

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



Determinación del porcentaje de aprovechamiento de biomasa para combustión del caldero en molienda de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) Paramonga, 2017

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Autor:

Bach. Miguel Gabriel Hidalgo Figueroa

Asesor:

Ing. Leonidas Vergara Ramirez

Huacho – Perú

2019

Palabras claves

Tema : Aprovechamiento de Biomasa
Especialidad : Ingeniería

Keywords

Topic : Using Biomass
Specialty : Engineering

Línea de investigación : Producción Agrícola

Área : Ciencias Agrícolas

Sub área : Agricultura Silvicultura y Pesca

Disciplina : Agronomía

**Determinación del porcentaje de aprovechamiento de
biomasa para combustión del caldero en molienda de caña
de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) Paramonga, 2017**

RESUMEN

El trabajo de investigación se ejecutó en Paramonga y tuvo como propósito determinar el porcentaje de aprovechamiento de biomasa, para la combustión del caldero en molienda de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), fue una investigación no experimental y se realizó entre abril a junio del 2017. La metodología a utilizar fue registrar la información del rendimiento de biomasa de tres sectores para lo cual se evaluó 1 ha de cada sector, así como la determinación del costo de la broza de biomasa puesto en caldero.

Al término del trabajo de investigación, se determinó que la producción de biomasa por ha es de 19,11 tm. y el costo de biomasa por tm es de S/. 45,81 soles puesto en caldero reduciendo el costo de 58,35 % con respecto al costo del bagazo.

Con estos resultados se dará un tratamiento adecuado a un residuo de biomasa el cual no tiene utilización hasta el momento, disminuyendo así la acumulación de residuos no controlados también estaremos favoreciendo el cuidado del medio ambiente y disminuyendo el costo de producción en la industria azucarera.

ABSTRACT

This research paper was carried out in Paramonga and was intended to determine the percentage of use of biomass, for the combustion of the cauldron in sugarcane milling (*Saccharum officinarum L.*), was a non-research between April and June 2017. The methodology to be used was to record biomass performance information from three sectors for which 1 ha was evaluated for each sector, as well as the determination of the cost of cauldron-put-in biomass broise.

At the end of the research work, biomass production per ha was determined to be 19.11 tm. and the cost of biomass per tm is S/. 45.81 suns put in cauldron reducing the cost of 58.35% compared to the cost of bagasse.

With these results, adequate treatment will be given to a biomass residue which has no use so far, thus decreasing the accumulation of uncontrolled waste, we will also favor the care of the environment

INDICE GENERAL

Palabra clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice general	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos	viii
Introducción	1
Metodología	10
Resultados	14
Análisis y discusión	16
Conclusiones y recomendaciones	17
Agradecimiento	18
Referencias bibliográficas	19
Anexo y Apéndice	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 Rendimiento de broza por ha(tm)	14
Tabla 02 Costo de operación por tm de broza de caña puesta en caldero	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Potencial energético por residuo	08
Figura 02 Cosecha mecanizada de caña de azúcar	10
Figura 03 Implementos utilizados en el hilerado de broza	11
Figura 04 Enfardado de broza.	12
Figura 05 Actividad de carguío de broza.	12
Figura 06 Transporte de broza de campo al caldero.	13
Figura 07 Mezcla de Biomaza en caldero.	13

INDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Evaluaciones de campo Lampay	22
Tabla 01 Evaluaciones a las parcelas Campo Lampay 1600D (1.00/has)	22
Anexo 02: Evaluaciones de campo Las Monjas	22
Tabla 01 Evaluaciones a las parcelas Campo Las Monjas 1405D (1.00/has)	22
Anexo 03: Evaluaciones de campo Don Julio	22
Tabla 01 Evaluaciones a las parcelas Campo Don Julio 1503D (1.00/has)	22
Anexo 04: Campo de trabajo	23
Figura 1: Trabajo de campo	23
Figura 2: Enfardado en campo	23

I. INTRODUCCION

Se tiene como antecedentes y fundamentación científica;

Martínez (2009) en su tesis de *Evaluación de biomasa como recurso energético renovable en Cataluña*; concluye que la implementación de los cultivos industriales en Cataluña a medida que se encarezca el petróleo. Permitiría la creación de nuevos empleos relacionados con el proceso de las materias primas, el desarrollo de la economía local y regional y la creación de un mercado con demandas regionales y nacionales; para ello es necesario planificar estratégicamente el territorio y adaptar prácticas agrícolas que permiten la compatibilidad de los usos de suelo agrícola para la producción de biomasa con fines energéticos e industriales.

Assureira y Assureira (2014) en su trabajo *potencial energético de la biomasa residual en el Perú*; concluyen que los residuos agrícolas y forestales del Perú son recursos que actualmente no son explotados comercialmente y que presentan un gran potencial como fuente de energía primaria por lo que se requiere mejorar la capacidad del país en el conocimiento del uso que actualmente existe sobre la biomasa con fines energéticos. En el Perú la agricultura, agroindustria y la industria de la madera generan anualmente más de 10 247,00 TM de residuos susceptibles de ser aprovechados energéticamente. La valoración energética indica un potencial de 2'993,506 TEP constituido principalmente por residuos de la cosecha de la caña de azúcar (20.6 %), tallos, hojas y coronta del maíz (35.25%), bagazo y (17.4%), cascarilla de arroz (4.46%) y pajilla de arroz (13.6%, broza de espárrago (2.23%), broza de algodón (5.7%) y viruta y aserrín (0.8%). Los departamentos con mayor potencial son: La Libertad (26%), Lambayeque (16.7%), Lima (13%), San Martín (7.1%), Piura (11.7%) e Ica (6.23%).

Cobo (2012) en su trabajo final, *Residuos de Cosecha de Caña de Azúcar (RAC) Como Alternativa de Aprovechamiento En Proceso de Cogeneracion*. El esquema de cogeneración de mayor perspectiva en los ingenios azucareros colombianos es el ciclo

superior, en el cual se produce vapor vivo altas presiones y temperaturas (65 bar a 500°C). El vapor vivo alimenta un turbogenerador a contrapresión, generando energía eléctrica y posteriormente entregando calor útil al proceso de producción de azúcar. En los combustibles empleados en la caldera se encuentran el bagazo, el bagacillo o médula y el carbón.

Curvelo y Garea (1997) investigaron el *estado de las tecnologías para el aprovechamiento energético de la biomasa* en Cuba, concluyendo que la utilización de la biomasa para el accionamiento de hornos y calderas y la generación de electricidad a mediana escala cuentan con tecnologías comerciales que son competitivas en el uso de hidrocarburos. A mediano plazo debe estar lista la tecnología de gasificación de la biomasa para aplicaciones de ciclos combinados de generación de electricidad. El accionamiento de motores de combustión interna utilizando biocombustible como el alcohol y los aceites vegetales es tecnológicamente maduro pero limitado su aplicación por interés de rentabilidad. Está en desarrollo la producción de combustibles a partir de los productos de la pirólisis de la biomasa. La generación de electricidad a pequeña escala utilizando la biomasa aún no cuenta con tecnologías comerciales, existen las condiciones para que en dependencia de la presión del mercado mundial comercialmente las tecnologías de gasificación, a mediano plazo las aplicaciones de motores Stirling y algo mayor, el uso integrado de celdas combustibles.

Reyes, Perez y betancour (s/f) investigó el *Uso de la biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental*; concluyendo que la caña de azúcar constituye el tipo de biomasa con mayor importancia y potencial como combustible, atendiendo a su amplia distribución geográfica (80 países). Esto reviste gran importancia para Cuba, donde esta es la única alternativa con posibilidades reales de lograr incrementos considerables en la generación de energía eléctrica, posibilidad que de hecho no ha sido explotada en la magnitud que necesita la economía nacional y que en otros países se aprovecha a un nivel considerablemente mayor. Por lo tanto, deben acometerse cambios tecnológicos que posibiliten aumentar los índices de generación eléctrica de 20 kWh/t caña en los

centrales azucareros con los actuales sistemas de contrapresión, a valores de 400 kWh/t caña, con sistemas BIG/GT/CC. Introduciendo este tipo de tecnología se logra un impacto positivo sobre el medio ambiente, ya que la cantidad de combustible fósil dejado de quemar asciende a 32 640 tpe/a, lo que equivale a 119 748 t de CO₂/a que se dejan de emitir a la atmósfera y se posibilitaría generar sobre bases renovables 2,5 veces la energía eléctrica producida en el país en 1991.

Debido a su destacada capacidad para convertir la energía lumínica en carbohidratos y su habilidad para acumular sacarosa en sus tallos, además de su fácil cultivo, la caña de azúcar representa una de las plantas más interesantes para la producción agroalimentaria y bioenergética, entre otras (Conadesuca, 2016).

Para nosotros la cogeneración está en principio limitada a la que realizan los ingenios azucareros, basados en el concepto primero, es decir, generar energía a partir de procesos ya existentes, en este caso la fabricación del azúcar (Álvarez, 1998).

De acuerdo a la FAO (1997) alrededor de 800 millones de personas, aproximadamente 15 por ciento de la población en los países en desarrollo, son desnutridos. Son necesarias muchas medidas para eliminar este flagelo, tales como eliminación de la pobreza a través de una mejor distribución de la renta e incrementar la producción de alimentos. Varias de estas medidas están fuertemente ligadas a la energía y siendo así, los componentes energéticos de estas medidas tienen que incorporarse en las estrategias de desarrollo, y no deben considerarse en forma aislada.

Para el protocolo de Kyoto, la biomasa tiene un factor de emisión de dióxido de carbono (CO₂) igual a cero. La combustión de biomasa produce agua y CO₂, pero la cantidad emitida de dióxido de carbono fue captada previamente por las plantas durante su crecimiento (Jiménez, 2012).

Las plantas transforman la energía solar en energía potencial química y la almacenan en los carbohidratos a través de la fotosíntesis. La biomasa fue la primera fuente de

energía utilizada por el ser humano. Con el descubrimiento del fuego, nuestros antepasados dieron un gran paso de avance en el aprovechamiento de la energía. Pero con esto, también iniciaron paralelamente la destrucción de las masas forestales que cubrían gran parte de la superficie del planeta, fenómeno que continúa en la actualidad con la quema y la tala indiscriminada de bosques y selvas (Ecured, 2017).

Durante los últimos veinte años se han desarrollado tecnologías que hacen posible introducir saltos importantes en la eficiencia de los procesos basados en combustibles renovables, como el bagazo y la paja de caña. Hoy existen instalaciones capaces de elevar la eficiencia entre 10 y 15 %; al mismo tiempo, se desarrollan otras tecnologías más avanzadas aún, como las turbinas de gas integradas con gasificadores de biomasa, que podrían entonces elevar los valores en veinte o treinta veces (Pérez, 1997).

En las últimas décadas el uso de la biomasa como fuente de energía ha estado presente en el escenario internacional, como una atractiva y promisoría vía para producir potencia con mínimo impacto ambiental. Sin lugar a dudas, grandes potencialidades de biomasa se concentran en los residuos agroindustriales de las producciones de azúcar de caña; Sin embargo, los pronósticos internacionales sobre el tema proyectan crecimientos en el uso de los sistemas de combustión directa de biomasa para los países con infraestructura en desarrollo. De ahí la importancia que tiene para la mencionada industria, en esta etapa de transición, poder disponer de tecnologías que permitan alcanzar altos rendimientos en la combustión directa de los residuos agroindustriales destinados a la producción de potencia en las fábricas de azúcar (Ecured, 2017).

La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor capacidad para convertir la energía solar en biomasa. Si tomamos en cuenta sólo el bagazo y la paja, en los cañaverales se almacena alrededor del equivalente a una tonelada de petróleo por cada tonelada de azúcar que puede producirse. La combustión de la biomasa tiene además una ventaja ambiental: no incrementa la concentración atmosférica de carbono, porque sólo devuelve a la atmósfera el carbono que fijó la planta durante su crecimiento (Reyes, Pérez y Betancour, 2002).

Solo una adecuada selección del tipo de caldera puede conducir a un éxito en la consecución de un proyecto de generación eléctrica con biomasa, y a la vez, una elección inadecuada dificultará enormemente que una inversión en este tipo de plantas, que supone entre 1 y 3 millones de euros por MW de potencia eléctrica instalada, pueda rentabilizarse (RENOVEC,2017).

La caña de azúcar debe ser vista de una manera integral como fuente de alimentos, energía fertilizante y algunos otros subproductos. La comparación del costo de energía de otros tipos de biomasa tales como el eucalipto cuyo valor es de US \$ 2.2 por tm en el costo del bagazo y el de la paja de la caña, cuyo precio oscila entre US\$ 0.281 por tonelada y US\$ 0.95-2.21 por tonelada respectivamente, permite clasificar al bagazo como tecnología de baja eficiencia durante la zafra (Garcés y Martínez, 2007).

La Justificación de la investigación del trabajo fue, ante el incremento del consumo energético mundial en los últimos años, se busca alternativas para reducir la dependencia del petróleo y los problemas ambientales asociados con el uso de los combustibles fósiles, haciendo necesario el estudio y desarrollo de energías alternativas y renovables como el uso de la biomasa. En el Perú, los residuos agrícolas y forestales son recursos que actualmente no son explotados a nivel comercial, pese a la abundancia de ellos.

El cultivo de caña de azúcar en Perú es de importancia económica; luego de la cosecha tenemos gran cantidad de producto residual, llamada biomasa que viene a ser el subproducto de la cosecha mecanizada, que posteriormente puede ser utilizado como soporte energético para el funcionamiento del caldero. Si bien es cierto, se utiliza actualmente el bagazo, también es cierto que no se abastece para la producción de energía necesaria en el proceso de manufactura en las plantas azucareras y eso hace que actualmente se utilice mezclado con 70% de bagazo y 30% de broza de caña de azúcar.

En tal sentido el proyecto plantea determinar el porcentaje del uso de la biomasa en el uso en los calderos potenciando el uso de la energía en la combustión del caldero

utilizado en la molienda de caña que disminuirá el costo de producción en la manufactura del azúcar y sus derivados, a la vez que contribuirá favorablemente con la conservación del medio ambiente.

Se tuvo como problema ¿Cuál será el nivel de aprovechamiento de biomasa de caña de azúcar para la combustión del caldero en molienda de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) valle Pativilca, 2017?

En la conceptualización y operacionalización de las variables se tuvieron: Energía de la Biomasa; se refiere a la proveniente de las plantas, los animales y los microorganismos. Su origen final está en la energía solar, fijada por las plantas a través de la fotosíntesis, y almacenada en forma de energía bioquímica (Ecured, 2017).

La caldera es sin duda el equipo principal de una central termoelectrónica de combustión de biomasa. En ella se lleva a cabo el proceso de transformación de la energía química contenida en la biomasa en energía térmica, que será más tarde transformada en energía mecánica (Renovec, 2017).

Biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado de un proceso de conversión fotosintético; la energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, como la madera de los bosques, los residuos de procesos agrícolas y forestales, de la basura industrial, humana o animal (Hernández y Hernández, 2008).

Según la CNE: Por biomasa se entiende “el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma”. La energía de la biomasa corresponde entonces a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, bien sea a través de su quema directa o su procesamiento para

conseguir otro tipo de combustible. Según el PNUD y el GEF: El término biomasa se refiere a “toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia, etc.), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano”.

Según Jiménez (2012) los impactos asociados a la etapa de operación son: Emisiones a la atmosfera: la combustión de biomasa se relaciona con la formación de contaminantes debido a dos razones, por un lado la combustión incompleta que depende de parámetros de operación, y por otro lado la composición de la biomasa. Se producen emisiones de material particulado, monóxido de carbono(CO), hollín, óxidos de nitrógeno, ácidos clorhídricos (HCl), dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles: residuos sólidos: donde al quemar la biomasa se generan cenizas y escorias. Las principales aplicaciones de la biomasa son la obtención de energía eléctrica/térmica a través de la biomasa como combustible; obtención de productos químicos (materias químicamente simples a través de procesos de síntesis a partir de gases, productos de fermentación y destilación entre otros procesos) (Martínez, 2009).

La biomasa su Origen, actualmente, más del 80% de nuestro abastecimiento energético proviene de energías fósiles (carbón, petróleo y gas), otro 10% de energía nuclear, y solamente alrededor del 10% de Energías Renovables. Este 90% no renovable conlleva importantes implicaciones medioambientales y una fuerte dependencia del abastecimiento exterior. Entre las diversas energías renovables existentes, la biomasa, es aquella materia orgánica originada en un proceso biológico que puede ser utilizada como fuente de energía (Amengual y Trigerro, 2013).

Desde la prehistoria, la biomasa ha sido utilizada por el hombre en hogueras, hornos y calderas. Fue el principal combustible utilizado hasta la revolución industrial, se utilizaba en el hogar, para producir metales y alimentar las máquinas de vapor. Fueron

estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII. Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas con un mayor poder calorífico y el uso de la biomasa fue bajando. A pesar de ello, la biomasa juega un papel muy importante como recurso energético en diferentes aplicaciones industriales y domésticas; su utilización racional puede reemplazar una parte importante de los combustibles fósiles que hoy en día utilizamos (Amengual y Trigero, 2013).

Tabla 5 Potencial energético por residuo

PRODUCTO	RESIDUO EN TM	% VOLUMEN	ENERGÍA TEP	%ENERGÍA
MAIZ AMARILLO	2,779,277	27.12%	1,055,114	35.25%
CAÑA DE AZUCAR(RAC)	1,884,271	18.39%	616,509	20.59%
BROZA DE ALGODÓN	446,698	4.36%	170,342	5.69%
BROZA DE ESPARRAGOS	242,638	2.37%	66,773	2.23%
ARROZ (PAJILLA)	1,335,289	13.03%	406,473	13.58%
ARROZ(CASCARILLA)	395,323	3.86%	133,500	4.46%
VIRUTA	60,242	0.59%	24,453	0.82%
BAGAZO	3,103,932	30.29%	520,342	17.38%
TOTAL	10,247,670	100.00%	2,993,506	100.00%

Figura 01: Potencial energético por residuo

El aprovechamiento de la Biomasa, en este caso después de haberse cosechado mecanizadamente, queda residuos de broza lo cual es aprovechado como materia prima para la combustión de caldero con la finalidad de cogenerar energía eléctrica (Amengual y Trigero, 2013).

La hipótesis es explícita

El Objetivo principal de esta investigación, es determinar el aprovechamiento de Biomasa para la combustión del caldero en molienda Caña de Azúcar (*Saccharum Officinarum*) Paramonga, 2017. Siendo los objetivos específicos; evaluar el Rendimiento de Biomasa por /ha cosechada de cultivo Caña de Azúcar; evaluar los costos de broza (Biomasa), puesto en el caldero.

II. METODOLOGIA

Este trabajo de investigación es de tipo aplicada, no experimental ya que mediante las evaluaciones establecidas se determinaron cual es el mejor aprovechamiento de biomasa para la combustión de caldero en molienda de caña.

Este trabajo se realizó en el valle Pativilca, distrito de Paramonga, departamento de Lima

La metodología utilizada fue un registro de información de campo utilizando 3 parcelas divididas con un área de 10 000 m² para cada una con un área total de 30 000,00 m².

En abril del 2017 se realizó la ubicación y delimitación de las marcelas materia del presente estudio, demarcando en 1,00 ha para cada parcela.

En mayo 2017 se inicia la cosecha de la caña donde se obtiene la Broza (Biomasa), para la combustión del caldero Bagacero.



Figura 02: Cosecha mecanizada de caña de azúcar

Las labores realizadas en forma secuencial fueron; El hilerado de broza, enfardado de broza, Alce de broza y transporte de broza para poner en caldero.

El hilerado de broza se realizó el 15 de junio del 2017 con el uso de un implemento de 17 discos con el uso de un tractor de 95 Hp. quedando la broza en melgas



Figura 03: Implementos utilizados en el hilerado de broza

El enfardado de broza se realizó dos días después compactados el material Hilerado con el uso de una enfardadora con un tractor de 210 Hp. Los fardos son de 2,20 m x 1,20 m x 0,90 m, con un peso de 500 kg, con una densidad de 0,147 Tm/m³.

Se utilizó 37,20 m de sogas/fardo, esta sogas se debe importar de Brasil y tiene un costo de \$ 0,089 US/m. Sólo se trabajó 12 horas por día de acuerdo a las especificaciones técnicas de la enfardadora



Figura 04. Enfardado de broza

El carguío de la broza enfardada se realizó al día siguiente, realizándose el alce de los fardos en Plataforma y Autovolteos con la finalidad de ser transportada al caldero.



Figura 05: Actividad del carguío de broza

El transporte de la broza se hizo en cama baja con destino al caldero.



Figura 06: transporte de broza de campo al caldero

La Biomasa una vez llegada de campo se mezcla con el Bagazo para el abastecimiento al Caldero.



Figura 07: Mezcla de biomasa en caldero

III. RESULTADOS

De acuerdo a los datos obtenidos en campo se tiene los siguientes resultados

Tabla 01: rendimiento de broza por ha (tm)

Lotes	Área (ha)	Cantidad Broza(Tm)
Lampay	1,00	18,50
Monjas	1,00	20,00
Don Julio	1,00	18,83
Promedio	1,00	19,11

En consecuencia, se tiene disponible 19,11 tm de broza/ha para ser utilizada en mezcla con el bagazo de caña.

El rendimiento de broza de caña es directamente proporcional al rendimiento de caña de azúcar/ha.

En cuanto al costo de operación por tm de broza de caña se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 02: costo de operación por tm de broza de caña puesto en caldero(S/.)

Maquina	Potencia(HP)	Implemento	Ratios	Ton	Costo	
			Has/Hr	/Hr	Costo/Hr	/Ton
Tractor	95	Hileradora de broza	2.00	22.00	80.00	3.64
Tractor	210	Enfardadora de broza	0.80	10.50	110.00	10.48
Tractor	140	Transporte de broza		6.00	80.00	13.33

Tractor	190	Transporte de broza	7.50	90.00	12.00
Alzadora	200	Carguio de broza	11.00	70.00	6.36
Total					45.81

Tal como se puede apreciar en el cuadro el costo por tm de broza es de S/. 45,81 soles que comparado con el costo de bagazo que es de S/ 110,00/tm. Se tiene una reducción del costo de S/ 64,19 soles/tm. Equivalente al 58,35 %.

La proporción de mezcla utilizada es de 80 % de bagazo y 20% de broza y en una jornada de 24 horas se tiene un consumo de 1200 tm; 960 tm de bagazo y 240 tm de broza, determinando un ahorro de S/ 15 405,60 soles por jornada diaria.

IV. ANALISIS Y DISCUSION

El uso de la biomasa para la producción energética es una alternativa no sólo por la reducción de costos sino por la reducción de la contaminación ambiental tal como lo sostiene Assureira y Assureira (2014) en su trabajo *potencial energético de la biomasa residual en el Perú*; concluyen que los residuos agrícolas y forestales del Perú son recursos que actualmente no son explotados comercialmente y que presentan un gran potencial como fuente de energía primaria por lo que se requiere mejorar la capacidad del país en el conocimiento del uso que actualmente existe sobre la biomasa con fines energéticos.

Así mismo Curvelo y Garea (1997) en su investigación el *estado de las tecnologías para el aprovechamiento energético de la biomasa* en Cuba, concluyen que la utilización de la biomasa para el accionamiento de hornos y calderas y la generación de electricidad a mediana escala cuenta con tecnologías comerciales que son competitivas en el uso de hidrocarburos

En consecuencia, el uso de la biomasa vendría a reemplazar el uso del bagazo a fin de generar energía sin el uso de petróleo; que cada día es más escaso.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rendimiento de biomasa cosechada del cultivo de caña de azúcar ha sido de 19,11 tm/ha.

Los costos de biomasa por tm es de S/. 45,81 soles.

Se recomienda el uso de 80 % de bagazo y 20 % de biomasa con lo cual se obtendrá un ahorro en los costos equivalente a S/. 15 460,51 soles por jornada diaria.

Se recomienda seguir con trabajos de investigación en otras zonas productoras de caña de azúcar.

VI. AGRADECIMIENTO

Esta tesis está dedicada a:

A mi esposa e hijos quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis Padres Juan y Gilda por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/136406/NotaNuevasVariidadesd_Cana_deAzucar.compressed.pdf.

Curvelo, A.; Garea, B. (s/f). *Estado de las tecnologías para el aprovechamiento energético de la biomasa*. Agencia de Ciencia y Tecnología – Cuba. <http://www.fao.org/docrep/006/AD098S/AD098S08.htm#ch6.5>.

Ecured. (2017). *Energía de la biomasa*. https://www.ecured.cu/Energ%C3%ADa_de_la_Biomasa. 4 mayo del 2017.

FAO (1997). *Reunión regional sobre biomasa para la producción de energía y alimentos*. <http://www.fao.org/docrep/006/AD098S/AD098S00.htm#TOC>

Frank, F; Golato, M. Morales, W.; Cruz, C. (2011). *Rendimiento térmico de calderas bagaceras modernas en Tucumán, R. Argentina*. Revista industrial y agrícola de Tucumán. Vol 88. N° 2. Versión On-line ISSN 1851-3018. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30182011000200005.

Garcés, R.; Martínez, S. (2007). *Estudio del poder calorífico del bagazo de caña de azúcar en la industria azucarera de la zona de Risalda*. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/825/66288G215ep.pdf;jsessionid=2326BDBD29919B05D7C1CFFBBCF234F0?sequence=1>.

Jiménez, M. (2012). *Estudio de prefactibilidad para la utilización de residuos derivados de la actividad forestoindustrial, para la generación de energía eléctrica en la provincia de Entre Ríos*. <http://materias.fi.uba.ar/7299/Energia%20a%20partir%20de%20residuos%20forestoindustriales%20veronica%20gimenez.pdf>.

Hernández, M., y Hernández, J. (2008). *Verdades y mitos de los biocombustibles*. Elementos 71, 15-18.

Martínez, S. (2009). *Evaluación de biomasa como recurso energético renovable en Cataluña*

Pérez, E. (1997). *Estudio teórico experimental de la fluidodinámica del proceso de gasificación en lecho fluidizado de bagazo de caña. Técnicas de energía renovable*. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía. Sede iberoamericana La Rábida. Santa Clara, Cuba, 1997.

Reyes, Pérez y Betancour (s/f). *Uso de la biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental*.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar05/HTML/articulo01.htm>

RENOVEC. (2017). *La caldera de biomasa*. <http://www.plantasdebiomasa.net/la-caldera-de-combustion.html>.

Rodríguez, A. (s/f). *Tecnología para la combustión directa de los residuos biomásicos de la agroindustria azucarera*.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar18/HTML/articulo05.htm>.

Tesis doctoral universidad de Girona.

<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7920/tsm11de1.pdf?sequence=1>

VIII. ANEXOS Y APENDICES

Anexo 01 *Evaluaciones de campo Lampay*

EVALUACIONES A LAS PARCELAS CAMPO LAMPAY 1600D (1.00/has)

Ctel	Area/has	dist entre surco(m)	Toneladas/has
1	1.00	1.65 mts	18.50

Anexo 02 *Evaluación de campo Las monjas*

EVALUACIONES A LAS PARCELAS CAMPO LAS MONJAS 1405 (1.00/has)

Ctel	Area/has	dist entre surco(m)	Toneladas/has
42	1.00	1.50	20.00

Anexo 03 **Evaluación de campo Don Julio**

EVALUACIONES A LAS PARCELAS CAMPO DON JULIO 1503 (1.00/has)

Ctel	Area/has	dist entre surco(m)	Toneladas/has
15	1.00	1.50	18.00

Anexo 04 **Campo de trabajo**



Figura 01 Trabajo de campo



Figura 02 Enfardado en campo