserrín	Calefacción Electricidad
Termoquímicos	Pirolisis Gasificación	Carbón Aceites Gasógeno	Calefacción Electricidad Transporte Industria química
Biotecnológicos	Fermentación Digestión anaeróbica	Etanol Biogás	Transporte Industria química Calefacción Electricidad
Extractivos	Extracción Fisicoquímica	Aceites Ésteres Hidrocarburos	Transporte Industria química

Tabla 1. Aplicaciones de la biomasa en el sector energético. *(Callejas y Quezada 2009)*

Centrándose en su definición, materia prima, proceso, residuos, uso y eficiencia, lugar en el mercado y diferencia entre sí, a razón de que se puedan ver ampliamente todos los factores que influyen e impactan en su costo total de producción del bioetanol.

Definición de bioetanol

El etanol es un combustible que puede producirse a partir de un gran número de substratos vegetales y por vía química, sin embargo, dependiendo del substrato para la biosíntesis, existe una variación del rendimiento entre el combustible consumido y el generado en dicho proceso (Noches y Bermejo 2014).

Con respecto a la definición anterior se puede decir que el bioetanol tiene por técnica para su producción a la fermentación de componentes azucarados.

Uso y aplicaciones

El bioetanol está principalmente destinado para el uso en motores de gasolina y mezclado opcionalmente con gasolina dependiendo lo que se requiera. El nombre que se le da a la composición total de mezcla y bioetanol es E10, donde la E significa etanol y el número que le sigue la cantidad de etanol que contiene la mezcla, así que puede variar dependiendo de cuanto bioetanol contenga en porcentaje volumétrico, como puede ser 10% (E10) así también 100% (E100), tomando en cuenta la volatilidad de producto y que no todos los motores y automóviles lo pueden utilizar.

Como dato importante, según el reglamento de fomento de las energías renovables y de acuerdo con las obligaciones que estipula sobre el uso de biocarburantes en el transporte público regular de viaje, se pretende que de acuerdo con el calendario de aplicación de las obligaciones que, al 31 de diciembre de 2020, el uso de biocarburantes debe alcanzar, al menos (Ladislao y Gómez 2008).

En la tabla 2 se muestran las principales materias primas para producir bioetanol.

Categoría	**Fuente**	**Materia Prima**	
		Producto o Actividad	**Biomasa Residual**
Subproducto agrícola	Resíduos agrícolas de cosecha	Maíz Grano	Rastrojo de trigo
		Trigo	Rastrojo de trigo
		Sorgo	Rastrojo de sorgo
		Cebada	Rastrojo de cebada

		Agave	Pencas de agave
		Caña de azúcar	Hojas y puntas de corta en verde
		Coco	Cáscara y fibra de coco
Subproducto agroindustrial	Residuos agroindustriales	Beneficio de café de cereza	Ripio cascarilla
		Producción de Tequila	Bagazo de maguey
		Producción de Vino	Orujo de uva
		Producción de Harina de Trigo	Cáscara
		Producción de Harina de Maíz	Cáscara
Subproducto forestal	Residuos en el bosque	Madera en forma de ramas, puntas de árboles, trozas y árboles desperdiciadas que quedan al hacer marcaje, el derribo y la extracción forestal. Esto incluye especies autorizadas para su aprovechamiento pero no extraídas.	
	Residuos de la industria forestal	Aserrín, recortes y costeras que usualmente son volúmenes de desecho en los aserraderos.	

Tabla 2. Materias primas para Bioetanol (Tomados de SAGARPA, 2017)

Residuos

Vinazas

Las vinazas pueden ser definidas como una suspensión marrón, de naturaleza ácida, subproducto de la fermentación del alcohol o del aguardiente, generada a una temperatura aproximada de 107°C. Las vinazas son también conocidas como restilo o grapa (Larrahondo, J. (2009).

Los biocombustibles en México

Ahora bien, si hablamos de los biocarburantes evidentemente entramos en las energías renovables, es un tema importante pues México tiene bastantes oportunidades para ser un buen impulsor de ello tomando en cuenta que desde

el ámbito económico y ambiental beneficiaria bastante a cualquier área del país pues la ubicación geográfica es punto clave, es rico en diferentes climas y zonas que podrían sin duda tener una importante producción de energía renovable sin dejar de lado su apego estricto a algunos criterios de sustentabilidad.

Aprovechando oportuna y eficientemente los recursos naturales con los que se cuenta, México lograría jugar un papel importante de liderazgo demostrando que el uso responsable y eficaz de sus recursos que da un resultado que lo colocaría en un lugar importante en el mercado energético mundial.

Continuando con los beneficios que acarrea el uso de biocombustibles, la agencia internacional de la energía consta que otro punto positivo derivado también es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero sin lugar a duda México es un gran prospecto impulsor de los biocombustibles (Prospectiva de energías renovables 2012-2026).

Precio de bioetanol en México

Teniendo en cuenta que para obtener el costo total de producción es necesario conocer el precio del bioetanol en el mercado y partiendo con el precio en México, se tomaron los datos de Oxifuel (empresa certificada por la SENER), que es uno de los productores y vendedores de etanol en el país, con el precio de $14.50 y $16.00 pesos el litro dependiendo la zona geográfica de punto de venta, cuentan con 47 establecimientos por todo el país. Otra empresa que vende Fuel Flex, ellos venden el litro en $15.36 pesos y cuentan con 28 puntos de venta en el país.

De acuerdo con datos de la CEPAL (La Comisión Económica para América Latina y el Caribe) los países latinoamericanos que figuran como grandes productores son Brasil, Argentina y Colombia, sin embargo, los gobiernos deben realizar un análisis de sus políticas y posibilidades bajo los recursos que poseen puesto que no es tan sencillo lanzarse a un mercado energético, qué va

en alza y cada vez más competitivo. No obstante México cuenta con potencial y políticas suficientes para incursionar de manera grande y precisa a este mercado (CEPAL 2018).

En el primer semestre de 2017 en México se generó el 20.82 % de su energía eléctrica con fuentes limpias, gracias a que se han ido eliminando varias barreras que impedían el desarrollo y utilización de energías renovables en el país.
(Figura 2) (SENER 2017).

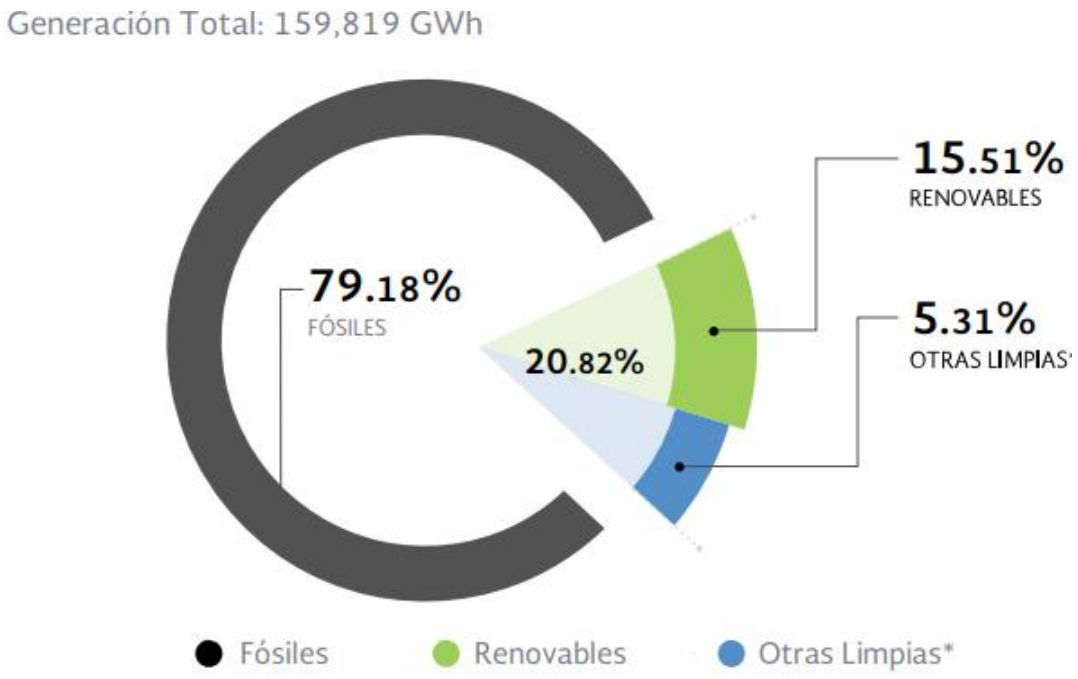


Fig. 2. Generación total de energía en México 2017, primer semestre.

Normas de seguridad e higiene

Estas son las normas más importantes de seguridad e higiene recomendadas para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de bioenergéticos del tipo etanol anhidro en México.

NOM-076-SSA1-1993	Establece los requisitos sanitarios del proceso y uso del etanol (alcohol etílico.
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-002-STPS-2000	Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
NOM-030-STPS-2006	Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-Organización y funciones.
NOM-006-STPS-2000	Manejo y almacenamiento de materiales-Condiciones y procedimientos de seguridad.
NOM-001-SEDE-2005	Instalaciones eléctricas
NOM-002-SCT/2003	Listado de las substancias y materiales peligrosos más usualmente transportados
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
NOM-004-SCT/2008	Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos.
NOM-005-SCT/2008	Información de emergencia para el transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos.
NOM-019-STPS-2004	Constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
NOM-020-STPS-2002	Recipientes sujetos a presión y calderas-Funcionamiento-Condiciones de

	seguridad
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática en los centros de trabajo- Condiciones de Seguridad
NOM-028-SCT2/2010	Disposiciones especiales y generales para el transporte de las substancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables.
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005	Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.

(DOF, 2018)

CAPÍTULO 4

4.1 ESTADO DEL ARTE

4.1 Estado del arte

Principios de la fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso que fue descrito por Louis Pasteur en 1856, sin embargo según las investigaciones en jeroglíficos y otras representaciones gráficas que datan de la prehistoria, ya se utilizaba hace aproximadamente 9,000 mil años de antigüedad, es decir, varios milenios antes de cristo. Con el fin de preparar pan, vino y cerveza sin embargo era de manera empírica el uso de los microrganismos como las levaduras, en este caso los hongos unicelulares capaces de transformar azúcares en alcohol, en el año 1818 De La Tour en Francia, además Schwann y Kützing en Alemania (1837) descubren las levaduras (Revista Europe, 1877).

Leeuwenhoek en el siglo XVII observó microorganismos, los componentes en ese entonces fueron considerados como agentes químicos orgánicos requeridos para la fermentación, pero carentes de vida. Hasta el descubrimiento realizado en 1825 por Gay-Lussac que decía que la levadura tenia vida, para que posteriormente en 1856, Louis Pasteur demostró experimentalmente que la levadura vive y se propaga por el líquido que está siendo fermentado, a este proceso le llamó “vida sin oxígeno” fermentación alcohólica, aunque algunos procesos similares surgen antes en el año 1150 por de Vilanova, pero de manera circunstancialmente empírica (Revista Europe, 1877).

Tiempo después en 1898 siendo director del Instituto Industrial de Fermentación en Berlín, Buchner descubre la fermentación alcohólica en ausencia de células vivas, aunque los científicos ignoraban si se trataba de una reacción química o si una sustancia en específico era la que desencadenaba el proceso de fermentación. Sin embargo gracias a las investigaciones de Buchner se conoció que la fermentación no requiere de levaduras vivas, en realidad es provocada por una enzima llamada zimasa, por consecuente demostró que la fermentación puede también ocurrir en presencia de oxígeno y que aun que se diga lo contrario tiene una pequeña porción de oxígeno (Revista Europe, 1877).

Sustratos	Bebidas
Cebada y otros cereales	Cerveza
Arroz	Sake
Jugo de manzana	Sidra
Jugo de uva	Vino
Cebada	Whisky escocés*
Malta, trigo, centeno, avena	Whisky irlandés*
Maíz	Whisky americano bourbon)*
Caña de azúcar	Ron*
Granos triturados, con saborizantes de semillas de enebro, anís, etc.	Ginebra*
Grano o papa, aromatizado con semillas de alcaravea	Aquavit*
Grano o papa, sin saborizantes	Vodka*
Jugo del cactus Agave tequilana	Tequila*
Uvas blancas de Coñac, Francia	Coñac*
Frutas variadas	Brandy*
Jugo de cerezas	Kirsch*
Cebada y otros cereales	Cerveza

*Bebidas destiladas

Tabla 3. Ejemplos de sustratos que se emplean en la fermentación alcohólica y destilados para la obtención de bebidas alcohólicas. *(Alan Wiseman 1980)*

Primera vez que se utilizó en autos

En 1826, el inventor americano Samuel Morey desarrolló y patentó el primer motor de combustión interna, el motor usaba etanol y aguarrás como combustible, después en 1876 Otto fue el primer motor en usar etanol y gasolina hasta que en 1896 Henry Ford diseñó un motor que usaba exclusivamente etanol, el Cuadriciclo Ford (Fig. 3) (Ford Motor Company, 2018).

Fig. 3. Primer Cuadriciclo Ford combustión total en etanol.

Ahora bien, el etanol como combustible tiene varias ventajas sobre los derivados del petróleo, pues se produce a partir de fuentes renovables que dependen de la región geográfica; así mismo produce menos emisiones de CO_2 nocivas para el medio ambiente, también generándose a partir de desechos agrícolas, forestales, industriales o municipales y así puede ser independiente de las políticas de importación o fluctuaciones en el precio no depende directamente del petróleo (ArgenBio 2007).

Hay diferentes tipos de fermentación: acética, láctica y alcohólica. Centrándonos en la alcohólica se define que es el proceso biológico de fermentación en plena ausencia de oxígeno (anaeróbica), obteniendo, por la actividad de los microorganismos que procesan los azúcares, un alcohol. Cada proceso tiene sustratos correspondientes para el producto que se desea obtener (Tabla 4).

Tipo	Sustrato	Microorganismo	Proceso	Producto
Anaerobia	Azúcares, lactosa, glucosa	Bacterias lácticas	láctica	Ácido láctico
	Azúcares, Glucosa	Levaduras	Alcohólica	Etanol
	Proteínas	Bacterias	Putrefacción	Metano
Aerobia	Azúcares, Glucosa	Pichia stipitis	Alcohólica	Etanol
	Proteínas	Bacterias	Putrefacción	Metano

Tabla 4. Procesos de transformación de sustratos orgánicos en degradación Anaerobia. *(Tomada de Puerta Quintero, 2010)*

Microrganismos fermentadores

En términos generales un proceso común de fermentación alcohólica empieza con la formulación y esterilización de todo el material y equipo. Enfatizando en ella se presentan los sustratos y su producto industrial correspondiente junto con sus microorganismos fermentadores (Tabla 5).

Microorganismos fermentadores	Sustratos	Productos
Saccharomyces cerevisiae, S. ellipsoideus, S. anamesisi, S. carlsbengnesis, Candida seudotropicalis, Torulopsis spp., Mucor spp., Kluyveromyces fragilis, Sarcina ventriculi y Zymomonas mobilis	Malta de cebada, cereales, arroz, maíz, trigo, jugo de la vid, caña de azúcar, melaza, sorgo, jugos de frutas, remolacha, suero de leche o de soya.	Etanol, vinos, cerveza, licores, bebidas destiladas, pan y salsas.

Tabla 5. Fermentación alcohólica y sus productos industriales. *(Puerta Quintero, 2010)*

Historia de la destilación

La fermentación consta de varias pruebas arqueológicas y botánicas que comenzó con restos de semillas, prácticas y herramientas agrícolas rudimentarias, y los procesos o maneras de realizarse eran diferentes en pequeños detalles de acuerdo al lugar geográfico y la comunidad que lo hiciera. Principalmente se le conocía al alcohol como aguavite, el secreto de cada productor era el sistema de destilación que le permitía lograr en su producto un sabor y cuerpo diferente, sin embargo, aunque tuviese diferencias se basaban en el mismo objetivo de separar el alcohol de un fermento para terminar como bebida. El proceso de destilación se remonta a épocas anteriores al año 800 a.C., este fue el primer momento en donde se documentó a detalle el primer proceso. La siguiente tabla muestra la referencia histórica del proceso de destilación.

Época	**Zona Geográfica**	**Bebida Fermentada**	**Materia prima**	**Bebida obtenida**
800 a.C.	China Ceylán Asia Tartaria Caucásica Japón	Tchoo(Techú) Toddy Kumiss Kéfir Sake	Arroz y mijo Arroz y melaza Leche de yegua Leche de burra Arroz	Sautchú Arack Arica Skchou Sochu
500 d.C.	Inglaterra	Aguamiel(*mead*)	Miel	Aguamiel destilada
1100	Italia Cárpatos Países esclavos	Vino Fermento Brandi de ciruela	Uvas Papas y cereales Ciruelas	Brandy Vodka Slivovitza
1100	Irlanda	Cerveza	Malta, Avena y Cebada	Usquebaugh
1200	España Francia	Vino Melaza de caña	Uvas Caña de azúcar	Agua vino Ron
1500	Escocia	Cerveza	Malta de cebada	Whisky
1650	México	Fermento	Agave	Tequila

Tabla 6. Referencia histórica del proceso de destilación. *(Cote Orozco, J.M. 2010)*

Se conoce que el proceso de destilación fue inventado por los alquimistas egipcios, quienes emplearon gran cantidad de herramientas para vaporizar sustancias volátiles y tratar los metales con ellas. Por ejemplo, se calentaba agua de mar en calderos cubiertos y se sacudían las gotas condensadas en las tapaderas, con el fin de beber el agua. Posteriormente se usó el termino *anbiq* que procede de alambique que servía para destilar, el cual está compuesto por tres partes; una vasija en la que se calienta el material, una parte fría para condensar el vapor y un colector. (Figura 4)

La destilación es el proceso de separación que consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla. Para llevar a cabo este proceso se aprovecha la diferencia de volatilidad de las sustancias utilizadas, separando o fraccionando éstos en función a su temperatura de ebullición. Teniendo claro que el punto que hacia la diferencia era la destilación se describen los tipos que existen.

Tipos de destilación

Destilación por arrastre de vapor: es una técnica de destilación que permite la separación de sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles de otros no volátiles. A la mezcla que contiene el producto que se pretende separar, se le adiciona un exceso de agua, y el conjunto se somete a destilación. En el matraz colector se obtienen los compuestos volátiles e insolubles en agua. Finalmente, el aislamiento de los compuestos orgánicos recogidos en el matraz colector se realiza mediante extracción (Figura 4) (Inmaculada et al, 2009).

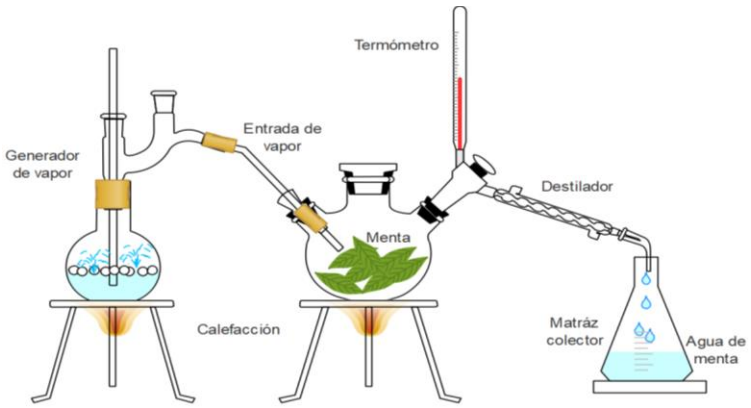


Fig. 4. Esquema de destilación por arrastre de vapor.

Destilación simple: en esta la mezcla se hace hervir y el vapor generado se separa del líquido, condensándolo tan rápidamente como se genera. Los aparatos usados para este fin reciben el nombre de alambiques. En la figura se muestra un ejemplo de ello (Figura 5). (Robert E. Treybal, 1980).

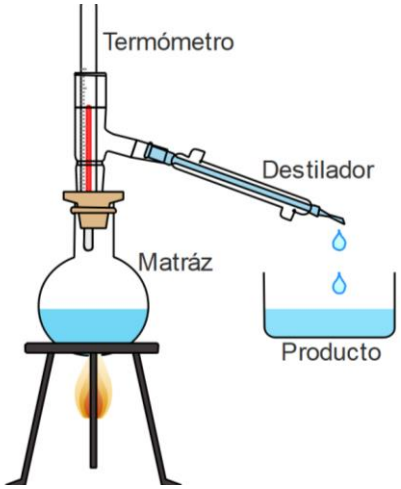


Fig. 5. Esquema de destilación simple.

Destilación instantánea (Flash): conlleva la evaporación de una fracción del líquido, generalmente por calentamiento a alta presión, manteniendo al vapor y

al líquido el tiempo necesario para que el vapor alcance el equilibrio con el líquido, separando finalmente a ambos (Figura 6) (Robert E. Treybal,1980).

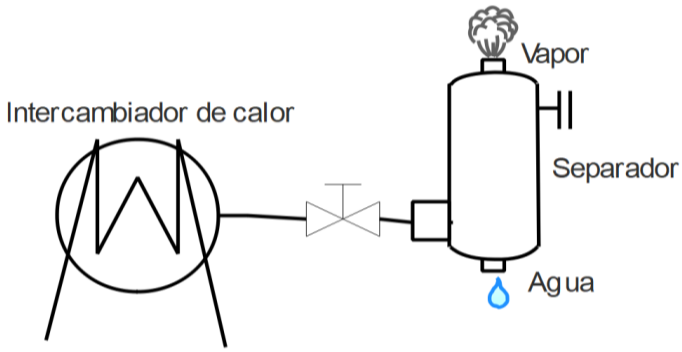


Fig. 6. Diagrama de destilación instantánea.

Destilación fraccionada o rectificación: es el método comúnmente más empleado para separar los componentes de una mezcla líquida. Incluye el retorno de una parte del vapor condensado al equipo, de tal manera que el líquido que se regresa entra en contacto íntimo a contracorriente con los vapores que se dirigen al condensador. También es llamada rectificación, es continua y permite manipular grandes cantidades de materiales y el reflujo hace posible alcanzar purezas elevadas en los productos destilados. En la figura se muestra un ejemplo de esta (Figura 7). (Robert E. Treybal, 1980).

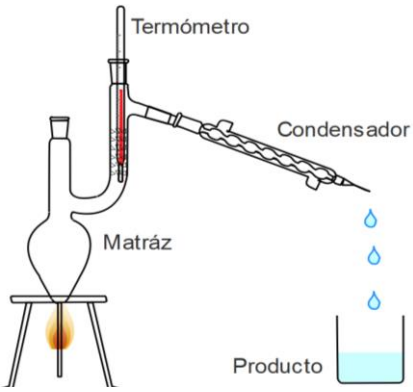


Fig. 7. Esquema de destilación fraccionada.

Uso de desechos lignocelulósicos.

Ahora bien, el consumo de combustibles fósiles en exceso y descontroladamente nos lleva a dos puntos críticos, la economía inestable y dependiente de los países y por consecuente todos sus productos derivados así como el costo de los servicios y la contaminación al medio ambiente, si se quiere usar fuentes de energías renovables por obvias razones se debe buscar que las fuentes de materias primas dañen lo menos posible para ello se pensó en usar los desechos de cultivos del sector agroindustrial que finalmente no iban a ningún lado donde se le pudiera dar un uso que fuera fructífero, entonces al usarse todos estos desechos se ayuda a darle un buen uso generando biocombustibles, en este caso hablemos del etanol, donde se utilizan la lignocelulosa. La celulosa es el biopolímero más abundante de la tierra, presente en plantas, residuos orgánicos industriales ya agrícolas, y es un polisacárido que puede ser convertido en azúcares por diferentes métodos como la hidrolisis y posteriormente fermentarse. Los residuos agrícolas y forestales representan una fuente de bioenergía potencialmente de menor costo y bajas emisiones de carbono analizando la producción y los residuos que genera se concluye aproximadamente la cantidad de biomasa lignocelulosa que se puede utilizar (Figura 8). (García Villanueva 2013)

Las materias primas para producir bioetanol se dividen en tres grupos:

Sacarosa: caña de azúcar, remolacha azucarera, sorgo dulce y frutas.

Amiláceos: maíz, trigo, papa, yuca y cebada.

Lignocelulosa: madera, paja y pastos.

Destilación fraccionada o rectificación: es el método comúnmente más empleado para separar los componentes de una mezcla líquida. Incluye el retorno de una parte del vapor condensado al equipo, de tal manera que el líquido que se regresa entra en contacto íntimo a contracorriente con los

vapores que se dirigen al condensador. También es llamada rectificación, es continua y permite manipular

	Africa	Asia	Europa	América del norte	América central	Oceanía	América del sur	Subtotal
Pérdida de cultivo								
Maíz	3.12	9.82	1.57	0.30	1.74	0.01	4.13	20.70
Cebada	0.17	1.23	2.01	0.01	0.01	0.19	0.04	3.66
Avena	0.004	0.06	0.43	0.01	0.001	0.001	0.05	0.55
Arroz	1.08	21.86	0.02	0.96	0.08	0.02	1.41	25.44
Trigo	0.83	10.28	4.09	0.02	0.24	0.82	0.91	17.20
Sorgo	2.27	0.54	0.004	0.00	0.36	0.00	0.74	3.20
Caña de azúcar	0.46	1.64	0.00	0.00	0.36	0.00	0.74	3.20
Subtotal	7.94	45.43	8.13	1.30	2.56	1.05	7.45	73.86
Biomasa Lignocelulósica (Tg)								
Rastrojo de maíz	0.00	33.90	28.61	133.66	0.00	0.24	7.20	203.62
Paja de cebada	0.00	1.97	44.24	9.85	0.16	1.93	0.29	58.45
Paja de avena	0.00	0.27	6.83	2.80	0.03	0.47	0.21	10.62
Paja de arroz	20.93	667.59	3.92	10.95	2.77	1.68	23.5	731.34
Paja de trigo	5.34	145.20	132.59	50.05	2.79	8.57	1.00	354.35
Paja de sorgo	0.00	0.00	0.35	6.97	1.16	0.32	9.80	10.32
Bagazo de caña	11.73	74.88	0.01	4.62	19.23	6.49	1.52	180.73
Subtotal	38.00	923.82	216.56	218.90	26.14	19.70	106.30	1,549.42

Fig. 8. Cantidades de cultivo perdido y biomasa lignocelulósica potencialmente disponible para bioetanol. *(Tomada de García Villanueva, 2013)*

Uso de organismos modificados genéticamente

La revolución agrícola desde 1960 hacia la fecha tiene pautas importantes por todo el entorno que influye en ello, pero especialmente se ha caracterizado por el uso desmedido e irresponsable de recursos como la tierra, agua y energía, centrándonos en la última que ha provenido de fuentes fósiles a través de fertilizantes, plaguicidas, la irrigación y maquinarias entre otros. Se reconoce que los biocombustibles son una fuente renovable sin embargo en la cuarta generación se implementa la biotecnología enfocándola a los organismos modificados genéticamente para potencializar su calidad y la producción, captando más CO_2 y por ultimo hacer un poco más fácil su proceso, es decir, aumentar la calidad generando más celulosa lo cual reduce el pretratamiento y

aumenta la producción de biocombustibles por ejemplo del etano.

(Acosta y Giraldo, 2009)

La parte negativa de esto es que conllevan ciertas amenazas para el medio ambiente ya que utilizan áreas de cultivo destinadas a consumo humano. *(Espinoza de Aquino et al, 2009)*

Análisis de ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una metodología que sirve como herramienta de gestión medio ambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por ciertos procesos para obtener productos o servicios.

Tipos de ACV

De la puerta a la puerta (*Gate to gate*): considera únicamente las actividades (proceso productivo) de la empresa a la que se aplica.

De la cuna a la puerta (*Cradle to gate*): toma en consideración desde la extracción y acondicionamiento de materias primas hasta el proceso productivo de la empresa.

De la puerta a la tumba (*Gate to grave*): considera el proceso productivo de la empresa y abarca hasta la fase de gestión de los residuos a que da lugar el producto.

De la cuna a la tumba (*Cradle to grave*): estudia desde el acondicionamiento de las materias primas hasta la gestión última de los residuos (reciclaje u otros).

De la cuna a la cuna (*Cradle to cradle*): considera el ciclo de vida completo del producto, ya que abarca desde el acondicionamiento de las materias primas hasta que el producto, tras quedar fuera de uso, es reintroducido en el mismo proceso productivo o en otro.

(Haya Leiva, 2016)

El ACV es conveniente pues sin duda un análisis a fondo sobre todo el proceso que implica un producto o servicio influye económicamente y lo más importante al medio ambiente como objetivo principal. Algunas de las ventajas del ACV son:

- Identificar y reducir el potencial impacto ambiental del producto.
- Recortar costes mediante el ahorro de energía y del consumo de materias primas.
- Mejorar la comercialización al sentirse más seguro con su producto.
- Fundamentar la confianza del consumidor en la calidad y seguridad de sus productos.
- Obtener una herramienta de procesos y optimización de productos.
- Diferenciarse de la competencia.

Las normas de referencia:

Norma UNE-EN ISO 14040	Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia (ISO 14040:2006)
Norma UNE-EN ISO 14044	Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices

(ISO 14044:2006)

Etapas de un ACV.

Las etapas de un ACV son (Figura 9):

Fig. 9. Etapas del análisis de ciclo de vida (ACV).

El ACV permite dar respuesta a interrogantes importantes como:

- Comparativa entre dos o más procesos diferentes para la fabricación de un mismo producto o servicio.
- Comparativa entre dos o más productos de diferente naturaleza, pero aplicaciones similares.

- Comparativa entre diferentes etapas de ciclo de vida de un mismo producto.

También puede ayudar a destacarse como:

- Aplicaciones como herramienta para la planificación de estrategias, políticas y programas ambientales, así como seguimiento de estos.
- Selección de alternativas de gestión de residuos.
- Herramienta de decisión durante la fase de diseño de nuevos productos, o de mejora de los ya existentes.
- Comparación funcional de productos similares.
- Comparación de distintas opciones dentro de un nuevo proceso con el objetivo de minimizar impactos ambientales.
- Herramienta para identificación de procesos, componentes y sistemas cuya contribución al impacto ambiental es significativa y apoyo a la implementación de medidas que permitan reducir el mismo.
- Evaluación de los efectos producidos por el consumo de recursos en las instalaciones.
- Mejora de imagen y marketing ambiental.
- Desarrollo de programas de investigación.
- Proporcionar información complementaria a la administración para la regulación y reducción de determinados productos.
- Selección de proveedores y gestión de la cadena de suministro.

Etapa 1. Definición y alcance del ACV: En los objetivos se explica porque se desarrolla el estudio a quien va dirigido y la aplicación previa, en el alcance es la definición de la amplitud, profundidad y detalle minucioso de estudio.

Etapa 2. Análisis de inventario de ciclo de vida: Esta consiste en la identificó acción de las entradas y salidas que influyen en todo el sistema, dándose a entender que el sistema está compuesto de todos los procesos que deben realizarse para que todo el sistema funcione de la mejor manera posible para la obtención del producto o servicio final.

Etapa 3. Evolución de impacto de ciclo de vida: Aquí se evalúa detalladamente todas las consecuencias y posibles daños al medio ambiente, así como los impactos económicos.

Etapa 4. Interpretación: Concluye con la combinación de un reporte donde se concentra absolutamente todos los resultados de etapas anteriores con la final de con lo extraído comprender su alcance real y los impactos económicos y ambientales que se tendrán. Finalmente, recomendaciones o mejoras con objetivo de siempre buscar calidad y el menor daño al medio ambiente.

(Haya Leiva, 2016)

Cada una de las etapas es fundamental para que el análisis sea de lo más completo y preciso posible (Figura 10).

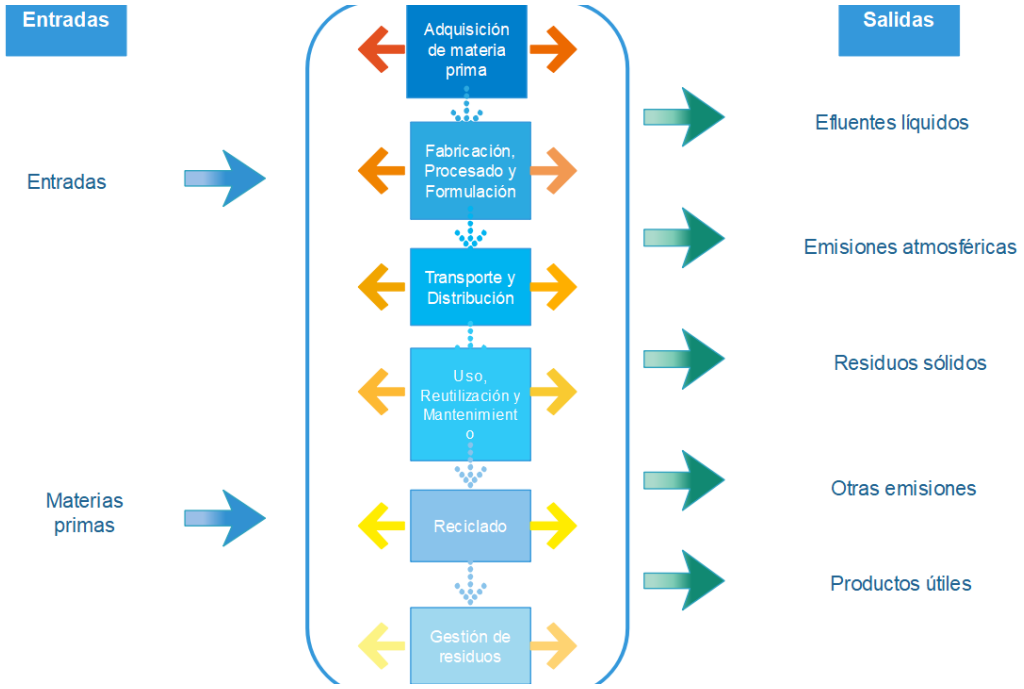


Fig. 10. Etapas de ciclo de vida.

El ACV permite la recopilación y la evaluación de entradas, salidas y los impactos que tiene el producto durante su ciclo de vida, Sin embargo, esta metodología tiene sus orígenes desde 1969 por el Midwest Research Institute para la empresa Coca Cola, donde el objetivo era disminuir el consumo de los recursos para poder así reducir la cantidad de emisiones al medio ambiente. La SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry)* es la primera organización que desarrolló y formuló en 1993 el primer código internacional para la homogeneización de diversos estudios para que todos siguieran una misma metodología. Finalmente, ISO apoyó al desarrollo proporcionando estructuras de trabajo ya que cada vez iban surgiendo nuevas etapas. La última versión de la ISO 14001:2015, marca que para que pueda ser un análisis completo y en verdad efectivo se debe tener en cuenta el impacto total, es decir, no solo el que tiene dentro de la empresa si no desde la fuente de

adquirió de materia prima hasta los residuos después de su uso final. Las mejoras que se obtienen al implementar un ACV son mayor liderazgo, organización, mejor comprensión de oportunidades y riesgos y una clara evaluación de desempeño en el trabajo. Aparte permite su alineamiento con otros estándares de gestión ISO como, calidad, prevención de riesgos laborales o protección de datos entre otras.

En resumen, el análisis de ciclo de vida de un producto o servicio facilita la evaluación del impacto que tenga el conjunto de todos los procesos, se debe basar en diferentes metodologías, según sean los objetivos y las necesidades que se tengan. Todo esto permitiendo abordar un sistema de gestión organizada y efectiva mediante una perspectiva más amplia, estableciendo controles según corresponda, identificando y comunicando requisitos ambientales para la obtención de materias primas y determinando los aspectos ambientales de las actividades, productos o servicios, aquellos que pueden controlar y los que influyen externamente, concluyendo con los impactos que estos tengan desde un punto objetivo que es el ciclo de vida.

El ACV es una herramienta bastante útil utilizado por bastantes empresas, entre ellas: ABB Group, Alcan Inc. , Altro, AQUAFIL, Arcese Group, Autex, Bauhaus Luftfahrt, Bayer, BluesScope Steel, CEPSA, Ceravision, ConocoPhilips, DONG Energy, Ford AG, Hasbro, Hewlett-Packard, Hyundai, Motorola, Philips 66, Renault, Siemens AG, Sony, Toyota, Timberland y Volkswagen AG por citar las más representativas del sector.

Todas ellas han implementado haciendo de sus productos algo mejor con resultados concretos sobre la huella de carbono que dejan.

Ejemplo de ACV aplicado en aerogeneradores Siemens (Figura 11).

Fig. 11. Aerogenerador Siemens. *(Tomada de Siemens, 2015)*

Un ACV realizado a Siemens se realizó para determinar cuánto contribuye cada etapa de la planta de energía eólica al calentamiento global, evaluaron sus emisiones específicas de CO_2. También observaron su Porcentaje de contribución al calentamiento global de cada etapa del ciclo de vida (g CO_2 eq / kWh) (Figura 12). *(Siemens, 2015)*

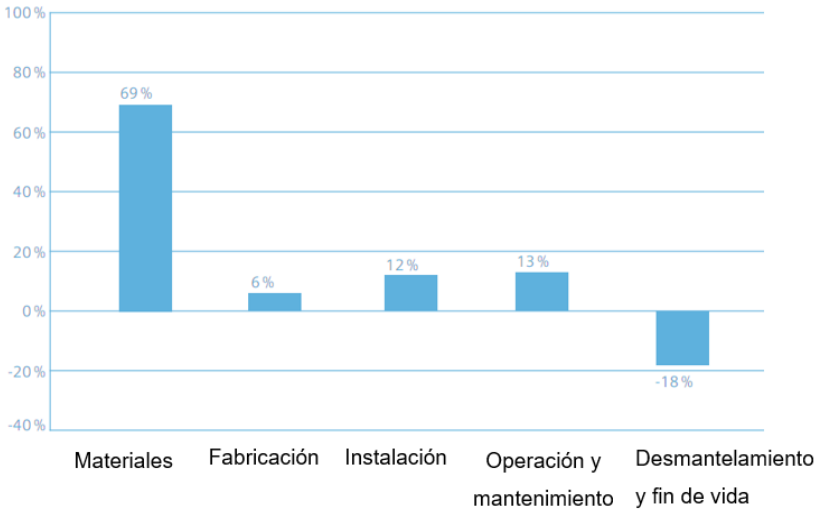


Fig. 12. Gráfica *(Tomada de Siemens, 2015)*

En lo que se concluye que lo más importante del análisis resultó ser la etapa de producción (69 % del total), debido a emisiones durante la extracción del material.

Cada componente y grupo de materiales contribuye a las emisiones totales de CO2 eq de la Planta eólica. Entre los componentes, la torre y la base de la turbina contribuyen más del 50%, seguido por cables de conexión, cuchillas y góndola.

En términos de contribución del grupo material, el acero tiene el mayor impacto en el calentamiento global, seguido por aluminio y la resina. La categoría con otros materiales consiste en minerales, varios plásticos, productos químicos y madera. (Siemens, 2015)

Otros impactos ambientales

Fin de la vida no es realmente el final.

Ya identificando cuales son las etapas más dañinas para el medio ambiente también es importante hacer algo con los residuos que se generan al final del proceso y al final de su uso. En este caso las partes de los aerogeneradores que son desechadas y aún no termina su vida útil se restauran y se mandan a plantas más pequeñas o menos importantes de manera que se aproveche al máximo la vida útil que tenga cada parte y en todo caso de no poder usarse para otro aerogenerador se reciclan en un proceso de trituración y reintegración obteniendo productos derivados. El ACV es importante y beneficioso tanto en impacto ambiental y económico, es una metodología novedosa que ayuda a que los productos o servicios sean de la mejor manera producidos obteniendo ventajas en cada proceso que resultan en ganancias para las empresas que los emplean.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 ACERCAMIENTO AL ACV DEL BIOETANOL UAQ

5.2 EQUIPO DE LABORATORIO

5.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIETANOL

5.4 DIAGRAMA DE PROCESO

5.5 DIAGRAMA DE CICLO DE VIDA

5.6 HUELLA DE CARBONO BIETANOL UAQ

5.1 ACERCAMIENTO AL ACV DEL BIOETANOL UAQ

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron las paqueterías *IKE eBalance* en lo referente al ACV, y las bases de datos de *Chinese Life Cycle Database, Europea Life Cycle* y *EcoInvent,* las cuales nos permitieron construir el diagrama de flujo del sistema de producción de bioetanol. En él se agregó cada uno de los procesos incluyendo detalles como los elementos y características que le conforman como las dimensiones de la zona de trabajo, el consumo eléctrico y el agua que se utiliza, en este caso los elementos más importantes que se usan son las emisiones y residuos.

Sin embargo se pudo observar que las bases de datos no son lo suficientemente completas ni están actualizadas. Otro problema fue el idioma, la mayoría de la información dela paquetería IKE eBalance encontraba en idioma chino, lo cual dificulto el avance del desarrollo en la paquetería, generando varios errores y contratiempos, así como resultados reflejados en las gráficas, que hacían el estudio incompleto y con fallas en los cálculos de la huella de carbono.

Por este motivo se decidió cambiar de paquetería, y usar *Solidworks* 2016 con el complemento de *Sustainability Xpress*, *y eTools LCD*, estos en conjunto para realizar el modelo a escala de la planta de producción y el acercamiento al ACV del bioetanol de esta planta.

Para iniciar en el acercamiento al ACV del Bioetanol producido en la UAQ se muestran los materiales de materias primas, así como el equipo de laboratorio que se emplea para todo el proceso.

5.2 EQUIPO DE LABORATORIO

Lo siguiente es el equipo empleado para el proceso de producción del bioetanol.

1.- Destilador Primario
2.- Destilador de Ceólita
3.- Baño recirculador Scorpion Scientific (SC)
4.- Tanque de fondo
5.- Baño recirculador Merlin Series M33
6.- Destilador Fraccionado
7.- Resistencia para Baño recirculador SC

5.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIETANOL

A continuación se muestra el diagrama de proceso del bietanol, en el cual se observan detalles en cada paso. Es de destacar que el proceso es el mismo que en cualquier lugar donde se produce este biocombustible, solo de notar que se emplea azúcar de desecho. Un ejemplo de proceso de bietanol pero en otra fábrica y a nivel de mayor producción es Caña Brava en Perú.

La siguiente figura detalla el proceso que tienen (Figura 13).

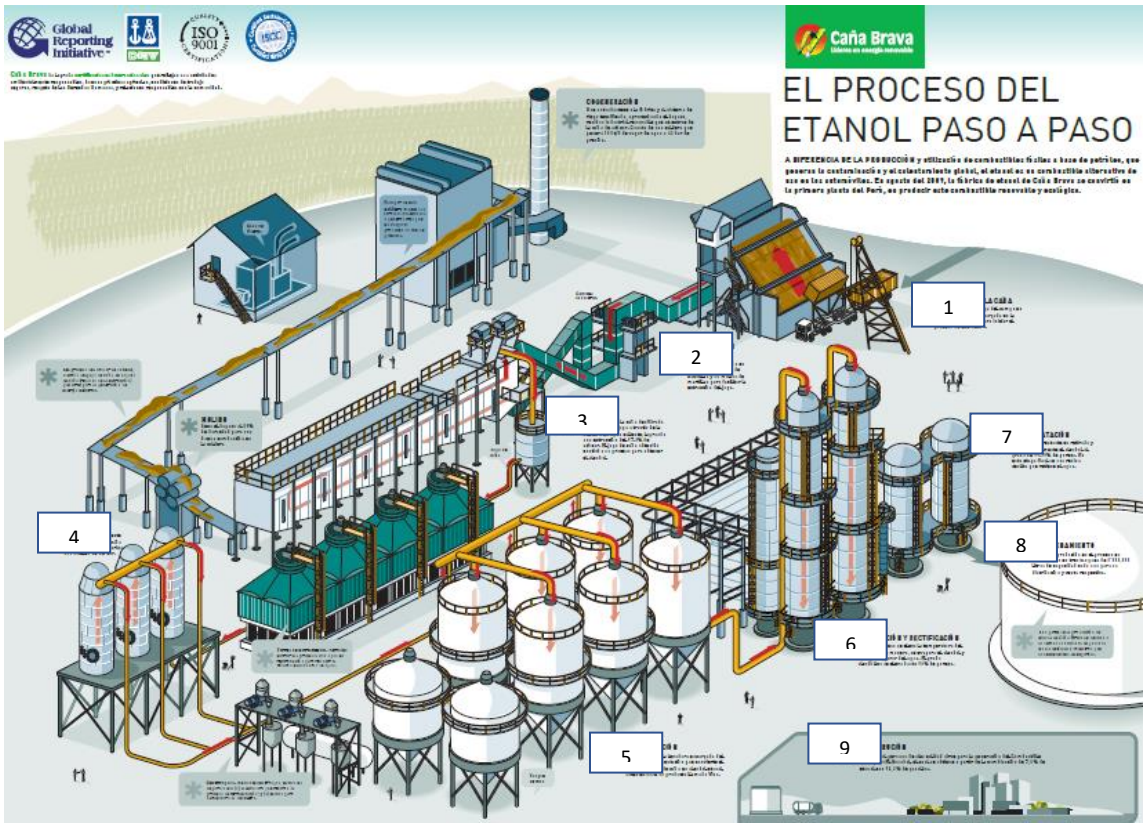


Fig. 13. Proceso de etanol de Caña Brava. *(Tomado de Caña Brava, 2018)*

1. Recepción de la caña
2. Reparación de la caña
3. Difusor
4. Evaporación
5. Fermentación
6. Destilación y rectificación
7. Deshidratación
8. Almacenamiento
9. Distribución

Como se observa es el mismo proceso iniciando por la recepción de la materia prima, la reparación es simplemente cuando se corta de nuevo para obtener

fibras, la difusión es el equipo donde se realiza la extracción del producto a partir de la disolución en agua caliente, después en la evaporación se retira el agua para seguir el proceso de obtención del alcohol, en la fermentación interviene la levadura encargada del proceso de fermentación que convierte el producto de las etapas anteriores en alcohol etanol, la destilación y rectificación es una etapa donde se le retira más agua de modo que la pureza pueda ser arriba del 95%, la deshidratación es otra destilación pero con ceolita para retirar aún más agua que resida en el producto así finalmente llegando al último paso que es almacenamiento ya de un producto de alcohol etanol con una pureza del 99% listo para la distribución.

Ahora se presenta el proceso de obtención del bioetanol producido en la UAQ apartir de desechos agroindustriales, siendo el mismo proceso que el anterior pero a escala menor, sin embargo obteniendo un producto de alta pureza.

Consiste en varias etapas, son las siguientes:

1. Recolección de materia prima
2. Preparación de solución
3. Fermentación primaria
4. Destilación Fraccionada
5. Destilación en zeolita
6. Residuos

5.4 DIAGRAMA DE PROCESO

Al finalizar el proceso y obtener el bioetanol, también se tienen residuos de los cuales solo las levaduras son utilizadas para otro bioproceso que da como

producto suplemento alimenticio para rumiantes. A continuación se muestra a detalle el diagrama de proceso del bietanol en la UAQ (Fig. 14).

Diagrama de proceso del bioetanol en la UAQ

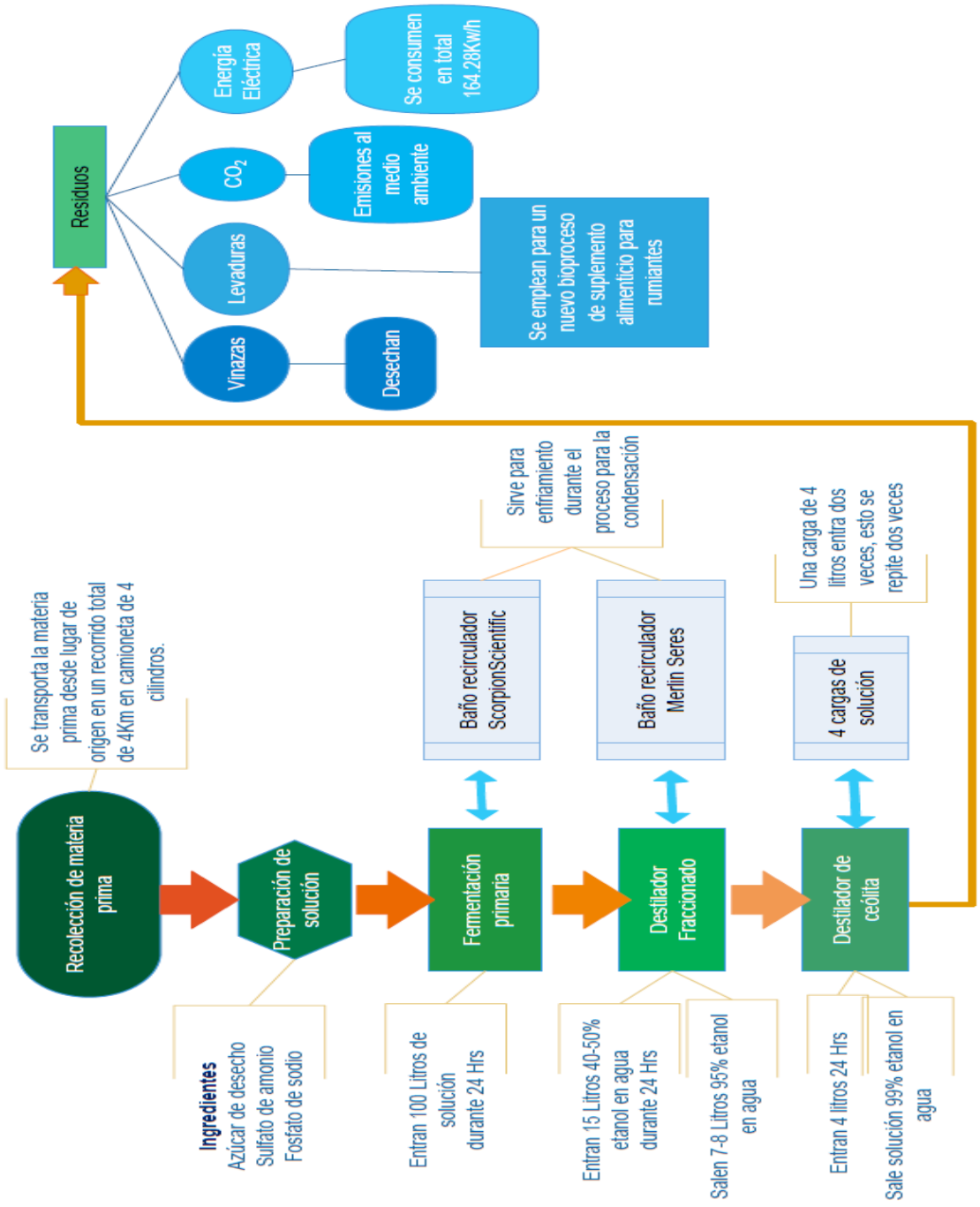


Fig. 14. Diagrama de proceso de elaboración de bioetanol en la UAQ.

5.5 DIAGRAMA DE CICLO DE VIDA

Se presenta diagrama del ciclo de vida, donde se observa la entrada de la materia pasando por todo el proceso hasta su fin de vida y los desechos que genera (Figura 15).

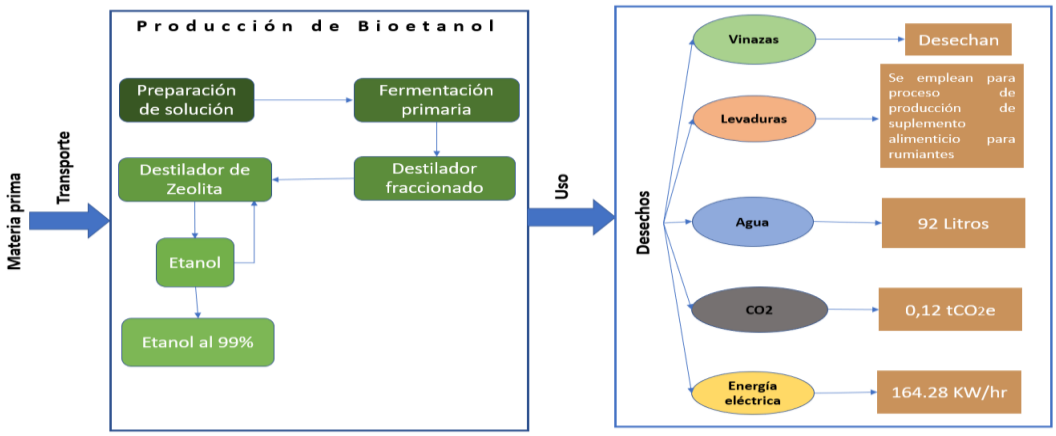


Fig. 15. Diagrama de ciclo de vida.

5.6 HUELLA DE CARBONO DEL BIETANOL UAQ

Para el cálculo de la huella de carbono se utilizó la Calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones, de la secretaria de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) versión 6.0 (Fig. 16).

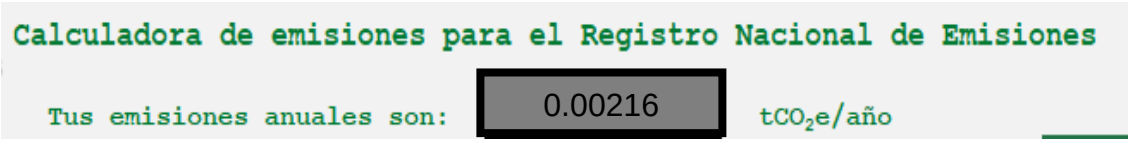


Fig. 16. Calculadora SEMARNAT v 6.0.

Sector	Subsector	Actividad	Fuente	Proceso	Dato Actividad	Unidad
Energía	Energía Térmica	Procesos térmicos	Biocombustible líquido	Producción de bietanol	8 litros por lote	Litros

Tabla 7. Datos de calculadora SEMARNAT

CAPÍTULO 6

RESULTADOS DEL PROYECTO

6.1 MEDICIONES OBTENIDAS

6.2 COMPARACIÓN DEL PROYECTO

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 MEDICIONES OBTENIDAS

Los resultados obtenidos por medio de la calculadora de la SEMARNAT para el acercamiento al análisis de ciclo de vida de la cuna a la cuna, concluyo con una cantidad de 0.00216 tCO_2 eq, por el proceso de producción de bioetanol UAQ, al cual se le realizo un ACV de la cuna a la cuna para un lote de 8 litros. La cantidad obtenida es viable para seguir con su producción ya que es lo suficientemente baja sin perder calidad y pureza, al no ocuparse área de cultivo destinado para alimento se aprovechan los residuos agroindustriales, para así tener un biocombustible de segunda generación listo para venta al público en la tienda universitaria de la UAQ.

6.2 COMPARACIÓN DEL PROYECTO

Caso 1. Agroindustria calculó la huella de carbono del etanol.

En 2017 los ingenios y Cenicaña, ambos de Colombia, construyeron un inventario sobre los gases de efecto invernadero (GEI) y calcularon la huella de carbono del etanol producido por la agroindustria colombiana de la caña. Para ello se recolectaron datos de consumo de combustible fósil, energía eléctrica y uso de insumos desde labores de campo, cosecha, transporte, elaboración de azúcar, generación de la energía, refinación, producción de alcohol carburante y tratamiento de residuos, todas las etapas fueron elementos para el cálculo de las emisiones de GEI. (Cenicaña, 2017)

Concluyeron que la etapa de mayor contribución al indicador correspondía a las actividades del campo, la mayor emisión proviene de los combustibles fósiles tanto en fábricas, transporte y destilería, y en cuanto al tratamiento de los residuos, la planta de compostaje es la que más emisiones aporta. A partir del inventario de GEI en los principales seis ingenios con destilería, se calculó la

huella de carbono para el azúcar producido por éstos, donde el promedio ponderado es de 350 $kgCO_2$ eq/t azúcar, con un máximo de 379 y un mínimo de 329 $kgCO_2$ eq/t azúcar. Así mismo también se llegó al promedio ponderado general de 574 $KgCO_2$ eq/m^3 EtOH con un máximo de 672 $KgCO_2$ eq/m^3 EtOH y un mínimo de 444 $KgCO_2$ eq/m^3 EtOH (Fig. 17). (Cenicaña, 2017)

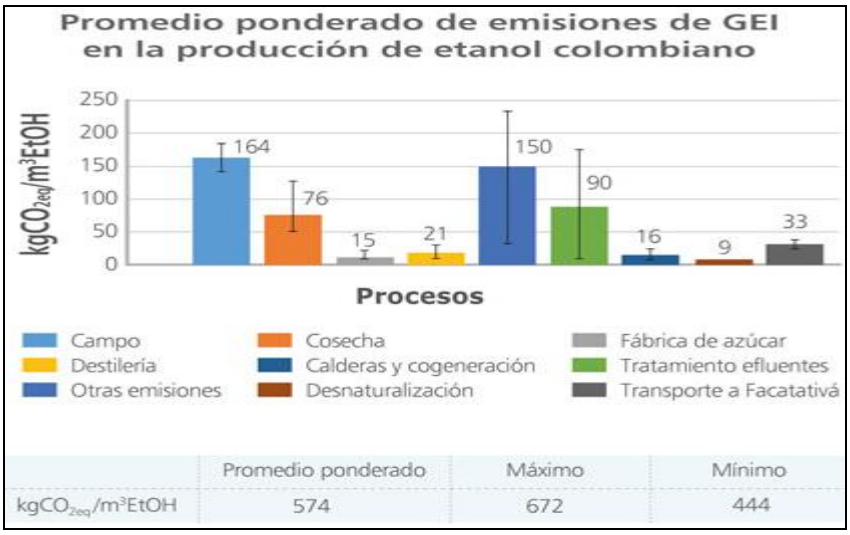


Fig. 17. Gráfica de ponderación promedio de $KgCO_2$ eq/m^3 EtOH.

Caso 2. Estudio comparativo de la huella de carbono de motores de encendido provocado alimentados con gasolina y bioetanol.

Actualmente, el vehículo que hay disponible para competir funciona con gasolina convencional. Dado el creciente uso de los combustibles de orden biológico, surgió la idea de ver qué pasaría si el motor en lugar de usar dicho combustible, utilizara etanol en distintas proporciones mezclado con gasolina. De ahí surgió el proyecto, el cual ha consistido, como su nombre lo indica, en el estudio comparativo de la huella de carbono de motores de encendido provocado por gasolina y distintas mezclas de gasolina etanol.

La medición es de forma teórica en la paquetería GaBi4 y el estudio se ha basado en la comparación de las emisiones de CO_2 y de la energía requerida

en cada proceso del ciclo de vida. Los combustibles utilizados para el análisis son los siguientes: gasolina, E10, E20 Y E85.

Los resultados son los siguientes, con base a los datos obtenidos se observa que a mayor porcentaje de la mezcla de etanol respecto al de la gasolina las emisiones de CO_2 a la atmosfera disminuyen, así como que la cantidad de energía primaria demandada aumenta, esto parece lógico puesto que el camino a la gasolina requiere menos energía y emite más cantidad de CO_2 que el camino del etanol. Ahora se presentan los resultados finales del análisis sobre a huella de carbono que deja cada combustible. (Isla Martínez, 2017)

Kg CO_2 - eq	
Gasolina	11,306.98
E10	10,656.25
E20	10,002.68
E85	5,046.95

Tabla 8. Resultados finales de huella de carbono de los combustibles utlizados para el ACV en GaBi4.

Caso 3. Una evaluación del ciclo de vida de los productos energéticos: evaluación del impacto ambiental de los biocombustibles.

Los biocombustibles, son actualmente la forma más importante de energía renovable en el transporte por carretera y podrían, al menos a corto y medio plazo, desempeñar un papel en la reducción de los gases de efecto invernadero y nuestra dependencia de los combustibles fósiles. Se realizó una .comparación holística de los impactos ambientales de los biocombustibles para cumplir con El objetivo de este estudio que era evaluar los impactos ambientales en todo el ciclo de vida de los biocombustibles utilizados en Suiza. Los propósitos del mismo eran desarrollar un análisis orientado a la acción de los impactos ambientales de los portadores de energía renovable y era elaborar un «análisis medioambiental global» de los diversos biocarburantes, que podría servir de base para hacer cumplir la exención de los combustibles renovables de los impuestos especiales sobre el gasóleo y la gasolina. Además los efectos del

uso del combustible debían compararse con otras formas de utilizar la bioenergía, como el calor y la generación de energía. Con todo lo descrito anteriormente se llegó a los siguientes resultados, Bietanol a partir de azúcar de desecho o reciclada, total de emisiones fue de 0.04 CO2-e [Kg/pKm], la etapa de mayor emisiones es la de operación con 0.025 CO_2-eq , le sigue producción con 0.010 CO_2-eq y transporte con 0.005 CO_2-eq. En comparación con el combustible fósil que da 0.18, siendo la etapa de operación la mayor en emisiones con un 0.10 CO_2, después operación y producción con 0.06 CO_2-eq y 0.020 CO_2-eq respectivamente. (Zah et al, 2007)

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En caso 1 se observa que el estudio se centra en las GEI y la huella de carbono que se emiten al producir etanol, tomando en cuenta los datos de empresas locales se obtiene que se emite un total general de 350 kgCO_2eq/t azúcar, aclarando que esto solo es de la producción para este biocombustible. Sin embargo, en el caso 2 se refiere específicamente a la combustión del bioetanol el cual arroja resultados comparándole con la gasolina utilizada normalmente en los autos, en él se analizó a diferentes cantidades, es decir, en un 10, 20 y 85 % obviamente combinado con gasolina, si se utiliza una proporción 10:90 % es gasolina, donde 10 es de etanol. Dando resultados por cada porcentaje, del E10 las emisiones son 10,656.25 KgCO_2-eq, E20 10,002.68 KgCO_2-eq, E85 5,046.95 KgCO_2-eq y gasolina al 100% 11,306.98 KgCO_2-eq. En el caso 3 se realizó desde la cuna a la tumba, es decir, desde el cultivo hasta su utilización energética, dando como resultado de emisiones un total de 0.04 $CO_{2\text{-}e}$ [Kg/pKm]. Observando nuestros resultados que son un total de 0.00216 tCO_2 eq/año y comparando todos estos resultados se concluye que el biocombustible señalado, en particular en este análisis del bietanol, es posible reducir las emisiones de CO_2 durante su utilización energética, sin embargo las etapas que se desarrollan para todo el proceso de obtención así como la infraestructura, donde se produzca el biocombustible, son las que determinan las emisiones de

CO_2 siendo principalmente la etapa de cultivo y producción las de mayor emisiones. Además también cabe destacar que, al utilizarse el azúcar de desecho como en este proyecto se tienen varios beneficios ambientales, se utiliza un desecho y así no se cultiva específicamente para el biocombustible, se aprovecha un desecho en vez de destinar cultivos de alimento a solo la producción de biocombustible.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

7.1 CONCLUSIONES

7.2 TRABAJOS FUTUROS

7.3 RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

En conclusión, del proyecto expuesto anteriormente, se considera que por los resultados obtenidos el bioproceso es viable puesto que se utilizan desechos y no áreas de cultivo destinado para alimento, la producción analizada fue de 8 litros, equivalente a un lote semanal tomando en cuenta que no se produce todo el año, el costo ambiental es bastante bajo en comparativa con los 3 casos presentados y se aprovechan incluso los residuos del bioproceso. Es posible tener un incremento de producción de acuerdo a la demanda sin cambiar la materia prima (desechos agroindustriales), para seguir teniendo un bioproceso que tenga un impacto ambiental lo menos negativo y, así mismo, que contribuya a la reutilización de residuos, tanto del mismo proceso como de las agroindustrias, y cumpliendo su principal objetivo como aditivo para motor.

7.2 TRABAJOS FUTUROS

Se realizará la comprobación de resultados en el software de SolidWorks con el complemento de Sustainability Xpress y trabajar con el cálculo de la huella de carbono con un lote más grande, realizar un estudio económico del producto y del equipo utilizado para determinar la viabilidad de la compra o la construcción del mismo, además una investigación y selección de materia prima para producir bioetanol, pero con los recursos naturales de Manzanillo Colima, de igual manera con algún residuo apto para el bioproceso y por ultimo crear un prototipo híbrido que sea capaz de utilizar combinadamente el bioetanol y energía solar.

7.3 RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar un mejor control por medio de una bitácora donde se escriban observaciones sobre el proceso, las entradas y salidas de la materia prima y de los reactivos, así como las posibles fallas o contratiempos que se presenten, e incluir las fechas y tiempos estimados y reales que se lleve el proceso, todo esto para enriquecer de más y mejor información, exacta y precisa, para que el análisis de ciclo de vida este más completo y obtengamos mejores resultados.

Se deberá utilizar un software más especializado para el ACV nos proporcione un estudio completo y a fondo, esto también incluirá más tiempo en investigación dedicada a lo mencionado. Además tener más equipo para el bioproceso, e implementar un programa de medidas y equipo de seguridad para el laboratorio, así como uno donde los alumnos participen de manera organizada y periódica teniendo equipos de trabajo desde la etapa de obtención de materia prima hasta la distribución del producto. Finalmente llevar la investigación también a los alumnos de la Universidad Tecnológica de Manzanillo con fines de investigación y desarrollo en próximos proyectos integradores y así mismo tener mayor difusión del proyecto del bioetanol UAQ.

ANEXOS

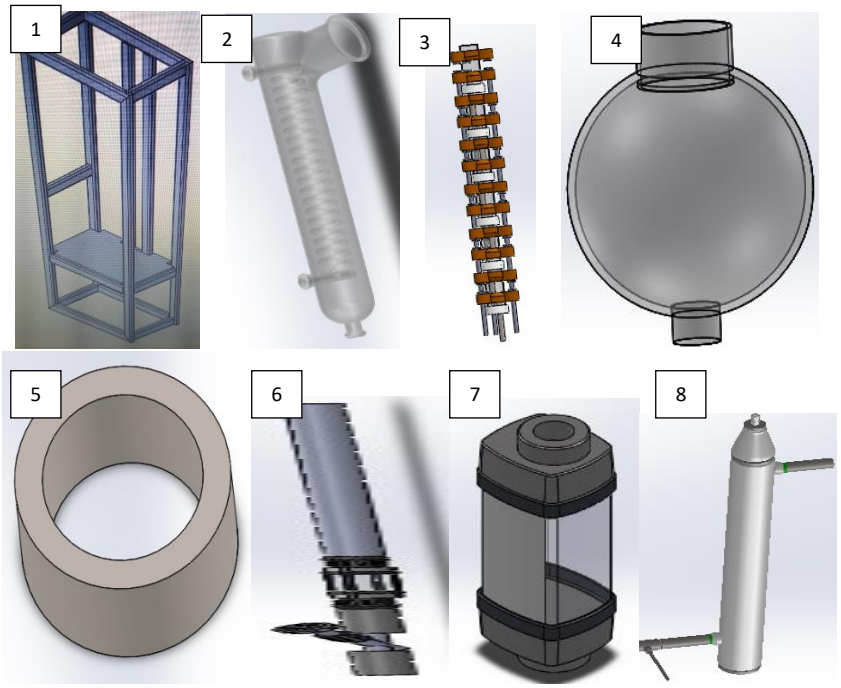
ANEXO A.

AVANCE EN SOLIDWORKS

La planta de producción consta de un módulo para estudio de producción de bietanol *Generatori* Modelo BT-BE-050/EL Equipo para estudio de producción de bioetanol y un equipo de enfriamiento acoplado Merlin Series M33 (Baño recirculador) que ayuda al enfriamiento del fluido para la condensación.

Se construyeron las piezas para ensamblaje de la parte del módulo que se utilizan, estas son: torre de destilación, matraz redondo, condensador tipo serpentín, base del matraz, tuberías y la estructura base que soporta todo el equipo.

A continuación se presentan las piezas principales que se ensamblaron para realizar la simulación de fluido y posteriormente el análisis con el complemento de *Sustentability Xpress* de *Solidworks*.



1. Estructura base
2. Condensador tipo serpetín
3. Torre de destilación
4. Matraz redondo
5. Base de matraz redondo
6. Tuberías
7. Rotatrometro
8. Destilador Ceolita

Se comenzó el ensamblaje de las piezas para construir el módulo BT-BE-050/EL, le faltan algunas tuberías y el baño recirculador para así poder realizar la simulación del fluido y finalmente comprobar la huella de carbono obtenida por el bioetanol mediante el complemento de Sustainability Xpress de SolidWorks.

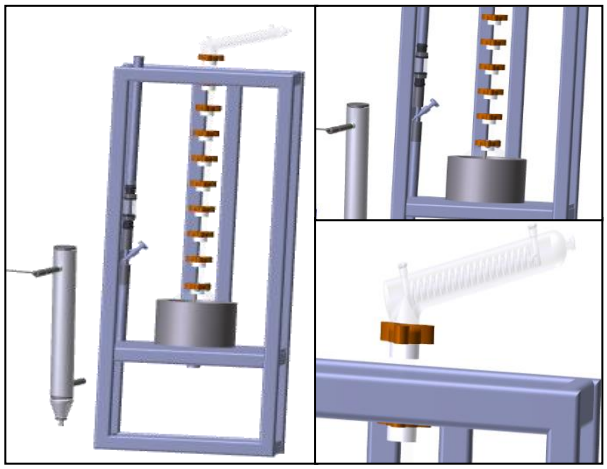


Fig. 18. Estructura de módulo para estudio de producción de bietanol (Generatori)

ANEXO B.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se muestra el Diagrama de Gantt donde se organizan las tareas, la fecha de inicio y de término así como la duración (Figura 19).

FECHA	INICIO DEL PLAN PERIODO	DURACIÓN DEL PLAN	INICIO REAL	DURACIÓN REAL	PORCENTAJE COMPLETADO
02-may-18	1	1	1	1	100%
03-may-18	1	6	1	6	100%
08-may-18	2	8	1	8	100%
16-may-18	3	15	4	15	100%
12-jun-18	4	25	4	25	100%
07-may-18	3	34	4	34	100%
09-jul-18	5	27	6	30	100%
29-jul-18	6	10	6	10	60%
30-jul-18	6	5	7	6	75%

Fig. 19. Tabla de parámetros de Gantt.

A continuación se muestra la simbología del diagrama de Gantt utilizado. (Fig. 20)

Fig. 20. Simbología utilizada en el Diagrama de Gantt.

Este diagrama está separado por periodos en los que se realizó todo el proyecto presentado anteriormente (Fig. 21).

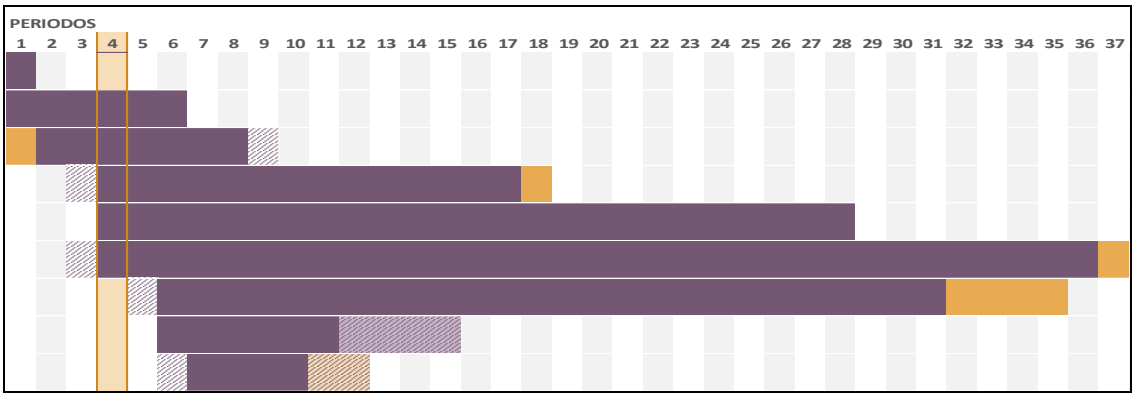


Fig. 21. Periodos del Diagrama de Gantt.

Ahora se presenta el cronograma de actividades para la redacción de la tesina así como la fecha en que se revisó por última vez para su posterior avance. (Figura 22).

Fase	Capítulo	Actividad	Notas	Revisión Final
Tema	Asignación de tema tesina		Se redactó la primera semana.	18/05/2018 ★
Investigación	Investigación primaria			
	Introducción			
	Justificación			
Redacción	1 **Metodología de la investigación**	Objetivos		21/05/2018 ★
		Planteamiento del problema		
		Marco teórico	Se redactan los conceptos básicos del tema de investigación.	23/05/2018 ★
		Hipótesis	Se utilizó el análisis de ciclo de vida como metodología.	28/05/2018 ★
	2 **Estado del arte**	Antecedentes	Se describe la historia de la destilación y sus tipos.	10/06/2018 ★
	3 **Desarrollo de proyecto**	Software	Después de buscar entre más de 10 software, se decidió por Cálculadora SEMARNAT y SolidWorks 2016.	15/06/2018 ★
	4 **Resultados**	Reporte ACV	Se redactaron los resultados obtenidos de ACV.	
	5 **Conclusiones**	Redacción	Conclusiones finales.	
	Anexos	Diagrama de Gantt		

Fig. 22. Cronograma de redacción de la tesina.

ANEXO C.

GLOSARIO

Levaduras: Son hongos que forman sobre los medios de cultivo colonias pastosas, constituidas en su mayor parte por células aisladas que suelen ser esféricas, ovoideas, elipsoideas o alargadas. (Manual de Microbiología de los Alimentos)

Enzima: Son biomoléculas de naturaleza proteica. (Padova, 2002)

Zimasa: Es un complejo de enzimas. (Casado - 2006)

Sacarosa: Sustancia denominada corrientemente “Azúcar”. (Casado - 2006)

Amiláceos: Se refiere a las concreciones de la secreción prostática en la luz de las glándulas prostáticas (*Corpora amylacea*), que son similares histológicamente a los granos de almidón. (Universidad de Navarra, 2015)

Lignocelulosa: Principal componente de la pared celular de las plantas, esta biomasa producida por la fotosíntesis es una fuente de carbono renovable. (Cuervo, 2009)

Kg/pKm : Por kilómetro recorrido

ANEXO D.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Durante todo el trabajo se realizó una revisión bibliográfica particularmente usando la base datos de *sciencedirect* así como el inventario de *EcoInvent* y el buscador de *Google Scholar*.

2. Para realizar el acercamiento al ACV se empleó la calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones de la SEMARNAT.

BIBLIOGRAFÍA

Molina, M. (2010). *Los Biocombustibles en México.* Recuperado de https://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2012/05/1.-Los-biocombustibles-en-M%C3%A9xico.-Postura-del-CMM.-2010_final-1.pdf

Acosta, O., Chaparro, A. (2009). Biocombustibles, Seguridad Alimentaria y Cultivos Transgénicos. *Revista de Salud Pública, 11*(2), Recuperado de https://doi.org/10.1590/S0124-00642009000200013

ArgenBio. (2007). *Consejo Argentino para la información y el Desarrollo de la Biotecnología.* Argentina: ArgenBio. Recuperado de http://www.argenbio.org/

Puerta, G. (2010). Fundamentos del Proceso de Fermentación en el Beneficio del Café. *Avances Técnicos, avt*(0402). Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf

Castillo, N., Siqueiros, T., Rascón, Q. (2011). Biocombustibles: estrategias limpias para combatir la crisis energética. *Tecnociencia Chihuahua, V*(2). 61-66. Recuperado de http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n2/data/Biocombustibles_estrategias_limpias_para_combatir_la_crisis_energetica.pdf

De Lucas, A., Del Peso, C., Rodríguez, E., Prieto, P. (2012). *Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad.* Recuperado de http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf

Espinoza, W., Goddard, M., Gutiérrez, C., Bonfil, C. (2009). Los Biocombustibles. *Revista ¿Cómo Ves?, I*(123). Recuperado de http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/123/los-biocombustibles

Contreras, C., Camila, M. (2014). *Productos de la Fermentación Alcohólica; un beneficio para la salud.* (Tesis de Diplomado en Procesos Químicos). Universidad de San Buenaventura, seccional Cartagena, Colombia.

García, A., Garza, Y., Ríos, L., Zamora, V. (2013). Uso de residuos agrícolas para la producción de etanol. *Revista CienciAcierta, 9*(33). Recuperado de http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC33/2.html#.W27YC-hKjIW

RENOVETEC. (2013). *Tipos de Biomasa.* Recuperado de http://www.plantasdebiomasa.net/tipos-de-biomasa.html

Landeros, C. (2013). *Potencial de la biomasa residual del fruto de Jatropha curcas L. para la producción de biogás: un enfoque experimental.* (Tesis de Maestría en Ecología Tropical). Universidad Veracruzana, Veracruz.

ArgenBio. (2007). *Las levaduras y el etanol: bebidas, combustibles y un poco de historia.* Argentina: ArgenBio. Recuperado de http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=181

Treybal, R. (1980).*Operaciones de transferencia de masa.* (2ª ed.).México:McGraw Hill.

SENER. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026.* Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2012-2026.pdf

Valcarcel, N. (2009). *Fermentación Alcohólica.* Recuperado de https://nubiavalcarcel.wordpress.com/2009/06/07/hola-mundo/

SAGARPA-CONACYT. (2017). Anexo B. Demanda del Sector 2017-1. Recuperado de https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-sagarpa-conacyt/convocatorias-abiertas-sagarpa-conacyt/2017-1-sagarpa-conacyt/13496-2017-1-sagarpa-conacyt-demandas/file

Haya, E. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida.* (Tesis de Maestría en Ingeniería y Gestión Medioambiental). Fundación EOI Escuela de Organización Industrial, Madrid.

Zúñiga, V., Gandini, M. (2013). Caracterización Ambiental de las Vinazas de Residuos de Caña de Azúcar resultantes de la Producción de Etanol. *Revista DYNA, 80*(177). 124-131. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49625661016