



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“Mezclas de biomásas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR.

Paul Takeshi, Díaz Márquez

ASESOR.

Dr. Ing. Benites Alfaro, Elmer Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

Tratamiento y Gestión de los residuos

Lima – Perú

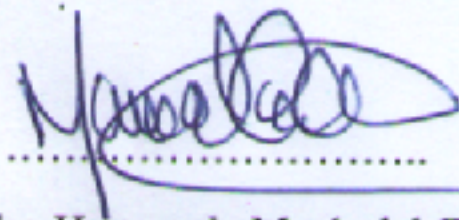
Año 2018

PÁGINA DEL JURADO



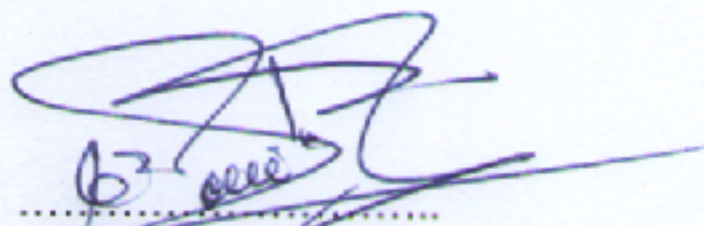
Mg. Suarez Alvites Haydeé

PRESIDENTE



Mg. Aylas Humareda María del Carmen

SECRETARIA



Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza en cada paso que doy, por acariciar mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres por ser el pilar fundamental de mi vida, por enseñarme los valores fundamentales y sostenerme en momentos difíciles.

A mi tutor Elmer Benites Alfaro por orientarme y confiar en mi persona para lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por empoderarme de los conocimientos tecnológicos y científicos para ser un buen profesional.

A mi familia por ser parte fundamental de mi vida y el apoyo emocional.

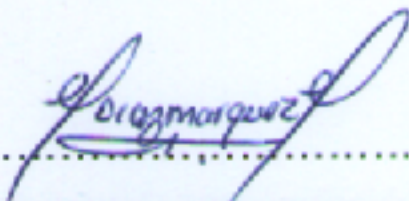
Al Ingeniero Máximo Victor Soto Pardo por ser un líder a seguir en todo el sentido académico y profesional.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **Paul Takeshi Díaz Márquez** con DNI N° **75716467** a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de julio del 2018



.....

Paul Takeshi Díaz Márquez

DNI: 75716467

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Mezcla de biomasas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima, 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El autor

Paul Takeshi Díaz Márquez

RESUMEN

La investigación consistió en elaborar briquetas de biomasa y el objetivo fue mejorar sus propiedades energéticas con aglutinantes. La biomasa de elaboración usada fue cáscaras de cacao, café y trigo adicionándose dos aglutinantes orgánicos melaza y cascara de papa. La metodología consistió en realizar 6 tratamientos para muestras independientes con diferentes granulometrías obteniéndose las proporciones óptimas en la elaboración de las briquetas con las mejores características energéticas. La briqueta óptima en su elaboración fue a 2 toneladas de compactación no así a 3 toneladas que pierde materia prima. En la elaboración de las briquetas la proporción óptima de biomasa y aglutinantes fue: para la briqueta de cacao la proporción fue 53% en peso de cascarilla de cacao a malla -2mm y 47% de aglutinantes (melaza y cascara de papa), obteniéndose un valor de poder calórico de 9909.59 Kcal/Kg; en el caso de briquetas de café, el óptimo de proporción fue de 71% en peso de cascarilla de café a malla -1mm, con 29% en peso de aglutinantes (melaza y cascara de papa), y con un poder calórico de 9912.81 Kcal/Kg. Finalmente para la briqueta de trigo, la proporción óptima resultó ser el 26% en peso de cascarilla de trigo a malla +2mm con el 74% de aglutinantes (melaza y cascara de papa) y dando un poder calórico de 9928.11 Kcal/Kg. Se concluye que el uso de biomasa con aglutinantes naturales es una alternativa ecológica para la obtención de briquetas con buenas características de poder calórico. El uso de estas briquetas tiene un alcance social por ser económicamente de bajo costo debido a la materia prima de su elaboración. Permite además aprovechar los residuos de las industrias de café, cacao y cultivo de trigo que generalmente son descartados.

ABSTRACT

The research consisted of producing biomass briquettes and the aim was to improve their energy properties with binders. The production biomass used was cocoa, coffee and wheat shells, adding two organic binders' molasses and potato husk. The methodology consisted in carrying out 06 treatments for independent samples with different particle sizes obtaining the optimum proportions in the elaboration of the briquettes with the best energetic characteristics. The best briquette in its elaboration was to 2 tons of compaction not thus to 3 tons that loses raw material.

In the elaboration of briquettes the optimal proportion of biomass and binders was for the briquette of Cocoa the composition was 53% by weight of cocoa husks to mesh-2mm and 47% of binders (molasses and potato peel), obtaining a calorific value of 9909.59 Kcal/Kg. In the case of coffee briquettes, the optimum composition was 71% by weight of coffee husk to mesh-1mm, with 29% by weight of binder (molasses and potato peel), and with a caloric power of 9912.81 Kcal/Kg. Finally, for the wheat briquette, the optimum composition proved to be 26% by weight of wheat husk with mesh 2mm with 74% of binder (molasses and potato peel) and giving a calorific value of 9928.11 Kcal/Kg. It is concluded that the use of biomass with natural binders is an ecological alternative for obtaining briquettes with good calorific value characteristics. The use of these briquettes has a social scope for being economically low cost due to the raw material of its elaboration. It also allows to take advantage of the waste from the coffee, cocoa and wheat cultivation industries that are generally discarded.

INDICE	
PÁGINA DEL JURADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática	8
1.2. Trabajos previos	9
1.3. Teorías relacionadas al tema	13
1.3.1. Briquetas	13
1.3.2. Biomosas, definición y clasificación	14
1.3.2.1. Biomosas de estudio	15
1.3.2.1.1. Cascarilla de café	15
1.3.2.1.2. Cascarilla de trigo	16
1.3.2.1.3. Cascarilla de cacao	17
1.3.3. Aglutinante	19
1.3.3.1. Melaza	19
1.3.4. Controles energéticos en biomosas	19
1.3.4.1. Determinación de la humedad	19
1.3.4.2. Determinación del % carbón fijo	19
1.3.4.3. Determinación del % cenizas	19
1.3.4.4. Poder calorífico de la biomasa	20
1.4. Formulación del problema	20
1.4.1. Problema General	20
1.4.2. Problema Específico	21
1.5. Justificación del estudio	21
1.5.1. Justificación Ambiental	21
1.5.2. Justificación Social	21
1.5.3. Justificación Técnica	22
1.5.4. Justificación Económica	22
1.6. Hipótesis	22
1.6.1. Hipótesis General	22

1.6.2.	Hipótesis Específica	22
1.7.	Objetivos.....	23
1.7.1.	Objetivo General.....	23
1.7.2.	Objetivo Especifico	23
II.	MÉTODO	24
2.1.	Diseño de Investigación	24
2.1.1.	Tipo de investigación.....	34
2.1.2.	Enfoque de investigación	35
2.2.	Variables, Operacionalización	35
2.2.1.	Variables	35
2.2.2.	Operacionalización de variables	35
2.3.	Población y muestra.....	35
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	37
2.5.	Método de análisis de datos.....	37
2.6.	Aspectos éticos	38
III.	RESULTADOS	41
IV.	DISCUSIÓN.....	56
V.	CONCLUSIÓN.....	58
VI.	RECOMENDACION.....	59
VII.	REFERENCIAS	60
	ANEXOS	64
	ANEXO N°1: Matriz de consistencia.....	64
	ANEXO N°2: Instrumentos de recolección de datos científicos	64
	ANEXO N°3: Cuadernillo de recolección de análisis	64
	ANEXO N°4: Constancia de análisis del laboratorio	64

I. INTRODUCCIÓN

Como se sabe, el carbón mineral es la mayor fuente de energía para la generación de electricidad en todo el mundo. Más del 46% de la electricidad mundial se produce a partir de carbón mineral. El carbón mineral es también una de las mayores fuentes de dióxido de carbono (CO₂) en el mundo. En el año 2013, las emisiones de CO₂ procedentes de la industria del carbón aumentaron en un 3.4% y la tendencia muestra que la matriz energética global está cambiando significativamente, sustituyendo parcialmente el petróleo y gas natural por el carbón mineral en las próximas décadas.

A su vez, la urgente necesidad de reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), en incremento en todo el mundo; principalmente en los países altamente industrializados; ha llevado a que las principales instancias fiscalizadoras, gubernamentales o no, en el mundo, hayan comenzado a investigar una cantidad sustancial de biomasa y por consiguiente elaborar estrategias que conlleven a incentivar su uso en la producción de energía eléctrica.

La biomasa procedente de carbón vegetal, hoy por hoy se constituye en una fuente de energía renovable amigable con el medio ambiente, porque no contiene azufre y por lo tanto, el proceso de co-combustión de ésta produce una reducción significativa de emisiones de óxidos de azufre (SO₂), nitrógeno (NO₂) y dióxido de carbono fósil (CO₂) por unidad de la energía producida en comparación con el uso de carbón mineral. Sin embargo, la co-combustión de la biomasa puede tener un papel muy influyente en el logro de este nuevo objetivo energético, ya que puede reducir los posibles impactos ambientales asociados con la combustión de combustibles fósiles. Por lo tanto, sólo la conversión de la biomasa a biocombustible ha tornado a la biomasa, la energía renovable más promisoría, sin embargo, los procesos de conversión suelen ser costosos y difíciles de escalar para garantizar su viabilidad comercial.

De acuerdo con Roni M. S. *et al* (2017), la Unión Europea (UE) se ha comprometido a reducir sus emisiones de GEI hasta el 20% en 2020 (año

base 1990) y una reducción adicional de 80 a 95% en 2050. Además, las energías renovables representarán un 20% del consumo final de energía en 2020, y una gran cantidad de parte de ella para el año 2050, según se indica en el mapa de reducción de al menos el 60% de los GEI en 2050 con respecto a 1990, mientras que para el año 2030 la meta para el transporte será reducir las emisiones de GEI a alrededor del 20% por debajo de su nivel alcanzado en 2008. Por ejemplo, el Reino Unido se esfuerza por reducir las emisiones de GEI y el aumento de la producción de energía renovable, tornándose las inversiones en carbono / energía renovable, en un elemento primordial. Como resultado, se propusieron una serie de medidas como: incentivo de energía renovable, las obligaciones renovables, reducción de aranceles tributarios y contrato por diferencia, que han incentivado la adopción de una variada y ambiciosa producción de proyectos de energía renovable además con una inversión de capital bajo y un subsidio gubernamental, todas las principales plantas de carbón en el Reino Unido adoptaron el proceso de co-combustión o co-incineración.

Países asiáticos como Japón, China y Corea del Sur, han adoptado ya tecnologías de co-combustión para la producción de biomasa y también se ha observado que han aumentado, los inversionistas cada vez más interesados en procesos de co-combustión de biomasa para la producción de energía. Estas tres naciones tienen ciertas políticas y leyes hechas a medida, por la que obligan a la conversión de la biomasa en fuentes de energía eléctrica. Uno de sus insumos, son los pellets de madera co-incinerados con carbón que son considerados la principal fuente de producción de electricidad en estas regiones; sin embargo, todavía gran parte de los pellets de madera se quedan sin usar en la co-combustión de biomasa. Malasia, China, Brasil, Tailandia e India son pocos de los países emergentes que utilizan cada vez más la energía de la biomasa y otros recursos renovables para ampliar el suministro de electricidad para la creciente demanda energética de las próximas dos décadas. Otros países asiáticos como Indonesia, Tailandia y Taiwán usan cortezas de plantas, virutas de madera, turba, aceite vegetal y lodos para la cocción directa de

estos recursos con carbón en varias plantas eléctricas e industriales (Roni M. S. *et al*, 2017).

De acuerdo a la Administración de Información sobre Energía de Estados Unidos, el 39% del total la electricidad se genera utilizando carbón mineral, mientras que la biomasa contribuye en un 1.7%. En este sentido, la co-combustión de biomasa tiene un gran potencial para disminuir la emisión de GEI. Hasta ahora, la política energética de la biomasa ha sido impulsada mediante la producción de etanol, el cual se puede utilizarse como combustible de transporte. Sin embargo, una serie de estados con *Renewable Portfolio Standards (RPS)* incluyen biomasa como insumos en un pequeño porcentaje basándose en disposiciones normativas específicas que promueven la utilización de biomasa en la producción de electricidad. Además de reglamentos vinculantes, 225 programas de incentivos biomasa en el sector industrial; aunque ninguno de ellos es específico para este recurso; todas las plantas de co-combustión de biomasa en Estados Unidos utilizan co-fuego directo, en la forma de combustibles de carbón pulverizado (flama tangencialmente dirigida a una caldera de pared). Casi el 50% de las plantas en los Estados Unidos utilizan productos de madera como fuente principal de materia prima para producir biomasa en co-combustión con el carbón mineral. Otra fuente importante de biomasa en Estados Unidos para la co-combustión son los troncos o lazos de ferrocarril. Los especialistas en co-combustión más connotados en Estados Unidos suministran adecuadas mezclas de biomasa, con costos competitivos comparados con los combustibles fósiles, cuidando de que el costo de transporte de la biomasa sea mínimo, usando la materia prima de sitios de suministro cercanos a los puntos de destino. Actualmente, 40 de 560 centrales de carbón o termoeléctricas en Estados Unidos están utilizando tecnologías de co-combustión de biomasa y se espera que este número aumente en los próximos años (Roni M. S. *et al*, 2017).

En el caso del Canadá, el gobierno de este país establece el objetivo de reducir el 29% de GEI procedentes de las emisiones del sector de la electricidad para el 2020. Actualmente, Canadá tiene 21 centrales de carbón

con 53 unidades en funcionamiento. Más de 60% de estas unidades llegarán al final de su vida útil, fijado en 45 años en operación, para el 2025. Los especialistas sugieren que la utilización de biomasa en las centrales generadoras de carbón, podrían mitigar la emisión de GEI producidos en la producción de la electricidad a base de carbón, en el corto plazo (Roni M. S. *et al*, 2017).

Canadá es uno de los líderes mundiales en producción de *pellets*, manifestando que su utilización en co-combustión de biomasa contribuiría mucho a generar electricidad, así como a reducir las emisiones de GEI. También se señala que retrasar la aplicación de esta práctica puede tener consecuencias muy devastadoras en este país. La mayoría de las plantas de co-combustión de biomasa en Canadá son de tipo directo. Se generaron un total de 2500 MW de energía utilizando biomasa por co-combustión en Canadá donde la mayoría de ellos fueron producidos a partir de caldera de carbón pulverizado. La combustión de biomasa se concentra en la región de Ontario y son operados por *Ontario Power Generation (OPG)*. Sin embargo, la OPG ya cerró todas esas plantas en el 2015 y en estos momentos otros estados están siendo obligados a invertir en co-combustión de biomasa. La opción de biomasa en Canadá incluye productos agrícolas, productos de silvicultura, residuos domésticos y municipales, así como, cultivos energéticos, sin embargo, las industrias eléctricas de Estados Unidos y Canadá están altamente integradas, porque además, de tener suficiente disponibilidad de biomasa, los problemas de transporte económico y de almacenamiento deben ser asegurados por el uso masivo de la co-combustión de biomasa en estos países avanzados (Roni M. S. *et al*, 2017).

En el caso sudamericano, específicamente Brasil, los autores coinciden en que la política existente en ese país opera en gran parte a través del establecimiento de las cuotas de mezcla de etanol que son obligatorias por ejemplo: en la gasolina existe entre 20 a 25% de etanol anhidro. La política de este país exige a todas las gasolineras a vender “gasohol” (E25) y etanol puro (E100). Además existe una serie de políticas de apoyo, como: requisito de distribución minorista, menor crédito para

almacenar las preferencias fiscales, que han acompañado también esta política. El etanol y el biodiesel, son los principales productos de Brasil, sometidos a una disposición de un mínimo del 5% combinado con diesel (B5). Ninguna planta de combustión fue operada en Brasil hasta 2009. El Complejo Termoeléctrico Jorge Lacerda, es una central de carbón ubicada en Capivari de Baixo, Santa Catarina, el cual fue el primero en co-incinerar carbón con paja de arroz. La capacidad de la planta era de 50 MW y el plan era co-combustionar 30% de carbón con la biomasa (Roni M. S. *et al*, 2017).

De acuerdo a Ministerio de Minas y Energía (MME), en 2007 un total de 5 153 000 TM de carbón se utilizaron para generar electricidad en Brasil. El carbón es la fuente principal para generar energía en Brasil. Brasil produce una gran cantidad de cultivos anuales que dan como resultado residuos como soya, maíz, arroz, mandioca, trigo, algodón, frijoles y caña de azúcar. Estas biomásas contienen muy bajo porcentaje de cenizas; por lo tanto, puede producir una buena cantidad de carbón fijo. El carbón brasileño con biomasa reduce el impacto del contenido de cenizas problemas experimentados en procesos típicos de combustión. Brasil es uno de los países más ricos del mundo en la producción de residuos agrícolas. El Ministerio de Minas y Energía, comparó el potencial energético entre los residuos agrícolas y el carbón, e identificó que el potencial energético de los residuos agrícolas es equivalente a 197 210 301 TM, lo que representa 38.3 veces la cantidad de carbón utilizado para generar electricidad en Brasil. A pesar de este enorme potencial, las principales regiones productoras de residuos agrícolas de Brasil están lejos de las centrales eléctricas de carbón existentes; por lo tanto, hacen económicamente imposible introducir co-combustión en plantas de carbón. Una posible solución para superar este desafío es construir plantas de energía dedicadas únicamente a la co-combustión de biomasa en las regiones con ricos residuos agrícolas, sin embargo, el gobierno necesita idear un plan robusto para hacer frente a la estacionalidad de la materia prima y la incertidumbre que genera el tema en las discusiones de los foros especializados (Roni M. S. *et al*, 2017).

En el caso de otros países sudamericanos, por ejemplo en Argentina, la biomasa aporta aproximadamente el 6% del consumo total de energía eléctrica de su población e industrias. Los sectores industrial y agrícola son que utilizan la mayor parte de la biomasa en Argentina. Leña y bagazo se utilizan en la producción de carbón vegetal y posteriormente gas de síntesis. Sin embargo, hasta el 2006, la producción de electricidad a partir de co-combustión de biomasa no se implementaba a pesar de las condiciones favorables en Argentina. En el 2012, el Ministerio de Planificación Federal de Agricultura Argentina inició un plan estratégico para aumentar la proporción de biomasa en la mezcla energética de Argentina a 10% entre los años 2013 y 2016. Este nuevo programa titulado "PROBIOMASA", dirigido por la "United Nations Food" Organización de las Naciones Unidas para la agricultura, focalizó la transformación de la biomasa forestal, estiércol y residuos de cultivos en biogás y otros tipos de bioenergías. El proyecto pretendía convertir 12 millones de toneladas de biomasa anualmente y durante todo el proceso ahorraría aproximadamente mil millones de pesos argentinos (aproximadamente \$ 2 mil millones USD).

En el caso chileno, durante 2015 la demanda de electricidad estuvo cubierta principalmente por plantas de carbón, gas natural o derivados del petróleo (58.5%) y centrales hidroeléctricas convencionales (17.8%). *Non-Conventional Renewable Energy* - NCRE cubrió el restante 23.7% de la demanda anual, de la que el 15.4% corresponde a las centrales hidroeléctricas del NCRE. La energía bruta nacional generación de energía en los sistemas interconectados nacionales, Sistema Interconectado (SING), Sistema Interconectado Central (SIC), Magallanes, Aysén y Los Lagos, por NCRE en 2015 ascendió a 16.962,11 GWh. Siendo que la energía proveniente de las biomasa alcanzados a través del SIC alcanzó 2389.88 GWh . Hoy en día, Chile tiene la necesidad de introducir cambios, ya sea mediante la aprobación de nuevos proyectos energéticos o mediante las regulaciones y subvenciones, con el fin de promover las energías y disminuir la dependencia del país de los combustibles fósiles (Rodríguez-Monroy, 2017).

La energía de la biomasa (por ejemplo, leña, estiércol, carbón y silvicultura) contribuyeron casi en un tercio del consumo nacional total de energía en Bolivia, siendo que principalmente en áreas rurales, estas biomásas están en la forma de leña (aproximadamente 960.000 t por año) y estiércol (aproximadamente 260.000 t por año). La biomasa representaba aproximadamente el 90% de la consumo de energía en Bolivia. Sin embargo, todavía existe una gran cantidad de biomasa no utilizada que puede ser usada para la demanda energética de Bolivia (Roni M. S. *et al*, 2017).

En el contexto nacional, la biomasa sólida aportaba entre el 10 y el 12% del consumo total de energía en el Perú. La biomasa más comúnmente utilizada en Perú incluye bagazo, cáscara de arroz, paja de grano, desechos forestales y restos de ganado vacuno, aves de corral y crianza de cerdos. De enero de 2012 a septiembre de 2012, 114,9 GWh de electricidad fueron producidos por biogás, casi dos veces comparado con la producción en el mismo período de 2011. El total la disponibilidad de biomasa es de aproximadamente 272 millones de toneladas, cifra considerada suficiente para iniciar planes y programas de co-combustión en el Perú. Sin embargo, aún no hay plantas de co-combustión de biomasa operando en el Perú (Roni M. S. *et al*, 2017).

Adicionalmente, Assureira E. & Assureira M. (2013), aseveran que en el Perú, los residuos agrícolas y forestales son recursos que actualmente no son explotados comercialmente a pesar de que presentan un gran potencial no contabilizado como fuente de energía primaria comercial en el Balance Nacional de Energía. Asimismo los autores señalan que las acciones a nivel público y privado deben estar orientados a promover el desarrollo de la bioenergía requeridas para mejorar la capacidad del país en el conocimiento de aspectos relacionados con la oferta, proporción y las tecnologías de aprovechamiento que actualmente existe sobre la biomasa con fines energéticos.

1.1. Realidad Problemática

Como se sabe, los proyectos de Gestión del Desarrollo Limpio de países desarrollados apoyaron el desarrollo de cientos de plantas de pequeño y mediano tamaño (superior a 35 MW), usando fuentes de energía basadas en la biomasa (utilizando residuos agrícolas como principal fuente de biomasa). La mayoría de estos proyectos están ubicados en Asia con más del 70%, América Latina y África.

La co-combustión de biomasa y carbón en América del Sur; a pesar de ser posesionario de abundantes recursos renovables como la biomasa; no es una prioridad en comparación con países europeos, sin embargo, la oportunidad de co-incinerar la biomasa en esta región sería altamente prometedora.

En nuestro medio el aprovechamiento de las biomásas residuales vía el proceso de co-combustión de estos insumos, se ha convertido en un que hacer que está siendo innecesariamente postergado por la decisión política de nuestros gobernantes, a pesar de ser ampliamente conocido nuestro compromiso de generar bonos de carbono a través de proyectos sostenibles en el tiempo y el espacio.

En el Perú, desde agosto del 2015 hasta julio del 2016 tenía una superficie sembrada de cereales a nivel nacional de 1'303,314 hectáreas; los cuales el cultivo de trigo tenía una extensión de 127, 492 hectáreas. **(SIEA, 2016)**

Para los cultivos estimulantes de especias y aromáticos (café, té, cacao, paprika seco, albahaca) tenían una extensión de 517, 446 hectáreas a nivel nacional, los cuales el café tenía una extensión de 383, 973 hectáreas y el cacao una extensión de 125, 580 hectáreas a nivel nacional para el año 2016. **(SIEA, 2016)**

Por otro lado, la distribución del área cosechada por los diferentes grupos de productos para el año 2016, representaban para los cereales (29%); productos de forraje, fibras, plantas vivas, flores (19%); cultivos estimulantes de especias y aromáticos (13%), raíces y tubérculos

comestibles (12%), frutas y nueces (11%), hortalizas (6%), legumbres (5%), cultivos de azúcar (3%) y las semillas aceiteras y frutos oleaginosos (2%). **(SIEA, 2016)**

El trigo tenía una extensión de 1 239,1 hectáreas cosechadas con una producción de 191,1 mil toneladas, el café tenía una extensión de 384,0 mil hectáreas cosechadas con una producción de 277,8 mil toneladas y el cacao una extensión de 125,6 mil hectáreas cosechadas con una producción de 107,9 mil toneladas a nivel nacional para el año 2016. **(SIEA, 2016)**

Esto representa una gran cantidad de residuos biomásico que quedan dispersos luego de la cosecha o producción de los productos agrícolas. Las cuales están dispersos generando acumulación de miles de toneladas de residuos y posibles impactos negativos al ambiente.

La propuesta de realizar mezclas de diferentes biomásas y aglutinantes surge como alternativa de aprovechar las biomásas disponibles y de esta manera diversificar la actual matriz energética nacional no convencional, mediante pruebas a nivel laboratorio que permitirán a corto plazo su escalamiento a nivel piloto e industrial. Por lo tanto, el presente trabajo investigará el uso de diferentes biomásas como la cascarilla de café, cascarilla de trigo y cascarilla de cacao mezcladas con aglutinantes como la melaza y la cascara de papa, para la elaboración de briquetas con mejores propiedades energéticas como potenciales fuentes de energía alternativa, usando un método factorial que permitirá evaluar las variables más influyentes en la variable dependiente “Poder calorífico”.

1.2. Trabajos previos

VALDERRAMA, ET. AL., (2007), elaboraron briquetas de los residuos domiciliarios obtenidos de un sector del distrito de San Martín de Porres, la generación de residuos era de 0.634 Kg. /hab. día; los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) representaban el 62.5% de estos residuos. La biomasa obtenida fueron secados al aire libre y mezclados con aglutinantes como: aserrín, cal, arcilla; para la mezcla se empleó agua y estiércol de cuy. Los autores fabricaron tres tipos de briquetas cilíndricas con un volumen de

446 cm³, teniendo como materia prima a los RSO con 70% en masa, las cuales fueron perforadas axialmente con 5 agujeros de 7.9 mm. para facilitar su secado y combustión; la relación entre átomo de hidrogeno con los átomos de carbono (H/C) es de 0.16 superior al petróleo diésel (0.14), la humedad relativa fue de 89-91%, la densidad de las briquetas tipo 1 fue un 10% mayor de la briketa tipo 2 y esta a su vez es mayor en 6% a la briketa tipo 3, debido a la presencia en su proporción de 10%, 5% y 0% de aserrín respectivamente, el poder calorífico inferior de las briquetas tipo 1, tipo2 y tipo3 fue de 13,826 KJ/Kg, 13,029 KJ/Kg y 10,725 KJ/Kg, esta variación se debe a que la cal y la arcilla logran disminuir el poder calorífico de las briquetas y lo hacen gradualmente de acuerdo al porcentaje en peso en su proporción, el punto de inflación de las briquetas fluctúan entre 86-90 °C, resultando las briquetas tipo 1 de 8%, tipo 2 de 13% y tipo 3 de 20% de cenizas, debido a que poseían 0% arcilla o cal, 5% de cal y 10% de arcilla respectivamente. Ellos también señalaron que la combustión de las briquetas en temperaturas medias superficiales alcanzó valores de 250 a 400 °C y se determinó un tiempo de hervido de 500 cm³ de agua, entre 30 y 45 minutos.

ASSUREIRA E., & ASSUREIRA M., (2011), usaron tres tipos de biomosas: cascarilla de café, cascarilla de cebada y virutas de madera para transformarlos en biocombustibles solidos mediante el proceso de torrefacción y concluyeron que la incorporación del proceso de torrefacción en la transformación de los residuos cascarilla de café, cebada y viruta de madera, en biocombustibles sólidos, ha permitido lograr una reducción de la cantidad de volátiles en el material de origen. Las briquetas elaboradas a partir de estos residuos poseen valores inferiores de este componente en 27.4%, 28.5% y 33.4% lo cual, se traduce en reducidas emisiones durante la combustión de los productos densificados. Por otro lado, el contenido de carbono fijo ha aumentado en 2.7 veces su valor original para el caso de la viruta de madera.

La aplicación de los procesos de torrefacción y densificación a los residuos de cascarilla de café, cebada y viruta de madera ha permitido lograr

desarrollar briquetas con poderes caloríficos de 5409 Kcal/kg, 5389 Kcal/kg, y 5618 Kcal/kg, obtenidos en el análisis inmediato de residuos biomásico, valores que resultan ser superior a los registrados por los productos de origen.

Las densidades finales de las briquetas fabricadas, los mejores resultados se presentaron con las briquetas de cascarilla de café con 782.4 Kg/m³, seguida de las de viruta de madera con 721.24 Kg/m³ y las de afrecho de cebada con 687.24 Kg/m³.

ÁLVAREZ C. ET. AL, (2007), usaron como biomasa la paja de la caña y aglutinantes como: melaza, miel fina, cachaza y arcilla para formar mezclas para determinar la proporción más adecuada para la briqueta de carbón de paja de caña que tiene 70% de biomasa, 10% de biomasa, 10% de miel fina y 20% de agua (1/1), con una presión de 17MPa y un diámetro de la briqueta de 27 mm.

DICOVSKIY, ET. AL, (2014), utilizaron como biomasa la cascarilla de café para formar briquetas con un 25% más de capacidad energética comparada con la leña de ripio de pino. Adicionalmente, las briquetas elaboradas con cascarilla de café generaron poca ceniza y gran liberación de calor comparado con la leña de ripio de pino y la cascarilla de café.

LOPEZ, ET. AL, (2015), obtuvieron briquetas que emitieron menos emisiones de gases contaminantes al ambiente que la leña, siendo que la eficiencia térmica de esta briqueta alcanzó un 92% en tres de las briquetas analizadas y la leña obtuvo una eficiencia entre 45% y 63%. A su vez, la fabricación de las briquetas resultó exitosa porque presentó una excelente compactación, con las siguientes concentraciones: Granza, Aserrín fino, papel, con 50, 25 y 12.5% respectivamente, la flor de pino es la mejor opción debido a que emite menores cantidades de monóxido de carbono (CO) con una eficiencia térmica del 92% puesto que su consumo específico es de solo 143 gramos por litro de agua.

RODRIGUES, et al (2017), elaboraron briquetas de tres composiciones de glicerina (10,15, 20 %) tres composiciones de almidón de

maíz como aglutinante de (5,10 y 15%) y dos presiones de compactación de 283 y 425 Kg/cm². Las briquetas fueron confeccionadas en una prensa hidráulica usando un molde de 67 mm de diámetro. La calidad de las briquetas fue evaluada mediante pruebas de resistencia al impacto, contenido de cenizas y poder calórico. En relación a la resistencia al impacto en diferentes composiciones, las briquetas confeccionadas fueron capaces de soportar hasta tres caídas. En relación al contenido de cenizas, las briquetas con proporción de 65% de carbón, 20% de glicerina y 15% de aglutinante presentaron los mejores resultados. Para el caso del poder calórico los mejores resultados fueron las briquetas de 70% carbón, 20% de glicerina y 10% de aglutinante. Entre estos dos resultados, este último fue considerado la mejor biqueta por tener valores similares de contenido de ceniza y mayor poder calórico.

DE RAMOS, et al (2011), elaboraron y evaluaron briquetas de residuos de biomasa vegetal, probando diferentes tiempos y temperaturas de briquetaje. El material que utilizaron fueron residuos del procesamiento de la madera; pergamino del grano y tallo del café; caolín y la vaina del frijol de la soja; cáscara de arroz; hoja, tallo y paja de maíz; paja y bagazo de caña de azúcar. El briquetaje se realizó a una presión de 150 Bar. Se probaron diferentes tiempos de briquetado para el aserrín de la madera y diferentes temperaturas para la cáscara del arroz y el pergamino de café. En la evaluación de la calidad de las briquetas, se determinó la densidad relativa aparente, la resistencia a la compresión y el índice de combustión. Los resultados indicaron que el tiempo y la temperatura de briquetas interfirieron en la resistencia mecánica de las briquetas. El mejor tiempo de prensado fue de 8 minutos y la temperatura de 125 °C. Las briquetas de la cascara de arroz presentaron mayor densidad y alta resistencia mecánica. El índice de combustión más alto se encontró para las briquetas de la vaina del frijol de soja.

PEREZ, M. (2017), elaboró briquetas a partir de la cáscara de cacao y como aglutinante la colofonia para ser utilizada como biocombustible. Para la fabricación de cada tipo de biqueta se obtuvieron diferentes tipos de

formulaciones (70,80 y 90%) con diferentes tipos de morfologías (Pini Kay, Nestro y Pini Kay con tres agujeros en el centro), y fuerza de compactación de (2.5, 5 y 7.5 toneladas). Los resultados en cuanto a la morfología tipo Pini Kay y Pini Kay de tres agujeros en el centro, no se obtuvo ningún resultado fisicoquímico debido a que la cascara de cacao y la colofonia no son una buena mezcla de aglutinante-aglutinado, debido a que presenta desmoronamiento y mala forma de compactación al molde. Por otro lado, las briquetas que se fabricaron con morfología del tipo Nestro, a diferentes formulaciones y fuerzas de compactación, presentan poca diferencia significativa en cada prueba fisicoquímica; el tipo de formulación y fuerza de compactación que se aplique siempre tendrá un poder calórico entre 17,961 kJ/kg y 23,632 kJ/Kg.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Briquetas

Para **NOGUES, (2010, p. 289)**, las briquetas se caracterizan desde un punto de vista físico y químico. Con respecto a las briquetas desde el punto de vista físico se consideran los parámetros tales como la densidad individual y resistencia a la abrasión. Así pues, la densidad de la briqueta como su resistencia a la abrasión, son parámetros que influyen en costes de transporte, manipulación del combustible e influencia sobre la combustión.

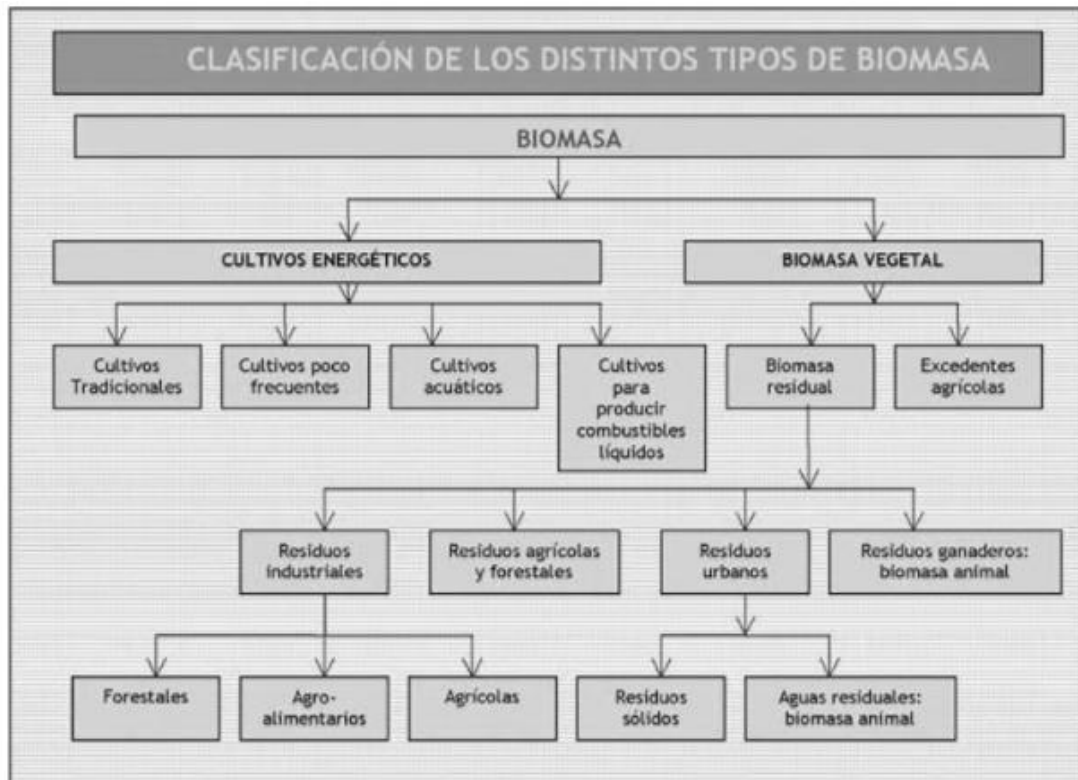
Por otro lado, en cuanto a su enfoque químico, se consideran los parámetros tales como humedad, contenido de cenizas, su proporción y su poder calórico. Es conveniente que las briquetas posean un porcentaje de humedad bajo para evitar la existencia de actividad biológica. El poder calórico determina la capacidad del biocombustible para generar calor durante la combustión. Por último el contenido de ceniza y su proporción, determinan las emisiones y tipo de cenizas que se obtendrán en el proceso de combustión.

1.3.2. Biomosas, definición y clasificación

Según **BURGOS Y OPORTO**, (2010, p.10), la biomasa es cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato en un proceso biológico, de origen vegetal o animal. Además se le señala como una fuente de energía renovable ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Esta energía se libera al romper los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión. Las biomosas también se pueden clasificar por su origen y por su naturaleza.

En función de su origen la biomasa se puede clasificar en primaria, considerándose dentro de esta categoría los seres fotosintéticos; secundaria, considerándose los seres heterótrofos; y por último terciaria, considerándose los seres carnívoros.

Por otro lado, por su naturaleza tenemos a la biomasa natural, la biomasa residual y los cultivos energéticos. La primera se caracteriza a aquellas que se producen en los ecosistemas naturales sin la intervención humana ya se en bosques, matorrales y herbazales. La segunda se caracteriza por aquellos residuos o subproductos orgánicos que se producen de forma antrópica como los residuos agrícolas y la industria agraria, residuos urbanos, residuos silvícolas y residuos ganaderos. Con respecto a la última clasificación estos son cultivos de crecimiento rápido con la finalidad de producir biomasa y transfórmalos en biocombustibles. Como lo menciona **(DELGADO, 2008, p. 34)**, los cultivos energéticos se realizan con el objetivo de aprovechar la energía que contienen, debido a las grandes cantidades de materia vida que se produce por unidad de tiempo.



Fuente: (DELGADO, 2008)

Figura 1: clasificación de los distintos tipos de biomasa

1.3.2.1. Biomosas de estudio

1.3.2.1.1. Cascarilla de café

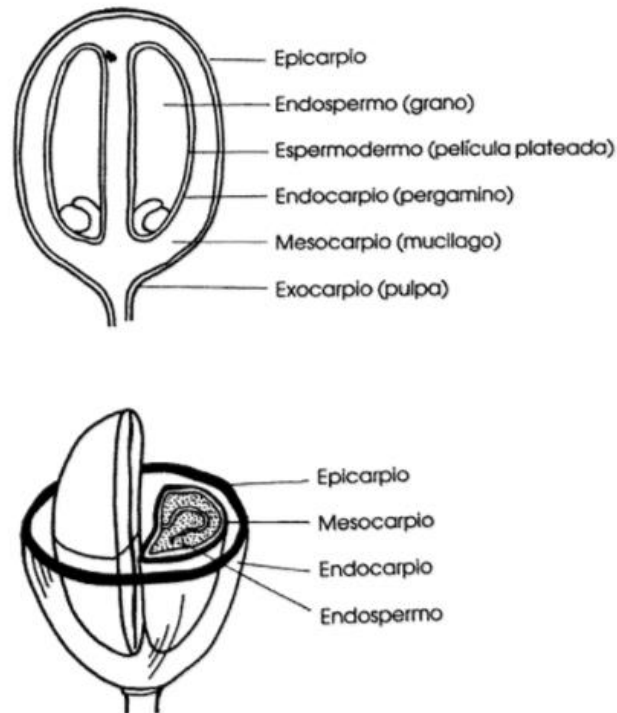
Para GÓMEZ, (2010, p. 12), el fruto de cafeto es una drupa poliesperma. Es carnoso, de color verde al principio, pero al madurar rojo o púrpura, raramente amarillo, llamado cereza de café, es de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada.

Las partes del fruto del café están conformado por el embrión, endospermo, espermoderma, endocarpio, mesocarpio y epicarpio.

El epicarpio es la cascara o pulpa de color rojo o amarillo cuando alcanza la madurez la cual envuelve al fruto.

Por otro lado, el endocarpio es la cascarilla, cubierta corácea de color crema o marrón que envuelve a la semilla.

El pergamino de café o cascarilla es la parte que envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginosa y representa alrededor de 12% del grano. La cascarilla constituye una excelente fuente de celulosa, lignina, pentosanos, sílice y cenizas.



Fuente: (ALVARADO, 1994)

Figura 2: Estructura del fruto del café

1.3.2.1.2. Cascarilla de trigo

Según OSPINA, (2001, p. 22-23), el trigo es el cereal de mayor consumo en el mundo. El grano posee una forma ovoide, redondeados en los extremos. Las capas externas se eliminan durante el proceso de molienda.

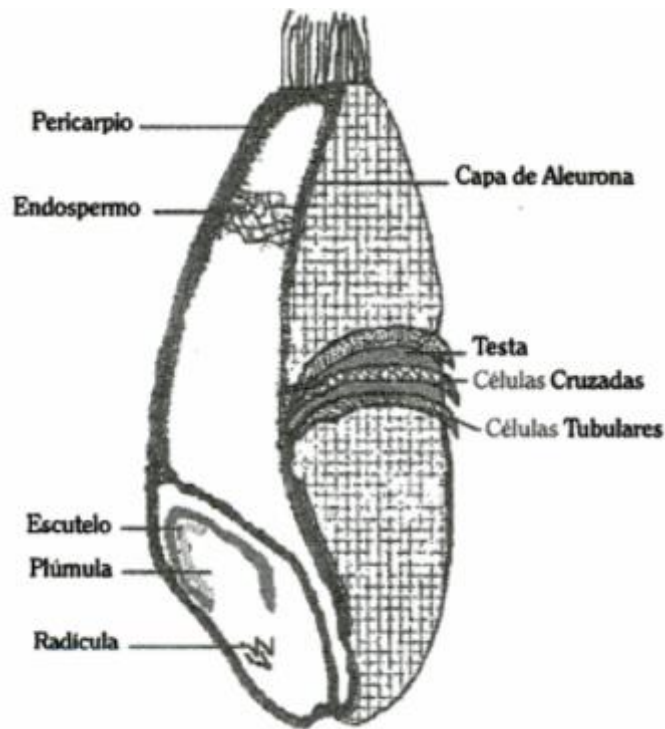
El grano de trigo está conformado por el pericarpio, la capa que recubre la semilla, el endospermo y el embrión.

El pericarpio recubre el grano la cual posee un alto porcentaje de celulosa.

La testa es la capa que envuelve a la semilla la cual se elimina durante el proceso de molienda.

El endospermo es el mayor porcentaje en peso del grano con el 80% recubierto de aleurona, rica en proteínas, grasas y cenizas.

Por último el embrión es rica en proteínas, grasas, vitaminas y minerales del grano.



Fuente: (OSPINA, 2001)

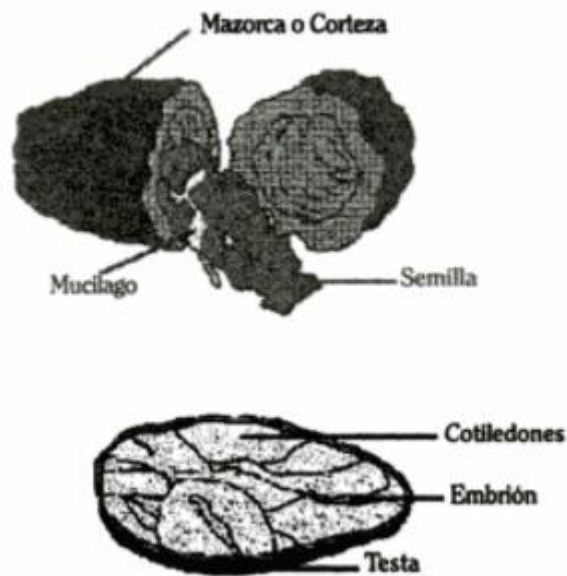
Figura 3: Estructura del grano de trigo

1.3.2.1.3. Cascarilla de cacao

De acuerdo a **REYES Y CAPROLES**, (2000, p. 50), Las semillas del cacao están cubiertas por una pulpa mucilaginosa que le sigue en su interior una envoltura delgada pero resistente, de color rosado, denominada cascarilla, que proviene del desarrollo de los tegumentos del ovulo. Los cotiledones ocupan todo el interior del tegumento.

Para **OSPINA**, (2011, p. 27), las semillas de cacao poseen un contenido de humedad del 50%. Luego de beneficiado el fruto y

secas las semillas, contienen 6% de humedad, 12% de proteínas, 42-45% de grasa y 4% de fibra.



Fuente: (OSPINA, 2001)

Figura 4: Estructura del grano del cacao

Para **GIL**, (2010, p. 357), de las cascarillas de cacao la industria extrae sustancias valiosas para diversos usos como: teobromina, carbón activo, etc.



Fuente: (GIL, 2010)

Figura 5: Aspecto de las semillas del cacao

1.3.3. Aglutinante

1.3.3.1. Melaza

La melaza es un producto derivado de la caña de azúcar, posee un aspecto al de la miel de color café oscuro. El sabor es dulce y un poco amargo. La melaza se elabora mediante la cocción del jugo de la caña de azúcar hasta la evaporación parcial del agua que este contiene, formándose un producto meloso semicristalizado. La melaza se utiliza para la alimentación del ganado o como mezcla en la elaboración de alimentos concentrados (**MORALES Y VILLALOBOS, 1985, p. 299**).

1.3.4. Controles energéticos en biomosas

1.3.4.1. Determinación de la humedad

Para **BURGOS Y OPORTO**, (2010, p.15-16), el contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca para la mayoría de los procesos es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30% para que la biomasa sea viable como combustible debido a que a mayor porcentaje de humedad menor es el poder calorífico.

$$\% \text{Humedad} = \text{Peso Seco} / \text{Peso Húmedo} \times 100$$

1.3.4.2. Determinación del % carbón fijo

El carbón fijo es la fracción residual de carbono, descontadas las cenizas, pirolizado para obtener los materiales volátiles. Se determina por diferencia según la siguiente ecuación:

$$\text{Carbono fijo} = 100 - (\% \text{Materias volátiles} + \% \text{Cenizas})$$

1.3.4.3. Determinación del % cenizas

Para **Burgos y Oporto** (2010, p.15), el porcentaje de cenizas determina en cierta medida la calidad de la biomasa ya que corresponde a los componentes minerales del combustible que reducen el poder calorífico, además afectan el rendimiento térmico de un horno por interferir en la transferencia de calor.

1.3.4.4. Poder calorífico de la biomasa

Según **Burgos y Oporto**, (2010, p.14), el poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el carburante y es igual a la energía que mantenida unidos los átomos en las moléculas de combustible, menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias formada en la combustión.

El poder calorífico es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. Se puede expresar en Kcal/m³, Kcal/Kg, BTU/lb, BTU/ft³

Para **FERNANDO** (2007, p. 261), en el método analítico se usan las fórmulas de Dulong y de Mendeleef para determinar el poder calorífico de un combustible cuya proporción centesimal es conocida: es decir, el tanto por ciento en carbono, hidrogeno, oxígeno y azufre.

Formula de Dulong:

$$Q=345*(H-1/8^o) +80C+24S$$

Formula de Mendeleef:

$$Q=300*[H+81C+26(S-1)]$$

Para aplicar estas fórmulas es necesario un análisis elemental del combustible.

Por otro lado, el método práctico consiste en el empleo de un calorímetro, donde se puede determinar de forma directa en un laboratorio el poder calorífico de los combustibles.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General

¿Cuál es la proporción óptima de biomasa y aglutinante orgánico para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima, 2018?

1.4.2. Problema Específico

- ¿Cuál es la proporción óptima de cascarilla de cacao y aglutinantes orgánicos para la mejora energética de las briquetas?
- ¿Cuál es la proporción óptima de cascarilla de café y aglutinantes orgánicos para la mejora energética de las briquetas?
- ¿Cuál es la proporción óptima de cascarilla de trigo y aglutinantes orgánicos para la mejora energética de las briquetas?
- ¿Cómo interviene las propiedades mecánicas en la mejora de las propiedades energéticas de las briquetas?
- ¿Cómo interviene las propiedades físicas en la mejora de las propiedades energéticas de las briquetas?

1.5. Justificación del estudio

El proyecto permitirá aprovechar las biomásas como la cascarilla de café, de cacao y trigo, aglutinantes como la melaza y la cascara de papa en proporciones preestablecidas, con el objetivo de mejorar las propiedades energéticas de las briquetas cilíndricas confeccionadas en laboratorio, posee:

1.5.1. Justificación Ambiental

Porque no solo incentivará el reaprovechamiento de estas biomásas residuales promoviendo la cultura de la sustitución parcial de combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica responsable de las altas emisiones de GEI a la atmosfera, sino que también, permitirá seleccionar biomásas que puedan evidenciar menor generación de cenizas cuando sean adicionadas al reactor junto al carbón mineral para tratarlos mediante el proceso de co-combustión (cogeneración de energía eléctrica a partir de carbón mineral y carbón de biomásas)

1.5.2. Justificación Social

Promoverá la cultura del reaprovechamiento de recursos naturales renovables como las biomásas disponibles en las ciertas regiones del país, generando bienestar en las comunidades de influencia directa de las centrales termoeléctricas.

1.5.3. Justificación Técnica

Abordará una metodología experimental que comprende una fase pre-experimental, experimental y cuasi-experimental, basada en la realización de experiencias usando el método factorial simple, que evaluará el efecto de las variables más influyentes en la variable dependiente (poder calorífico) usando dos niveles de fluctuación.

1.5.4. Justificación Económica

Los proyectos que abordan el reúso de biomásas y aglutinantes orgánicos siempre representan costos bajos de obtención de materias primas o insumos por su baja demanda y gran disponibilidad en el territorio nacional.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Hi: Las mezclas de tres biomásas y dos aglutinantes orgánicos en distintas proporciones y diferente granulometría, mejoraran las propiedades energéticas de las briquetas.

Ho: Las mezclas de tres biomásas y dos aglutinantes orgánicos en distintas proporciones y diferente granulometría, no mejoraran las propiedades energéticas de las briquetas.

1.6.2. Hipótesis Específica

- La proporción óptima de cascarilla de cacao y aglutinantes orgánicos mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas.
- La proporción óptima de cascarilla de café y aglutinantes orgánicos mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas.
- La proporción óptima de cascarilla de trigo y aglutinantes orgánicos mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas.
- La intervención de las propiedades mecánicas mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas.
- La intervención de las propiedades físicas mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

- Determinar la proporción óptima de biomasas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima, 2018.

1.7.2. Objetivo Especifico

- Determinar la proporción óptima de cascarilla de café y aglutinantes orgánicos para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas.
- Determinar la proporción óptima de cascarilla de trigo y aglutinantes orgánicos para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas.
- Determinar la proporción óptima de cascarilla de cacao y aglutinantes orgánicos para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas.
- Determinar cómo intervienen las propiedades mecánicas para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas.
- Determinar cómo intervienen las propiedades físicas para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas.

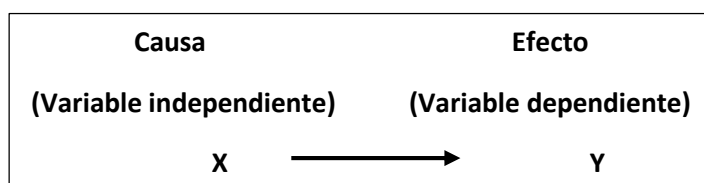
II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

El termino diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema (**HERNÁNDEZ**, et. al., 2014).

Esto es importante conocer debido a la importancia metodológica la cual se seguirá en el transcurso de la investigación para contestar las preguntas de investigación y cumplir con los objetivos planteados.

La investigación a realizar fue del tipo experimental, esto quiere decir que se van establecer un tipo de diseño de experimento, usando los parámetros técnicos de investigación de trabajos anteriores para seleccionar las posibles variables independientes más influyentes (mezclas de biomásas - aglutinantes y granulometría) en la variable dependiente (poder calorífico), (**HERNANDEZ**, et. al., 2014). La Figura 5, muestra el esquema del experimento y la relación de sus variables.



Fuente: (**HERNÁNDEZ**, et. al., 2014)

Figura 5. Esquema de experimento y variables

En la Tabla 1, se mostró el plan experimental para la elaboración de las briquetas usando dos variables independientes fluctuando en sus valores máximos y mínimos.

Tabla 1. Plan experimental usando método factorial mostrando las variables independientes y los valores máximos y mínimos de los dos niveles de fluctuación.

NIVELES DE FLUCTUACION	X1: AGLUTINANTE/BIOMASA (A / B)	X2: GRANULOMETRÍA (mm)
Máximo	%A1 / %B1	Malla 1
Intermedio	%A2 / %B2	Malla 2
Mínimo	% A3 / %B3	Malla 3

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la tabla 2, se mostró el diseño pre-experimental usando método factorial con dos niveles de fluctuación.

Tabla 2. Diseño pre- experimental usando el método factorial con dos niveles de fluctuación.

TRATAMIENTOS (i)	BIOMASA/AGLUTINANTE (B / A)	GRANULOMETRÍA (mm)
1	%A1 / %B1	Malla 1
2	%A1 / %B1	Malla 1
3	%A2 / %B2	Malla 2
4	%A2 / %B2	Malla 2
5	% A3 / %B3	Malla 3
6	% A3 / %B3	Malla 3

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la investigación, se siguió las siguientes etapas en la elaboración de briquetas de biomasa con aglutinantes orgánicos, que se detallan a continuación:

Etapas 1: Acondicionamiento de las biomasa

- **Biomasa del cacao**

En la observación, la cascarilla de café presenta cierta dureza la cual dificulta su compactación por lo cual requirió un ensayo de granulometría para la elaboración de las briquetas.



Figura N° 6 – Biomasa de cacao

- **Biomasa de café**

En la observación, la cascarilla de café presenta una cierta elasticidad que dificulta su compactación por lo cual requirió un ensayo de granulometría.



Figura N° 7 – Biomasa de café

- **Biomasa del trigo**

En la observación, la cascarilla de trigo presenta cierto volumen que dificulta su compactación por lo cual requirió un ensayo de granulometría.

El acondicionamiento de la biomasa del trigo está basada en el volumen que su cascara posee, es por ello que se debe realizar una granulometría inicial.



Figura N° 8 - Biomasa de trigo

Etapa 2: Codificación de las biomosas

En esta etapa se procedió a codificar las biomosas de cacao, café y trigo con la finalidad de facilitar su identificación en el proceso de elaboración de briquetas, se puede observar la codificación en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 1. Codificación de biomosas

Biomasa	Código
<i>Cascarilla de Cacao</i>	Ca-l
<i>Cascarilla de Café</i>	Ce-l
<i>Cascarilla de Trigo</i>	Tr-l

Fuente: Elaboración propia, 2018

Etapa 3: Parámetros Organolépticos

En esta etapa se evaluó las características organolépticas iniciales: color, sabor, olor y textura de las biomosas con la finalidad de obtener una característica significativa en la combustión de las briquetas.

Cuadro N° 2. Parámetros Organolépticos

Código	Parámetros Organolépticos		
Ce-I	Olor	:	Característico café
	Color	:	Mostaza Claro
	Sabor	:	Agridulce
	Textura	:	Suave
Ca-I	Olor	:	Característico cacao
	Color	:	Marrón oscuro
	Sabor	:	Dulce
	Textura	:	Semiduro
Tr-I	Olor	:	Trigo tostado
	Color	:	Mostaza Claro
	Sabor	:	Ninguno
	Textura	:	Suave

Fuente: Elaboración propia, 2018

Etapa 4: Análisis inmediato de las biomásas (Iniciales)

El análisis inmediato consta en determinar el porcentaje de humedad, material volátil, cenizas, carbón fijo y poder calórico.

En este caso es caracterizar el contenido energético de las biomásas iniciales (cascarilla de café, cacao y trigo) para posteriormente compararlas con las briquetas elaboradas.

Para el análisis cuantitativo se sigue como referencia la metodológica del libro, Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15th Edition 1990.

- Humedad: El porcentaje de humedad se calculó mediante el siguiente procedimiento. Se pesó 2 gr de muestra de cascarilla de (cacao, café y trigo), previamente homogenizada, en una capsula para luego ser introducido al horno a una temperatura de 105 °C por 3 horas.

$$\% H = \frac{(\text{Peso capsula} + \text{muestra}) - (\text{Peso capsula} + \text{muestra a } 105^{\circ}\text{C})}{(\text{Peso capsula} + \text{muestra}) - \text{peso capsula}} * 100$$

- Material Volátil: Se pesó la muestra seca en un crisol, para luego colocarlas en una mufla y dejarlas a una temperatura de 900 C° por 7 minutos.

$$\% MV = \frac{(\text{Peso crisol} + \text{muestra}) - (\text{Peso crisol} + \text{muestra a } 900^{\circ}\text{Cx7"})}{(\text{Peso crisol} + \text{muestra}) - \text{peso crisol}} * 100$$

- Cenizas: Se pesó la muestra seca en un crisol, para luego colocarlas sobre un mechero y dejarlo a una temperatura de 900 C ° por aproximadamente 1 hora. Este procedimiento tiende a demorar debido a que se debe calcinar la muestra.

$$\% \text{Ceniza} = \frac{(\text{Peso crisol} + \text{muestra a } 900^{\circ}\text{C}) - (\text{Peso crisol})}{(\text{Peso crisol} + \text{muestra}) - \text{peso crisol}} * 100$$

- Carbón Fijo: Para el cálculo del Carbono fijo lo primero que se debe determinar es el porcentaje de ceniza y el material volátil. Se aplica la siguiente fórmula.

$$\% \text{Carbono fijo} = 100 - (\% \text{ceniza} + \% MV)$$

- Poder calórico: Para el cálculo del poder calórico lo primero que se debe determinar es el porcentaje de carbono fijo y el material volátil. Se aplica la siguiente fórmula de Goutal.

$$\text{Poder Calorico} = (82 \times \% CF) + (120 \times \% MV) \text{ Kcal/Kg}$$



Figura N° 9 – Introducción de muestras al horno



Figura N° 10 – Muestras Volatilizadas

Etapa 5: Granulometría Inicial

En esta etapa se procedió a realizar la granulometría de las cascarillas de café, cacao y trigo en su estado inicial.

Cuadro N° 4. Granulometría Inicial

Código	Granulometría Inicial		
Ca-I	Malla ½" (12.50 mm)	:	0
	Malla N° 10 (2mm)	:	+
Ce-I	Malla ½"	:	0
	Malla N° 10 (2mm)	:	+
Tr-I	Malla 1" (25 mm)	:	0
	Malla ½" (12.50 mm)	:	-60 %
	Malla N° 10 (2mm)	:	+

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura N° 11 – Tamizado café



Figura N° 12 – Tamizado cacao



Figura N° 13 – Tamizado trigo

Etapa 6: Molienda

En esta etapa se realizó la molienda de las cascarillas iniciales de cacao, café y trigo debido a que su naturaleza original es de difícil compactación.



Figura N° 14 – Molienda de biomasa

Etapa 7: Granulometría final

Se realizó el tamizado de las cascarillas molidas de cacao, café y trigo en mallas de (-1 mm), (-2 mm) y (+ 2 mm). Con la finalidad de homogenizar las cascarillas y obtener formas más compactas de las briquetas.

Cuadro N° 5. Granulometría final

Código	Granulometría final
<i>Ca-I</i>	Malla – 1mm
	Malla – 2mm
	Malla + 2mm
<i>Ce-I</i>	Malla – 1mm
	Malla – 2mm
	Malla +2mm
<i>Tr-I</i>	Malla – 1mm
	Malla – 2 mm
	Malla + 2 mm

Fuente: Elaboración propia, 2018

Etapa 8: Elaboración de briquetas de cascarilla de cacao, café y trigo de malla – 1 mm, - 2 mm y + 2 mm

Para la elaboración de las briquetas de cacao, café y trigo de malla – 1 mm, - 2mm y + 2mm, se siguió el siguiente procedimiento:

- Se homogeniza la cascarilla de cacao, café y trigo con la cascara de papa molida. Esta operación se realiza con una batidora eléctrica por 3 minutos.
- Luego se le añade 50 mililitros de agua para humedecer la cascarilla de cacao, café y trigo.
- Se homogeniza por segunda vez con una batidora eléctrica por 3 minutos.
- Se agrega el aglutinante disuelto en una cantidad establecida de agua (0.5 ml, 1 ml, 1.5 ml, 2 ml y 2.5 ml)
- Se homogeniza por tercera vez con la batidora eléctrica por 5 minutos.
- Luego de haber realizado el acondicionamiento, se carga la biomasa acondicionada en el molde cilíndrico para el prensado.
- Se aplica una presión de compactación de 2 y 3 toneladas.

Este procedimiento se aplica para la elaboración de 4 briquetas de cascarilla de cacao, café y trigo de malla (- 1mm, - 2mm y + 2mm), en diferentes concentraciones.

Cuadro N° 6. Procedimiento de elaboración de briquetas en mallas diferentes

Código	Cascarilla (gr)	Melaza (gr)	Cascara de papa (gr)	Presión de compactación (toneladas)
<i>Ca-l</i>	Diferentes concentraciones de cascarilla de cacao, café y trigo	Distintas concentraciones de melaza	Diferentes concentraciones de cascara de papa	Presión de compactación de 2 y 3 toneladas
<i>Ce-l</i>				
<i>Tr-l</i>				

Fuente: Elaboración propia, 2018

Etapa 9: Análisis Inmediato (Final)

Luego de haber realizado el acondicionamiento de las cascarillas de cacao, café y trigo en sus diferentes mallas de -1mm, -2mm y +2mm, se procedió a elaborar el análisis inmediato final y cuantificar su porcentaje de humedad, material volátil, cenizas, carbón fijo y poder calórico.



Figura N° 15 – Análisis final de humedad

2.1.1. Tipo de investigación

Tomando como base a los autores, **HERNÁNDEZ**, et. al., (2014), Campbell & Stanley (1996), esta investigación está clasificada como pre-experimental, debido a que estos diseños llegan a incluir una o más variables independientes y una o más variables dependientes sometidos necesariamente a pre-pruebas y pos pruebas para determinar los efectos de las condiciones experimentales en la variable respuesta.

La presente investigación es de tipo experimental, porque se manipulan intencionalmente dos variables independientes para analizar las consecuencias sobre una variable dependiente, poder calórico, dentro de un rango de valores denominados niveles de fluctuación de los factores.

2.1.2. Enfoque de investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativa, según **HERNANDEZ, et. al.**, (2014), las investigaciones con enfoque cuantitativa se basa en información o datos numéricos, los cuales recolecta a través de técnicas estandarizadas y analiza mediante el empleo de herramientas o programas estadísticos. Con este enfoque se logra probar las hipótesis o darle solución al problema de investigación.

2.2. Variables, Operacionalización

Se desarrolla la matriz de Operacionalización de variables del presente proyecto de investigación.

2.2.1. Variables

Variable Independiente:

- Mezcla de biomásas y aglutinantes orgánicos

Variable dependiente:

- Mejora de las propiedades energéticas (poder calórico) de las briquetas.

2.2.2. Operacionalización de variables

Ver tabla N°3: Operacionalización de variables

2.3. Población y muestra

Para **GOMEZ** (2006, p.109), la población es el conjunto total de los objetos de estudio que comparten ciertas características comunes, funcionales a la investigación.

Al ser un límite los recursos económicos y materiales para acceder a la población, se limita a un conjunto de objetivos denominados muestra.

La cual debe ser representativa de la población debido a que se pretende inferir datos o resultados (**FERNANDEZ**, et. al, 2007, p. 150)

Población y muestra

Para el experimento se elaboraron 18 briquetas con distintas cascarillas, aglutinantes orgánicos, presiones de compactación y granulometría.

En la investigación se usó 15 Kg de cascarilla de cacao, café y trigo; de las cuales se usaron 4 Kg para la fabricación de briquetas.

Unidad de Análisis

La unidad de análisis es el elemento del que se obtiene información fundamental para realizar la investigación. En la investigación mi unidad de análisis representa a una briketa.

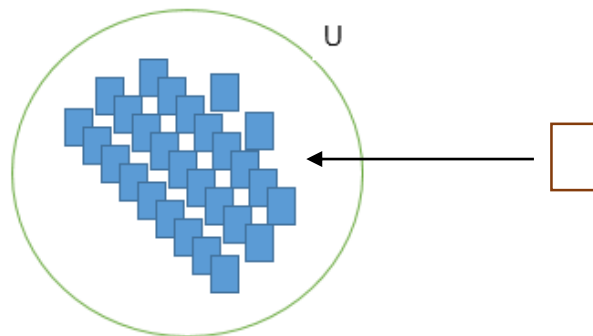


Figura N° 16 – Unidad de análisis de la población total
Fuente: Elaboración propia, 2018

Muestreo

El muestreo será no probabilístico de tipo discrecional, a criterio del investigador, (**ARRIAZA, 2006, p. 21**).

Para la elaboración de las briquetas se separó 15 Kg de cascarillas de cacao, café y trigo, de un volumen de cascarillas de 4 m3.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para **YUNI y URBANO (2006, p. 29-31)**, la noción de técnicas de recolección de información sugiere a los procedimientos mediante los cuales se generan informaciones válidas y confiables que serán utilizados como datos científicos.

Por otro lado, el instrumento es el mecanismo que utiliza el investigador para generar la información, pueden ser aparatos de carácter mecánico, los formularios de un cuestionario, una guía de observación estructurada, una cámara de video, u otro instrumento de recolección de datos. Mediante el uso de los instrumentos el investigador amplifica sus capacidades perceptivas y facilitan el registro de los sucesos.

Se realizará la técnica de la observación que se define como una técnica de recolección de información consistente en la inspección y estudio de las cosas o hechos tal como acontecen en la realidad mediante el empleo de los sentidos (**YUNI y URBANO, 2006, p. 40**)

Para el desarrollo de la fase experimental en la elaboración de las bio-briquetas se toma en cuenta el análisis cuantitativo que permite medir los parámetros fisicoquímicos mediante los análisis inmediatos ya sea: humedad, material volátil, cenizas, carbón fijo y poder calorífico.

Además, se elaboró fichas de recolección de datos aprobados por especialistas en la materia, las cuales son:

- a. Ficha de análisis inmediato de la biomasa
- b. Ficha de evaluación fisicoquímica y mecánicas de las briquetas

2.5. Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva con el programa IBM SPSS 21 para la tabulación y análisis de los datos. Para **ARRIAZA, (2006, p. 82)**, la estadística descriptiva tiene la finalidad de comparar diferentes series de datos obtenidos en distintas observaciones con ayuda

de tablas denominado tabulación de datos, y su posterior representación gráfica.

2.6. Aspectos éticos

La presente investigación será original, por sus conceptos y dar énfasis de investigar las diferentes biomásas para potenciar su energía calorífica, será un combustible alternativo para los diferentes procesos de combustión. Por tanto todas las referencias indicadas en el documento serán debidamente citadas respetando la propiedad intelectual del autor en la investigación Mezclas de biomásas y aglutinantes orgánicos para la mejora de propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima, 2018.

Tabla N° 3: Tabla de Operacionalización de variables

TIPO	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD
INDEPENDIENTE	1. Mezcla de biomosas y aglutinante orgánico	Materia orgánica originada en un proceso biológico espontaneo o provocado, utilizable como fuente de energía (RAE, 2014)	La mezcla de las biomosas y aglutinantes orgánicos son determinados por la proporción en peso seco de las biomosas y aglutinantes	proporción de biomasa	Cantidad cascarilla de café	Kg
					Cantidad cascarilla de trigo	Kg
					Cantidad cascarilla de cacao	Kg
			proporción de aglutinante	Cantidad de melaza	Kg	
				Cantidad de cascara de papa	Kg	
			Propiedad Mecánica	Presión de compactación	toneladas (tf/cm ²)	
			Granulometría	Diámetro de Mallas	mm	

Fuente: Elaboración propia, 2018

DEPENDIENTE	2. Mejora de las propiedades energéticas (poder calórico) de las briquetas	El poder calorífico representa la cantidad de calor por la combustión completa de una unidad de masa (NOGUES, et. al, 2010)	Para medir la mejora de las propiedades energéticas se utilizaran las características, físicas y química de la briqueta.	Característica física	Cantidad de humedad	%
					Cantidad de material volátil	%
					Cantidad de cenizas	%
					Carbón Fijo	%
				Propiedad Química	Poder Calórico	Kcal/Kg

Fuente: Elaboración propia, 2018

III. RESULTADOS

3.1. Análisis Inmediato Iniciales

Mediante el análisis inmediato de las cascarillas de cacao, café y trigo se pudo determinar sus características energéticas iniciales, la cual se detallan en las tablas siguientes.

Tabla 4. Porcentaje de Humedad

Muestra	Peso capsula (gr)	Peso capsula + muestra (gr)	Peso capsula + muestra seca a 105 °C x 3h (gr)	% Humedad
Ca – I	57.369	58.370	58.270	9.99
Ce – I	55.147	56.170	56.097	7.14
Tr – I	54.320	55.355	55.307	4.63

Elaboración propia, 2018

Tabla 5. Porcentaje de Material Volátil (MV)

Muestra	Peso crisol (gr)	Peso crisol + muestra (gr)	Peso crisol + muestra seca (gr) a 900 °C x 7 min	% MV
Ca – I	24.202	25.089	24.679	46.22
Ce – I	24.646	25.579	25.095	51.88
Tr – I	26.912	27.819	27.487	36.60

Elaboración propia, 2018

Tabla 6. Porcentaje de Cenizas

Muestra	Peso crisol (gr)	Peso crisol + muestra (gr)	Peso crisol + muestra (gr) a 900 °C x 1h	% Ceniza
Ca – I	25.851	26.804	25.856	0.52
Ce – I	22.883	23.790	22.955	7.94
Tr – I	23.821	24.769	23.939	12.45

Elaboración propia, 2018

Tabla 7. Porcentaje de Carbón Fijo

Muestra	% Carbón Fijo: [100 – (%ceniza + % MV)]
Ca – I	53.26
Ce – I	40.18
Tr – I	50.95

Elaboración propia, 2018

Tabla 8. Poder Calórico

Muestra	% MV	% Ceniza	%CF	Poder Calórico (Kcal/Kg)
Ca – I	46.22	0.52	53.26	9913.72
Ce – I	51.88	7.94	40.18	9520.36
Tr – I	36.60	12.45	50.95	8569.9

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.2. Concentración óptimas en la elaboración de las briquetas

En la investigación, se realizó diferentes concentraciones de cascarilla de cacao, café y trigo, aglutinado con melaza y cascara de papa con una presión de compactación adecuada para la fabricación de briquetas óptimas.

Las mejores concentraciones en la elaboración de briquetas y presión de compactación, se puede ver en las tablas siguientes:

- **BRIQUETA DE CACAO MALLA (-1mm)**

Tabla N° 9. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de cacao de malla -1mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Ca-I	35	5	5	2
2		35	10	10	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE CAFÉ MALLA (- 1mm)**

Tabla N° 10. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de café de malla – 1mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Ce-I	35	5	5	2
2		35	10	10	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE TRIGO MALLA (- 1mm)**

Tabla N° 11. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de trigo de malla – 1mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Tr-I	20	5	5	2
2		20	10	10	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE CACAO MALLA (- 2mm)**

Tabla N° 12. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de cacao de malla – 2mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Ca-I	28	10	10	2
2		28	15	15	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE CAFÉ MALLA (- 2mm)**

Tabla N° 13. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de café de malla – 2 mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Ce-I	30	15	15	2
2		30	20	20	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE TRIGO MALLA (- 2mm)**

Tabla N° 14. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de trigo de malla – 2mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Tr-I	20	15	15	2
2		20	20	20	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE CACAO MALLA (+2mm)**

Tabla N° 15. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de cacao de malla + 2mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Ca-I	25	20	20	2
2		25	25	25	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE CAFÉ MALLA (+2 mm)**

Tabla N° 16. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de café de malla + 2 mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Ce-I	28	25	25	2
2		28	30	30	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **BRIQUETA DE TRIGO MALLA (+2 mm)**

Tabla N° 17. Concentraciones para las 2 pruebas en la elaboración de briquetas de trigo de malla + 2mm, aplicando 2 toneladas de presión de compactación.

Prueba (i)	Biomasa	Peso Cascarilla (gr)	Peso aglutinante (gr)	Peso almidón de papa (gr)	Presión de compactación (tn/cm ²)
1	Tr-I	20	25	25	2
2		20	30	30	2

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.3. Análisis Inmediato Final

Se realizó el análisis de las briquetas elaboradas a partir de biomاسas y aglutinantes orgánicos, de las cuales se pudo determinar las características energéticas finales. Las tablas siguientes muestran los valores obtenidos mediante los análisis en laboratorio.

Tabla N° 18. Porcentaje de Humedad

HUMEDAD						
	CACAO	PROMEDIO	CAFÉ	PROMEDIO	TRIGO	PROMEDIO
Malla 1	54.27%	53.73%	45.87%	47.62%	55.35%	55.55%
	53.19%		49.37%		55.75%	
Malla2	49.01%	48.28%	44.57%	43.53%	46.72%	47.26%
	47.54%		42.49%		47.80%	
Malla 3	45.33%	46.24%	39.54%	41.86%	42.38%	42.62%
	47.14%		44.18%		42.86%	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla N° 19. Porcentaje de Material Volátil

MATERIAL VOLATIL						
	CACAO	PROMEDIO	CAFÉ	PROMEDIO	TRIGO	PROMEDIO
Malla 1	57.61%	56.87%	55.75%	50.56%	43.94%	43.13%
	56.13%		45.36%		42.32%	
Malla2	59.11%	60.79%	37.88%	48.61%	44.01%	49.15%
	62.46%		59.34%		54.29%	
Malla 3	59.75%	59.38%	57.21%	50.39%	61.07%	60.42%
	59.00%		43.56%		59.77%	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla N° 20. Porcentaje de Ceniza

CENIZAS						
	CACAO	PROMEDIO	CAFÉ	PROMEDIO	TRIGO	PROMEDIO
Malla 1	10.28%	10.35%	2.64%	2.54%	10.53%	10.23%
	10.41%		2.44%		9.92%	
Malla 2	8.59%	7.32%	3.33%	3.38%	9.56%	9.08%
	6.05%		3.43%		8.59%	
Malla 3	6.43%	6.87%	4.18%	4.37%	7.09%	6.93%
	7.31%		4.55%		6.76%	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla N° 21. Porcentaje de Carbón Fijo

CARBON FIJO						
	CACAO	PROMEDIO	CAFÉ	PROMEDIO	TRIGO	PROMEDIO
Malla 1	33.11%	33.29%	41.61%	46.91%	45.53%	46.65%
	33.46%		52.20%		47.76%	
Malla2	32.30%	31.90%	58.79%	48.01%	46.43%	41.78%
	31.49%		37.23%		37.12%	
Malla 3	33.78%	33.74%	38.61%	45.25%	31.84%	32.66%
	33.69%		51.89%		33.47%	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla N° 22. Poder Calórico

PODER CALORICO (Kcal/Kg)						
	CACAO	PROMEDIO	CAFÉ	PROMEDIO	TRIGO	PROMEDIO
Malla 1	9546.22	9512.77	10102.02	9912.81	9006.26	9000.49
	9479.32		9723.60		8994.72	
Malla2	9741.80	9909.59	9366.38	9770.02	9088.46	9323.55
	10077.38		10173.66		9558.64	
Malla 3	9939.96	9891.27	10031.22	9756.70	9939.28	9928.11
	9842.58		9482.18		9916.94	

Fuente: Elaboración propia, 2018

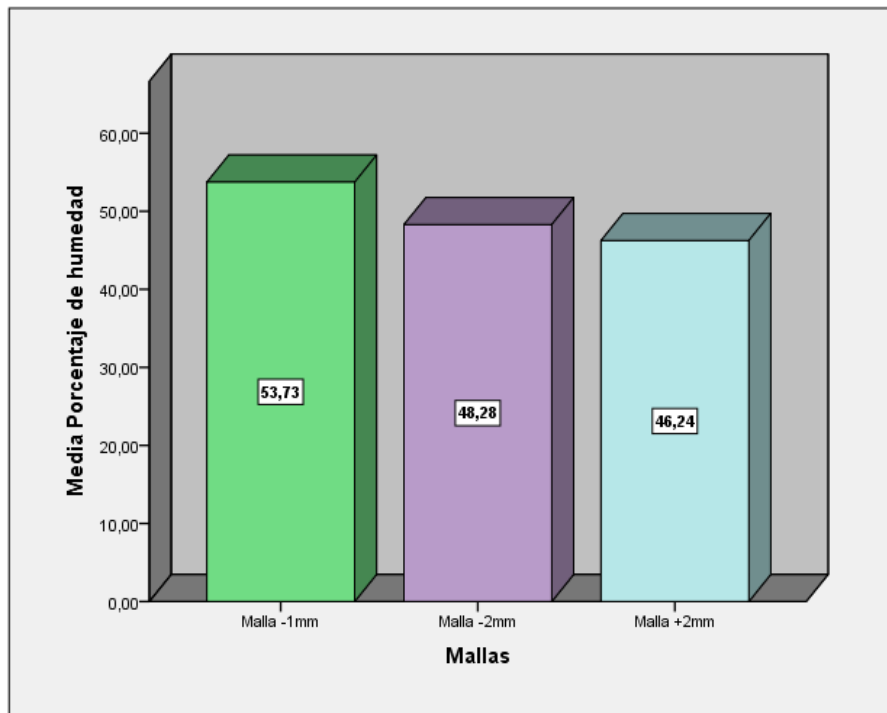
3.4. Análisis descriptivos

Para evaluar los resultados de los valores energéticos de las briquetas, se realizó un análisis estadístico descriptivo (media) para identificar que prueba es la mejor en comparación a las demás.

En las figuras siguientes, se observó los controles estadísticos correspondientes al porcentaje de humedad, material volátiles, ceniza, carbón fijo y poder calórico en función de la granulometría.

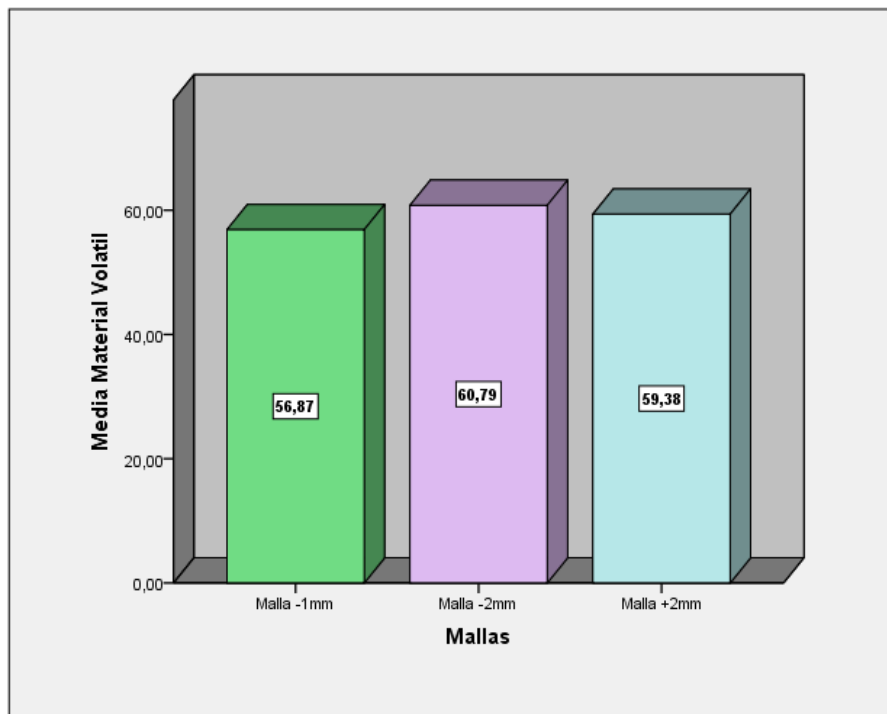
- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS BRIQUETAS DE CACAO**

Figura N° 17. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de humedad en función de la granulometría para las briquetas de cacao.



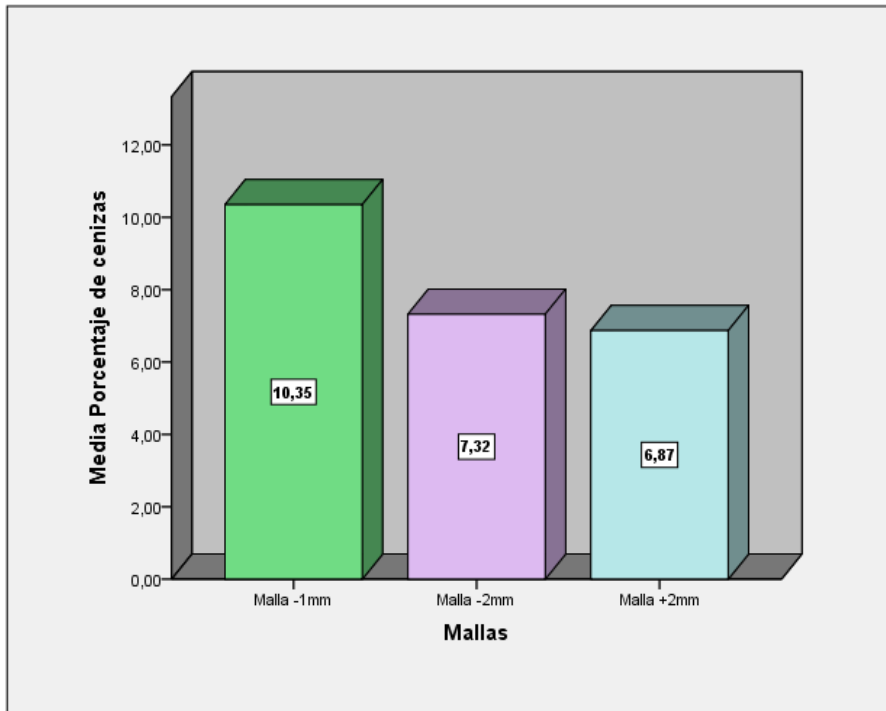
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 18. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de material volátil para las briquetas de cacao.



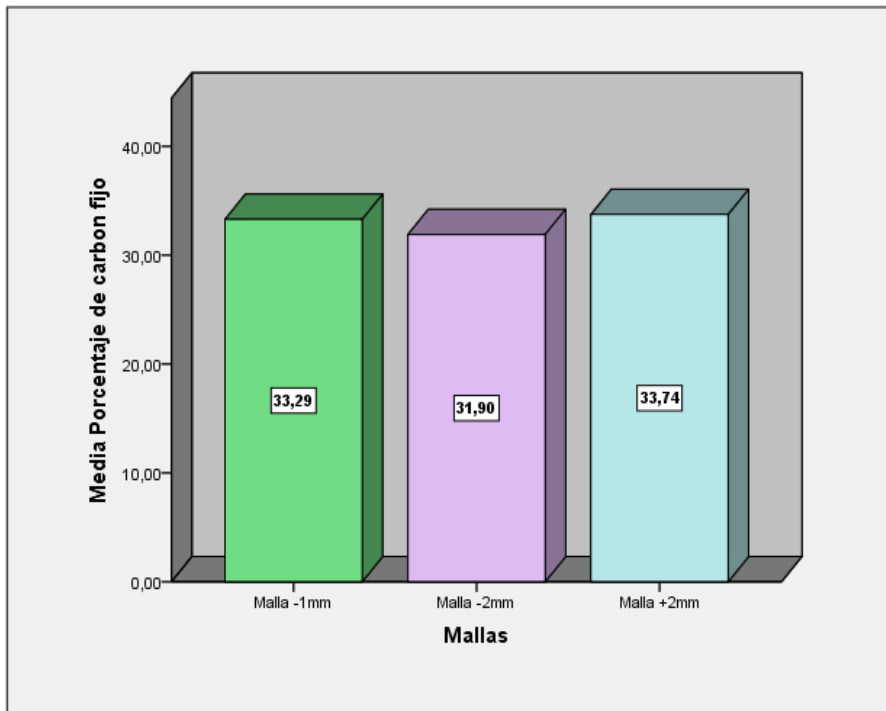
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 19. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de cenizas para las briquetas de cacao.



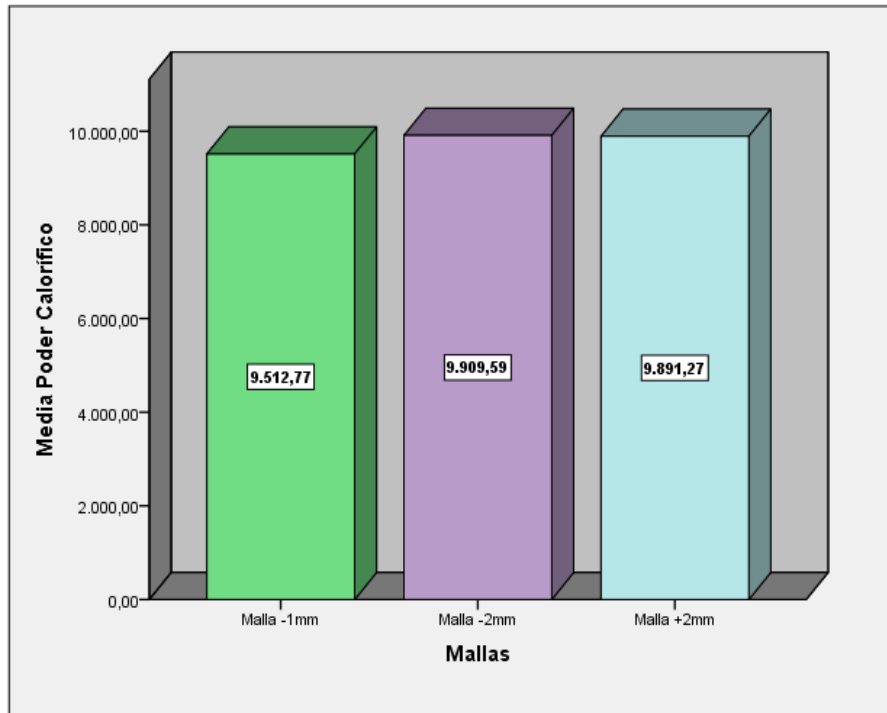
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 20. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de carbón fijo para las briquetas de cacao.



Fuente: Elaboración propia, 2018

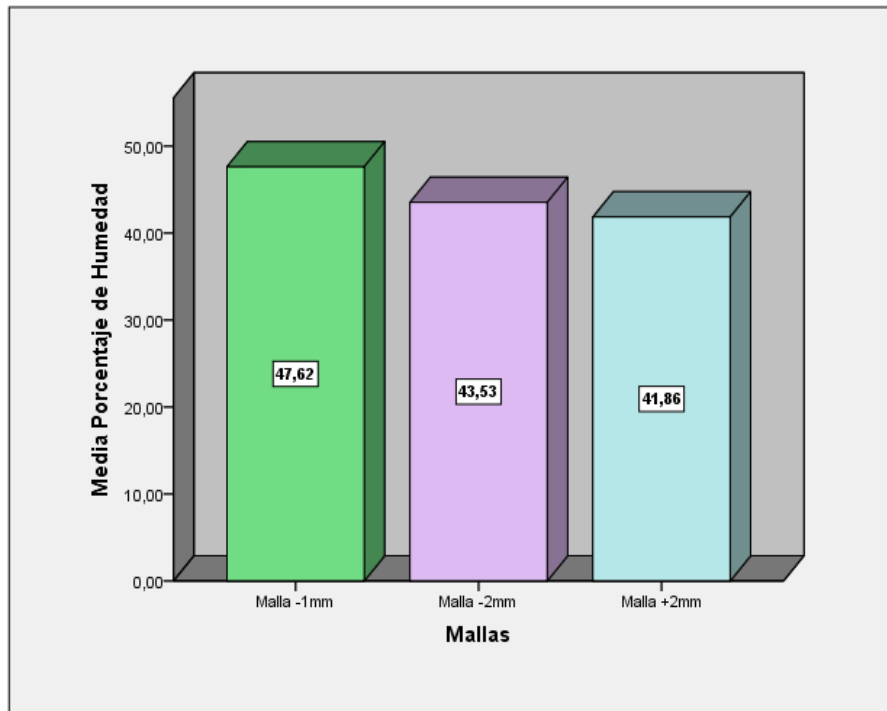
Figura N° 21. Gráfico de control estadístico correspondiente al poder calórico en función de la granulometría para las briquetas de cacao.



Fuente: Elaboración propia, 2018

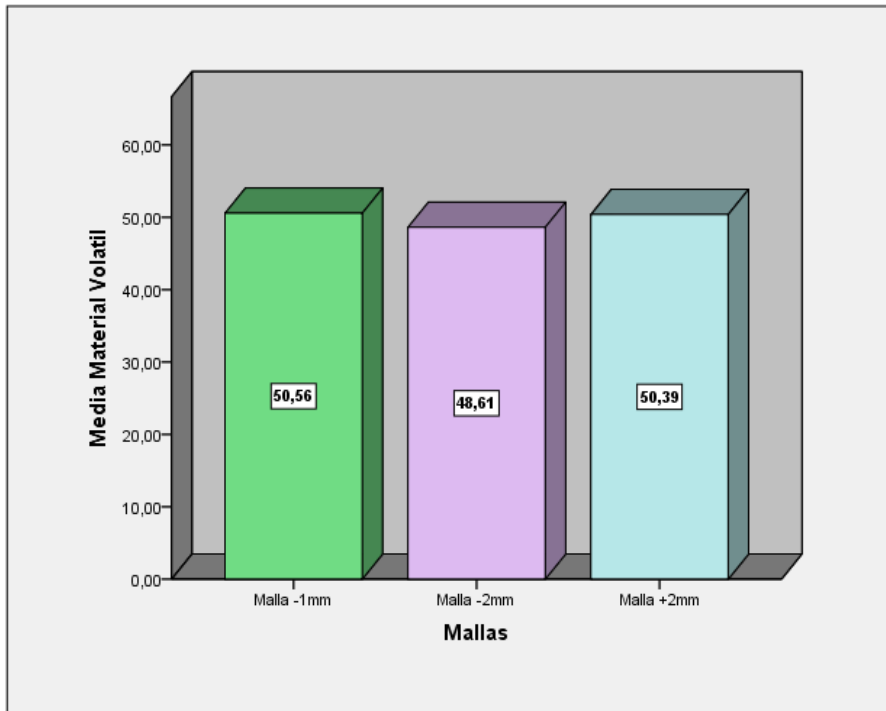
- **ANALISIS ESTADISTICO PARA BRIQUETAS DE CAFÉ**

Figura N° 22. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de humedad en función de la granulometría para las briquetas de café.



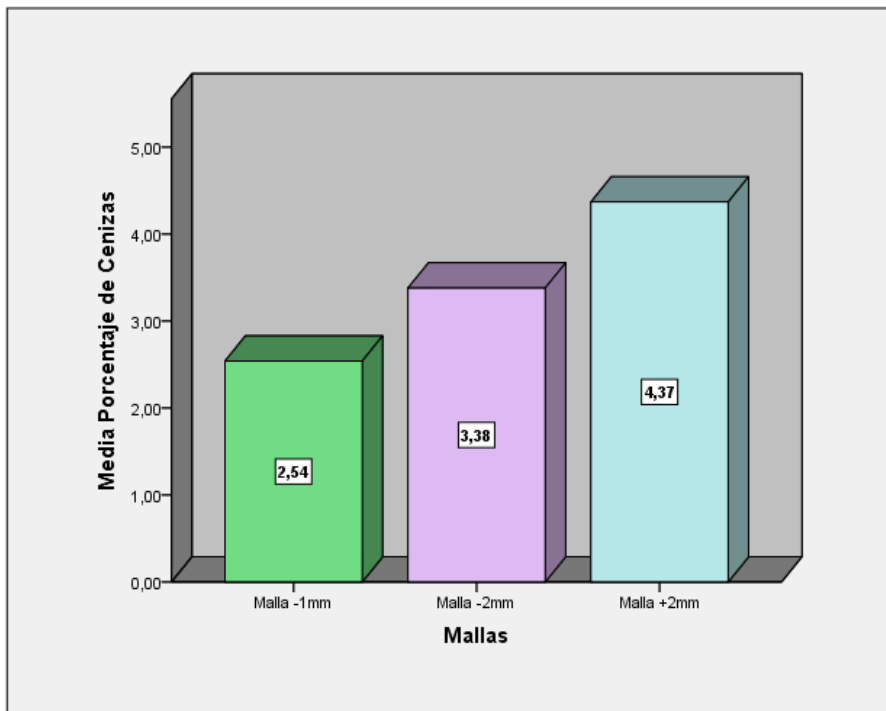
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 23. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de material volátil para las briquetas de café.



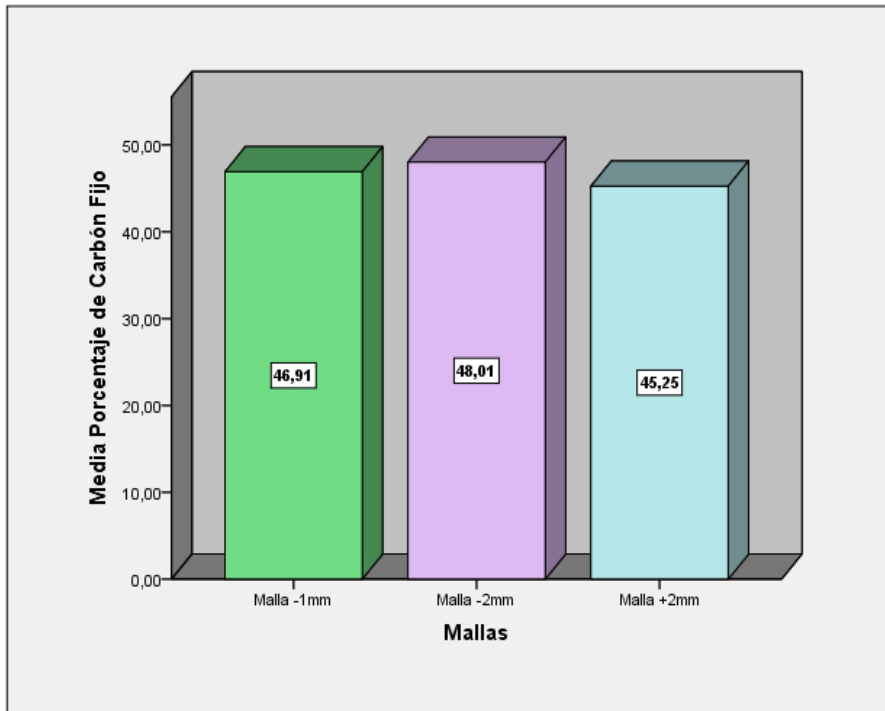
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 24. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de cenizas para las briquetas de café.



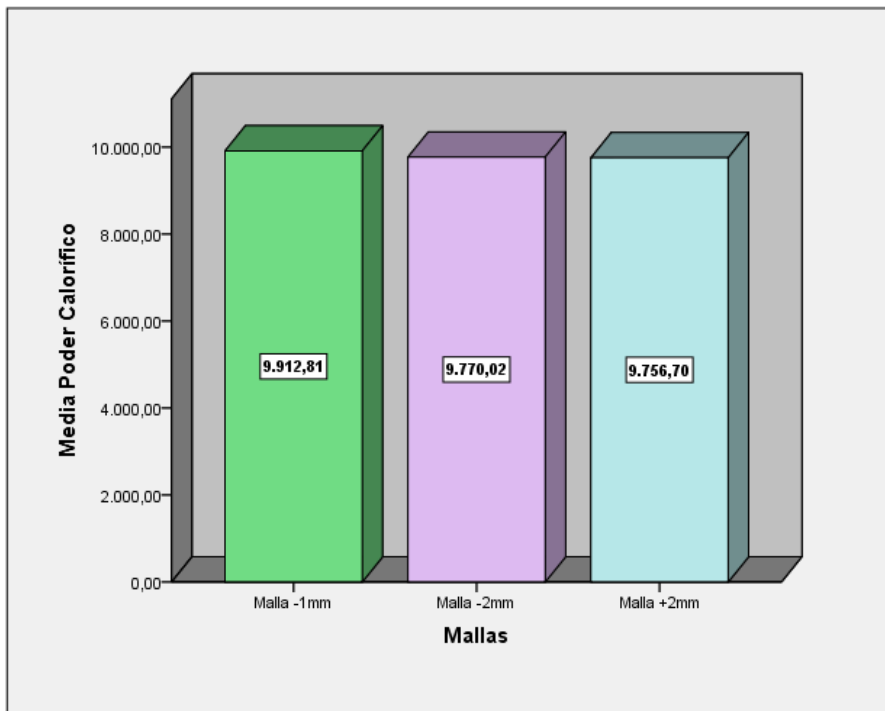
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 25. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de carbón fijo para las briquetas de café.



Fuente: Elaboración propia, 2018

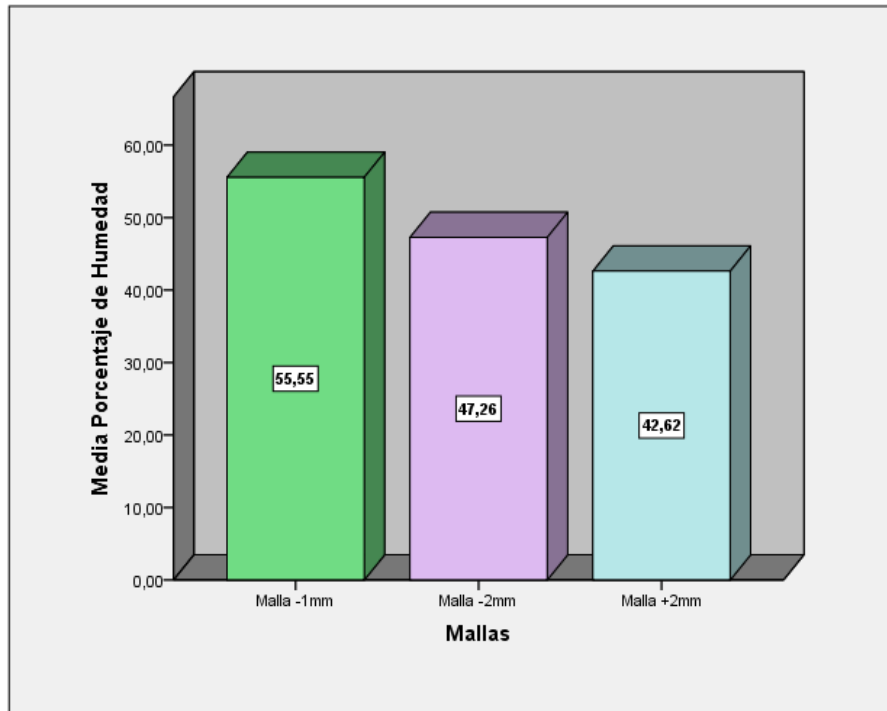
Figura N° 26. Gráfico de control estadístico correspondiente al poder calórico en función de la granulometría para las briquetas de café.



Fuente: Elaboración propia, 2018

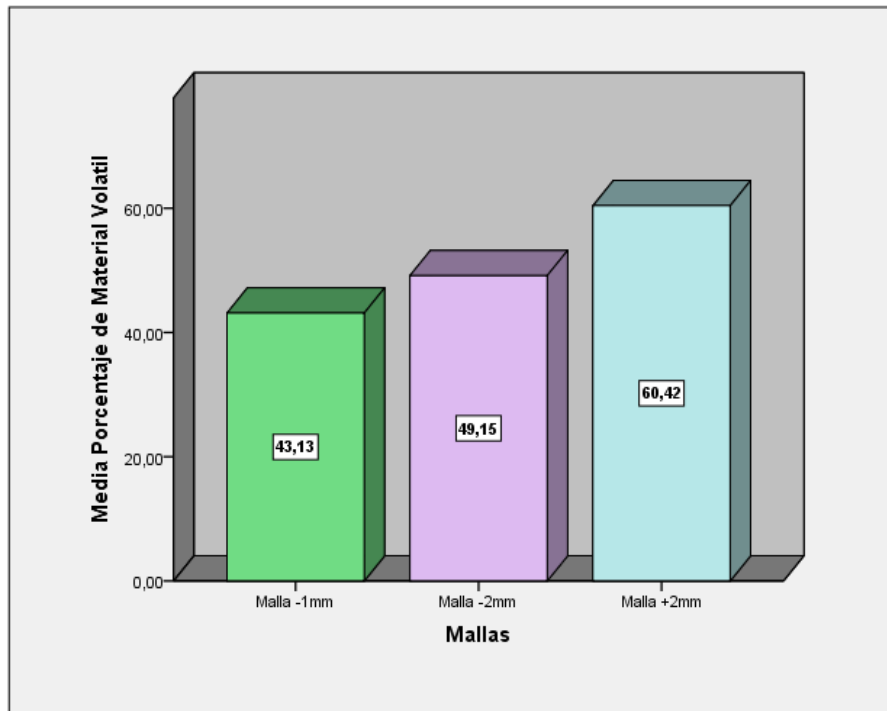
- **ANALISIS ESTADISTICO PARA BRIQUETAS DE TRIGO**

Figura N° 27. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de humedad en función de la granulometría para las briquetas de trigo.



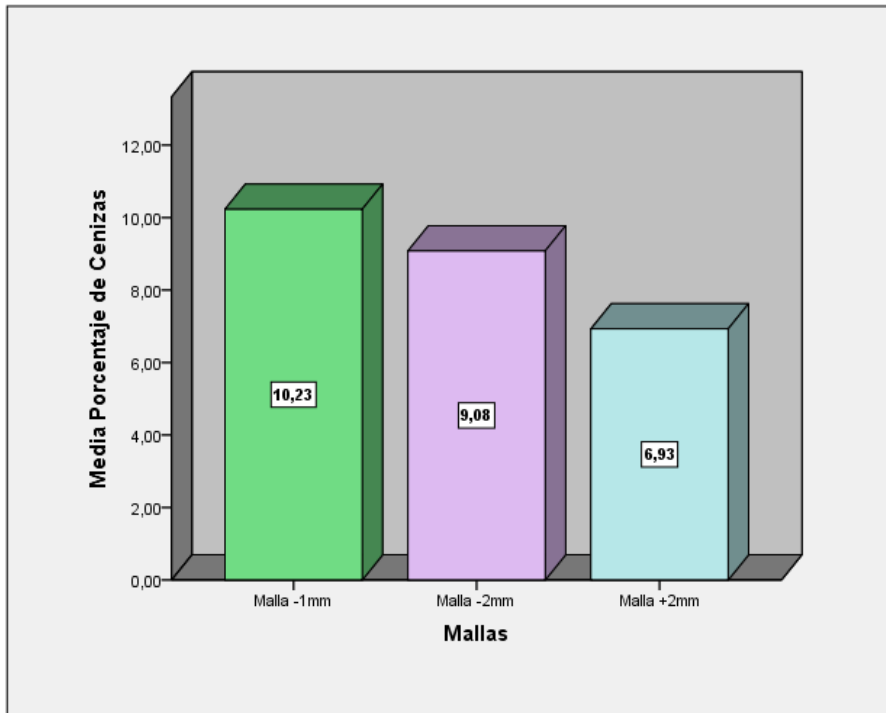
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 28. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de material volátil para las briquetas de trigo.



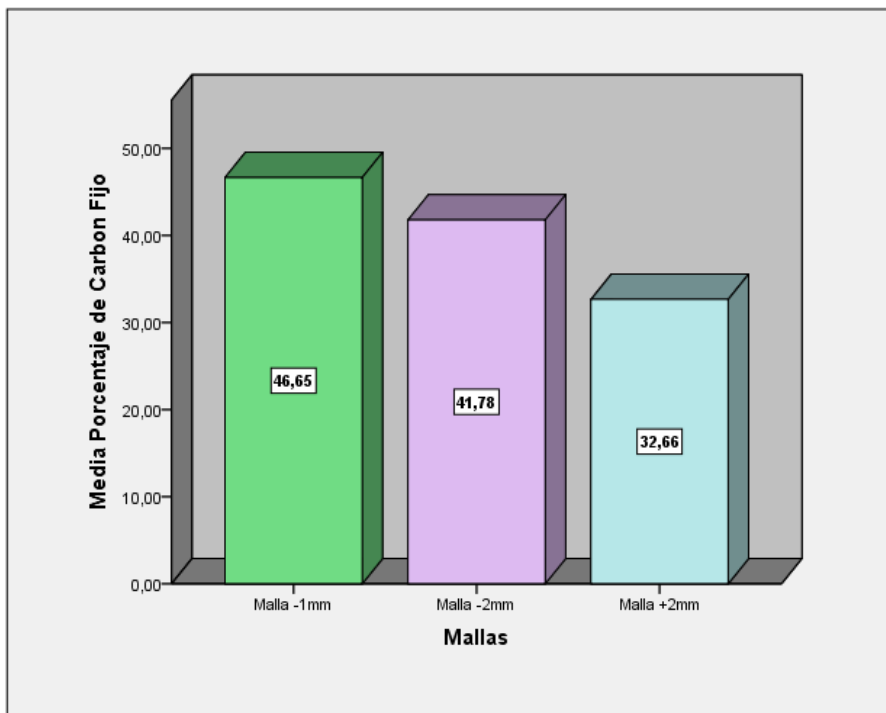
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 29. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de cenizas para las briquetas de trigo.



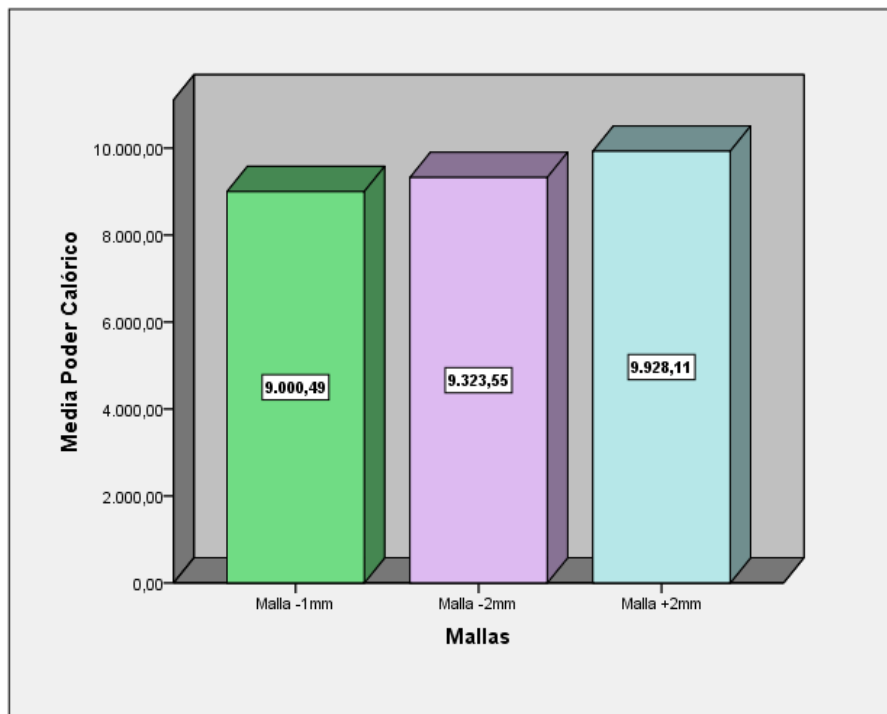
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 30. Gráfico de control estadístico correspondiente al porcentaje de carbón fijo para las briquetas de trigo.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura N° 31. Gráfico de control estadístico correspondiente al poder calórico en función de la granulometría para las briquetas de trigo.



Fuente: Elaboración propia, 2018

IV. DISCUSIÓN

Con respecto a los controles energéticos de la briqueta de cacao

La diferencia en las proporciones varía en función a la granulometría de las biomásas y el volumen que pueda ocupar en el molde, debido a esto, se pudo determinar que la proporción 3 a granulometría +2mm tiene el menor porcentaje de humedad con 46.24% a comparación de la malla -1mm y -2mm con 53,73% y 48.28% de humedad respectivamente.

Por otro lado, la proporción 1 a malla -1mm presenta menor porcentaje de material volátil con un 56.87% generando menos humos a comparación de la proporción 2 a malla -2mm y la proporción 3 a malla +2mm, con un porcentaje de 60.79% y 59.38% respectivamente.

Con respecto al porcentaje de cenizas, la proporción 3 a malla +2mm genera menor porcentaje de ceniza con un 6.87% a comparación de la proporción 1 y 2 con 10.35% y 7.32% respectivamente.

El carbón fijo, en la proporción 2 a malla -2mm presenta un valor menor de 31,90% a comparación de los demás proporciones 1 y 3 con 33,29% y 33,74% respectivamente.

Por último, el mejor poder calórico lo tiene la proporción 2 a malla -2mm, con un valor de 9909,59 Kcal/Kg, en comparación con la proporción 1 y 3 con un valor de 9512,77Kcal/Kg y 9891,27Kcal/Kg, debido a su alto contenido de material orgánico.

Con respecto a los controles energéticos de la briqueta de café

La diferencia en las proporciones varía en función a la granulometría de las biomásas y el volumen que pueda ocupar en el molde, debido a esto, se pudo determinar que la proporción 3 a granulometría +2mm tiene el menor porcentaje de humedad con 41.86% a comparación de la malla -1mm y -2mm con 47.62% y 43.53% de humedad respectivamente.

Por otro lado, la proporción 2 a malla -1mm presenta menor porcentaje de material volátil con un 48.61% generando menos humos a comparación de la proporción 1 a malla -2mm y la proporción 3 a malla +2mm, con un porcentaje de 50.56% y 50.39% respectivamente.

Con respecto al porcentaje de cenizas, la proporción 1 a malla -1mm genera menor porcentaje de ceniza con un 2.54% a comparación de la proporción 1 y 3 con 3.38% y 4.37% respectivamente.

El carbón fijo, en la proporción 3 a malla +2mm presenta un valor menor de 45.25% a comparación de los demás composiciones 1 y 2 con 46.91% y 48.01% respectivamente.

Por último, el mejor poder calórico lo tiene la proporción 1 a malla -1mm, con un valor de 9912,81 Kcal/Kg, en comparación con la proporción 2 y 3 con un valor de 9770,02 Kcal/Kg y 9756,70 Kcal/Kg, debido a su alto contenido de material orgánico.

Con respecto a los controles energéticos de la briqueta de trigo

La diferencia en las proporciones varía en función a la granulometría de las biomazas y el volumen que pueda ocupar en el molde, debido a esto, se pudo determinar que la proporción 3 a granulometría +2mm tiene el menor porcentaje de humedad con 42.62% a comparación de la malla -1mm y -2mm con 55.55% y 47.26% de humedad respectivamente.

Por otro lado, la proporción 1 a malla -1mm presenta menor porcentaje de material volátil con un 43,13% generando menos humos a comparación de la proporción 2 a malla -2mm y la proporción 3 a malla +2mm, con un porcentaje de 49.15% y 60.42% respectivamente.

Con respecto al porcentaje de cenizas, la proporción 3 a malla +2mm genera menor porcentaje de ceniza con un 6.93% a comparación de la proporción 1 y 2 con 10.23% y 9.08% respectivamente.

El carbón fijo, en la proporción 3 a malla +2mm presenta un valor menor de 32,66% a comparación de los demás composiciones 1 y 2 con 46.65% y 41.78% respectivamente.

Por último, el mejor poder calórico lo tiene la proporción 3 a malla +2mm, con un valor de 9928,11 Kcal/Kg, en comparación con la proporción 1 y 2 con un valor de 9000,49 Kcal/Kg y 9323,55 Kcal/Kg, debido a su alto contenido de material orgánico.

V. CONCLUSIÓN

- La briqueta elaborada a partir de la proporción de 47% en peso de aglutinante (melaza y cascara de papa) y 53% en peso de cascarilla de cacao, es la mejor proporción en la elaboración de briquetas de cacao, obteniendo un poder calórico de 9909.59 Kcal/Kg.
- La briqueta elaborada a partir de la proporción de 29% en peso de aglutinante (melaza y cascara de papa) y 71% en peso de cascarilla de café, es la mejor proporción en la elaboración de briquetas de café, obteniendo un poder calórico de 9912.81 Kcal/Kg.
- La briqueta elaborada a partir de la proporción de 74% en peso de aglutinante (melaza y cascara de papa) y 26% en peso de cascarilla de trigo, es la mejor proporción en la elaboración de briquetas de trigo, obteniendo un poder calórico de 9928.11 Kcal/Kg.
- La presión de compactación óptima fue a 2 toneladas no así a 3 toneladas, debido a que está pierde materia prima debido a su capacidad máxima de prensado del prototipo.
- La granulometría óptima en la elaboración de briquetas de cacao y la mejora de las propiedades energéticas fue la de malla -2mm debido a su alto contenido de material orgánico en su proporción.
- La granulometría óptima en la elaboración de briquetas de café y la mejora de las propiedades energéticas fue la de malla -1mm debido a su alto contenido orgánico en su proporción y su relación con el porcentaje de cenizas que genera.
- La granulometría óptima en la elaboración de briquetas de trigo y la mejora de las propiedades energéticas fue la de malla +2mm, debido al contenido orgánico óptimo de la proporción y la relación con el porcentaje de cenizas.

VI. RECOMENDACION

- Ampliar el tiempo de compactación para evitar desmoronamientos de las briquetas elaboradas.
- Lubricar las paredes interiores y base del prototipo para evitar desmoronamientos y pérdidas de materia prima.
- La melaza debe diluirse en pequeñas cantidades de agua para que la mezcla sea homogénea.
- El secado de las briquetas debe ser de manera natural y no forzar su secado para evitar fracturas y desmoronamientos.
- Realizar orificios a la briqueta para que la combustión sea homogénea.

VII. REFERENCIAS

- CANCIO-BELLO, Regino Ramón Álvarez, et al. Evaluación de mezclas y aglutinantes para la fabricación de briquetas de carbón de paja de caña. *Centro Azúcar*, 2002, vol. 29, no 4, p. 72-79.
- DE RAMOS, Luana Elis, et al. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 2011, vol. 31, no 66, p. 103.
- DELGADO, Rosario. La biomasa como recurso energético: Energías y cambio climático. Ediciones Universidad de Salamanca, 2008. 416 pp. **ISBN: 978-84-7800-333-4**
- DICOVSKIY, Luis María, et al. Validación de briquetas elaboradas con cascarilla de café para el remplazo de leña en la producción de rosquillas de maíz. *Revista El Higo*, 2017, vol. 1, no 1, p. 10-19.
- ESPINOZA, Estela Assureira; ESPINOZA, Marco A. Assureira. Transformación de biomasa residual en bio-combustibles sólidos. 2012. Publicación revisada el 05 de octubre del 2017 a través del sitio web:
https://guzlop-editoras.com/web_des/ener01/biomasa/pld0464.pdf
- EGAS Astudillo, Luis. Desarrollo de la tecnología de elaboración de un cereal instantáneo a partir de cebada (*Hordeum Vulgare*) expandida. Tesis (Título de Ingeniero en Alimentos). Universidad Técnica de Ambato, 2006. 111pp.
- FAO. Bioenergía y seguridad alimentaria BEFS. Roma. 2010. 137pp. **ISBN: 978-92-5-306628-5**

- FERNANDEZ, Alfredo; FERNANDEZ, Ana; MERINO, Jorge. Innovación en el campus virtual: metodologías y herramientas. Madrid: Editorial Complutense, S.A., 2007, 316 pp.
ISBN: 978-84-7491-811-3
- GIL, Angel. Tratado de nutrición: Proporción y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2.ª ed. Madrid: Médica Panamericana, 2010. 992 pp.
ISBN: 978-84-9835-347-1
- GOMES, Marcelo. Introducción a la metodología de la investigación científica. Córdoba: Editorial Brujas, 2006. 190pp.
ISBN: 987-591-026-0
- GOMES, Oscar. Guía para la innovación de la caficultura: De lo convencional a lo orgánico. San Salvador: CRS y FUNDESYRAM, 2010. 73pp.
- HERNANDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.ª ed. México: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 600 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
- El petróleo por Newbery Jorge [et al.]. Buenos Aires: Ediciones Colihue SRL, 2007. 384pp.
ISBN: 978-950-563-916-8
- Ministerio de Agricultura y Riego (2017). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2016. Lima: DGESEP, 153 pp.
- MORALES, Eugenio; VILLALOBOS, Arturo. Comercialización de productos agropecuarios. Costa Rica: EUNED, 1985. 371 pp.
ISBN: 9977641838

- NOGUES, Sebastián; GARCÍA, D.; REZEAU, A. Energía de la Biomasa. Universidad de Zaragoza, 2010. 557 pp.
ISBN: 9788492774913
- OSPINA, Machado. Características Físico Mecánicas y Análisis de Calidad de Granos. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia. 2001. 231pp.
ISBN: 9587011821
- PEREZ, Marco Alejandro. Fabricación de briquetas a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) y colofonia como aglutinante para ser utilizadas como biocombustible. Tesis (Ingeniero Químico) Universidad de San Carlos de Guatemala. 2017. 72 pp.
- REYES, Humberto; CAPRILES, Lilian. El cacao en Venezuela: moderna tecnología para su cultivo. Caracas: Hardcover, 2000. 255pp.
ISBN: 980-07-6189-6
- RIVERA, Juan David López, et al. Evaluación de los parámetros físicos y químicos de las briquetas obtenidas con la maquina briquetadora construida en FAREM Estelí. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 2016, no 16, p. 3-14.
- RODRIGUEZ, Guillermo, et al. Produção de briquetes para queima utilizando finos da produção de carvão vegetal e glicerina. *HOLOS*, 2017, vol. 1, p. 325-335.
- Rodríguez-Monroy, C., Mármol-Acitores, G., & Nilsson-Cifuentes, G. (2018). Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources—A focus on biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 937-945

- ROJAS, Soriano. *Investigación Social: teoría y praxis*. 11. ed. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V, 2002. 180 pp.
ISBN: 9688561304
- Roni, M. S., Chowdhury, S., Mamun, S., Marufuzzaman, M., Lein, W., & Johnson, S. (2017). Biomass co-firing technology with policies, challenges, and opportunities: A global review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1089-1101.
- YUNI, Jose; URBANO, Claudio. *Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*. 2.ª ed. Córdoba: Editorial Brujas, 2006. 112pp.
ISBN: 987-591-020-1
- VALDERRAMA, ANDRÉS, et al. Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía calorífica en cocinas no convencionales. *Revista de Investigación CEDIT*, 2007, vol. 2.

ANEXOS

ANEXO N°1: Matriz de consistencia

ANEXO N°2: Instrumentos de recolección de datos científicos

ANEXO N°3: Cuadernillo de recolección de análisis

ANEXO N°4: Constancia de análisis del laboratorio

ANEXO N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA


MATRIZ DE CONSISTENCIA																	
TÍTULO: MEZCLAS DE BIOMASAS Y AGLUTINANTES ORGANICOS PARA LA MEJORA DE LAS PROPIEDADES ENERGETICAS EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS, LIMA 2018																	
AUTOR: PAUL TAKESHI DIAZ MARQUEZ																	
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES														
<p>Problema principal:</p> <p>¿Cuál es la proporción óptima de biomasas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima, 2018?</p> <p>Problema específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la proporción óptima de cascarilla de cacao y aglutinantes orgánicos para la mejora energética de las briquetas? • ¿Cuál es la proporción óptima de cascarilla de café y aglutinantes orgánicos para la mejora energética de las briquetas? • ¿Cuál es la proporción optima de trigo y aglutinantes orgánicos para la mejora energética de las briquetas? • ¿Cómo interviene las propiedades mecánicas en la mejora de las propiedades energéticas de las briquetas? • ¿Cómo interviene las propiedades físicas en la mejora de las 	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Determinar la mezcla de biomasas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima, 2018. •Determinar la proporción óptima de cascarilla de café y melaza para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas. •Determinar la proporción óptima de cascarilla de trigo y melaza para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas. •Determinar la proporción óptima de cascarilla de cacao y melaza para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas. 	<p>Hipótesis general:</p> <p>Hi: Las mezclas de tres biomasas y dos aglutinantes orgánicos en distintas proporciones y diferente granulometría mejoraran en sus propiedades energéticas.</p> <p>Ho: Las mezclas de tres biomasas y dos aglutinantes orgánicos en distintas proporciones, presiones de compactación y diámetros de briquetas cilíndricas no mejoraran en sus propiedades energéticas.</p> <p>Hipótesis específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> •La proporción óptima de cascarilla de café y melaza mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas cilíndricas. •Las proporción óptima de cascarilla de trigo y melaza mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas cilíndricas. 	<p>Variable Independiente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Dimensiones</th> <th style="width: 50%;">Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proporción de biomasa</td> <td>-Cantidad cascarilla de cacao</td> </tr> <tr> <td>Proporción de aglutinante</td> <td>-Cantidad cascarilla de café</td> </tr> <tr> <td>Propiedad mecánica</td> <td>-Cantidad de cascara de papa</td> </tr> <tr> <td>Propiedad física</td> <td>-Cantidad de melaza</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-Presión de compactación</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-Granulometría</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Proporción de biomasa	-Cantidad cascarilla de cacao	Proporción de aglutinante	-Cantidad cascarilla de café	Propiedad mecánica	-Cantidad de cascara de papa	Propiedad física	-Cantidad de melaza		-Presión de compactación		-Granulometría
			Dimensiones	Indicadores													
			Proporción de biomasa	-Cantidad cascarilla de cacao													
			Proporción de aglutinante	-Cantidad cascarilla de café													
			Propiedad mecánica	-Cantidad de cascara de papa													
Propiedad física	-Cantidad de melaza																
	-Presión de compactación																
	-Granulometría																
			<p>Variable Dependiente</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Dimensiones</th> <th style="width: 50%;">Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">- Característica física y química</td> <td>Cantidad de humedad Cantidad de material volátil Cantidad de ceniza Cantidad de carbón fijo Poder calórico</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	- Característica física y química	Cantidad de humedad Cantidad de material volátil Cantidad de ceniza Cantidad de carbón fijo Poder calórico										
Dimensiones	Indicadores																
- Característica física y química	Cantidad de humedad Cantidad de material volátil Cantidad de ceniza Cantidad de carbón fijo Poder calórico																

propiedades energéticas de las briquetas?	<ul style="list-style-type: none"> •Determinar cómo intervienen las propiedades mecánicas para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas cilíndricas. •Determinar cómo intervienen las propiedades físicas para mejorar las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas. 	<ul style="list-style-type: none"> •La proporción óptima de cascarilla de cacao y melaza mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas. •La intervención de las propiedades mecánicas mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas. •La intervención de las propiedades físicas mejorarán las propiedades energéticas de las briquetas. 		
TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESTADÍSTICA A UTILIZAR	
<ul style="list-style-type: none"> • Experimental • Cuantitativa 	Para el experimento se utilizaron 18 briquetas, elaboradas a partir de cascarilla de cacao, café y trigo, aglutinantes como la melaza y la cascara de papa.	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Fichas de recolección de datos 	<p>El programa que se utilizará para el análisis de datos será el programa estadístico IBM SPSS 22</p> <p>Para el análisis de datos se utilizara análisis descriptivos (análisis de medias)</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N° 2

• **FICHA DE ANÁLISIS INMEDIATO DE LA BIOMASA**

Evaluador:	Paul Takeshi Díaz Márquez				
Fecha:	02/05/2018				
Lugar:	Laboratorio Contratado				
Análisis					
Elemento Biomasa	Humedad %	Material Volátil %	Ceniza %	Carbón Fijo %	Poder Calorífico Kcal/Kg
Cascarilla Cacao	9.99	46.22	0.52	53.26	9913.72
Cascarilla Café	7.14	51.88	7.94	40.18	9520.36
Cascarilla Trigo	4.63	36.60	12.45	50.95	8569.90
Evidencia Fotográfica					
Ev.1					
Observaciones					

Fuente: Elaboración propia, 2018

▪ **FICHA DE EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS BRIQUETAS DE CACAO**

Evaluador	PAUL TAKESHI DIAZ MARQUEZ						
Lugar	LABORATORIO CONTRATADO						
Fecha	03/06/2018						
Biomasa/ Briqueta	BRIQUETA DE CACAO						
TRATAMIENTO (i)	AGLUTINANTE/BIOMASA (A/B)	Granulometría (mallas)	% HUMEDAD	% MATERIAL VOLATIL	% CENIZAS	% CARBON FIJO	PODER CALORÍFICO Kcal/Kg
1	22 % / 78 %	MALLA – 1mm	54.27 %	57.61%	10.28%	33.11%	9546.22
2	36 % / 64 %	MALLA – 1mm	53.19 %	56.13%	10.41%	33.46%	9479.32
3	42 % / 58 %	MALLA – 2mm	49.01 %	59.11%	8.59%	32.30%	9741.80
4	52 % / 48 %	MALLA – 2mm	47.54 %	62.46%	6.05%	31.49%	10077.38
5	62 % / 38 %	MALLA + 2mm	45.33 %	59.75%	6.43%	33.78%	9939.96
6	67 % / 33 %	MALLA + 2mm	47.14 %	59.00%	7.31%	33.69%	9842.58

Fuente: Elaboración propia, 2018

• **FICHA DE EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS BRIQUETAS DE CAFÉ**

Evaluador	PAUL TAKESHI DIAZ MARQUEZ						
Lugar	LABORATORIO CONTRATADO						
Fecha	03/06/2018						
Biomasa/ Briqueta	BRIQUETA DE CAFÉ						
TRATAMIENTO (i)	AGLUTINANTE/BIOMASA (A/B)	Granulometría (mallas)	% HUMEDAD	% MATERIAL VOLATIL	% CENIZAS	% CARBON FIJO	PODER CALORÍFICO KJ/Kg
1	22 % / 78 %	MALLA – 1mm	45.87%	55.75%	2.64%	41.61%	10102.02
2	36 % / 64 %	MALLA – 1mm	49.37%	45.36%	2.44%	52.20%	9723.60
3	50 % / 50 %	MALLA – 2mm	44.57%	37.88%	3.33%	58.79%	9366.38
4	57 % / 43 %	MALLA – 2mm	42.49%	59.34%	3.43%	37.23%	10173.66
5	64 % / 36 %	MALLA + 2mm	39.54%	57.21%	4.18%	38.61%	10031.22
6	68 % / 32 %	MALLA + 2mm	44.18%	43.56%	4.55%	51.89%	9482.18

Fuente: Elaboración propia, 2018

• **FICHA DE EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS BRIQUETAS DE TRIGO**

Evaluador	PAUL TAKESHI DIAZ MARQUEZ						
Lugar	LABORATORIO CONTRATADO						
Fecha	03/06/2018						
Biomasa/ Briqueta	BRIQUETA DE TRIGO						
TRATAMIENTO (i)	AGLUTINANTE/BIOMASA (A/B)	Granulometría (mallas)	% HUMEDAD	% CENISAS	% MATERIAL VOLATIL	% CARBON FIJO	PODER CALORÍFICO KJ/Kg
1	34 % / 66 %	MALLA – 1mm	55.35%	10.53%	43.94%	45.53%	9006.26
2	50 % / 50%	MALLA – 1mm	55.75%	9.92%	42.32%	47.76%	8994.72
3	60 % / 40%	MALLA – 2mm	46.72%	9.56%	44.01%	46.43%	9088.46
4	67 % / 33%	MALLA – 2mm	47.80%	8.59%	54.29%	37.12%	9558.64
5	72 % / 28 %	MALLA + 2mm	42.38%	7.09%	61.07%	31.84%	9939.28
6	76 % / 24 %	MALLA + 2mm	42.86%	6.76%	59.77%	33.47%	9916.94

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N° 3

▪ CUADERNILLO DE RECOLECCIÓN DE ANÁLISIS DE HUMEDAD

N° de prueba	Muestra	Peso capsula (gr)	Peso capsula + muestra (gr)	Peso capsula + muestra seca a 105 °C x 3h (gr)	% Humedad
1°	Ca - I (- 1mm)	56.552	59.734	58.007	54.27 %
2°	Ca - I (- 1mm)	46.454	49.775	48.008	53.19 %
1°	Ca - I (- 2mm)	55.127	58.575	56.885	49.01 %
2°	Ca - I (- 2mm)	48.336	52.145	50.334	47.54 %
1°	Ca - I (+ 2mm)	49.965	54.282	52.325	45.33 %
2°	Ca - I (+ 2mm)	47.875	52.364	50.248	47.14 %
1°	Ce - I (- 1mm)	50.452	54.501	52.644	45.87 %
2°	Ce - I (- 1mm)	54.652	59.223	56.966	49.37 %
1°	Ce - I (- 2mm)	51.600	56.516	54.325	44.57 %
2°	Ce - I (- 2mm)	56.724	61.391	59.408	42.49 %
1°	Ce - I (+ 2mm)	49.836	54.500	52.656	39.54 %
2°	Ce - I (+ 2mm)	50.586	55.486	53.321	44.18 %
1°	Tr - I (- 1mm)	49.562	54.355	51.702	55.35 %
2°	Tr - I (- 1mm)	47.022	52.561	49.473	55.75 %
1°	Tr - I (- 2mm)	54.323	60.660	57.699	46.72 %
2°	Tr - I (- 2mm)	44.855	49.805	47.439	47.80 %
1°	Tr - I (+ 2mm)	56.939	61.207	59.398	42.38 %
2°	Tr - I (+ 2mm)	54.958	60.422	58.080	42.86 %

Fuente: Elaboración propia, 2018

▪ **CUADERNILLO DE RECOLECCIÓN DE ANÁLISIS DE MATERIAL VOLATIL**

N° de prueba	Muestra	Peso crisol (gr)	Peso crisol + muestra (gr)	Peso crisol + muestra seca a 900 °C x 7 min (gr)	% MV
1°	Ca – l (- 1mm)	24.781	25.569	25.115	57.61 %
2°	Ca – l (- 1mm)	24.145	25.009	24.524	56.13 %
1°	Ca – l (- 2mm)	24.808	25.774	25.203	59.11 %
2°	Ca – l (- 2mm)	26.988	27.979	27.360	62.46 %
1°	Ca – l (+ 2mm)	24.650	25.629	25.044	59.75 %
2°	Ca – l (+ 2mm)	25.854	26.798	26.241	59.00 %
1°	Ce – l (- 1mm)	24.866	25.962	25.351	55.75 %
2°	Ce – l (- 1mm)	24.584	25.609	25.144	45.36 %
1°	Ce – l (- 2mm)	26.914	28.086	27.642	37.88 %
2°	Ce – l (- 2mm)	23.826	25.078	24.335	59.34 %
1°	Ce – l (+ 2mm)	24.808	26.292	25.443	57.21 %
2°	Ce – l (+ 2mm)	24.907	26.204	25.639	43.56 %
1°	Tr – l (- 1mm)	22.884	23.824	23.411	43.94 %
2°	Tr – l (- 1mm)	27.529	28.779	28.250	42.32 %
1°	Tr – l (- 2mm)	24.204	25.490	24.924	44.01 %
2°	Tr – l (- 2mm)	13.340	14.771	13.994	54.29 %
1°	Tr – l (+ 2mm)	13.992	15.148	14.442	61.07 %
2°	Tr – l (+ 2mm)	28.267	29.612	28.808	59.77 %

Fuente: Elaboración propia, 2018

▪ **CUADERNILLO DE RECOLECCIÓN DE ANÁLISIS DE CENIZAS**

N° de prueba	Muestra	Peso crisol (gr)	Peso crisol + muestra (gr)	Peso crisol + muestra seca a 900 °C x 1 h (gr)	% Ceniza
1°	Ca – l (- 1mm)	24.781	25.569	24.862	10.28 %
2°	Ca – l (- 1mm)	24.145	25.009	24.235	10.41 %
1°	Ca – l (- 2mm)	24.808	25.774	24.891	8.59 %
2°	Ca – l (- 2mm)	26.988	27.979	27.048	6.05 %
1°	Ca – l (+ 2mm)	24.650	25.629	24.713	6.43 %
2°	Ca – l (+ 2mm)	25.854	26.798	25.923	7.31 %
1°	Ce – l (- 1mm)	24.866	25.962	24.895	2.64 %
2°	Ce – l (- 1mm)	24.584	25.609	24.609	2.44 %
1°	Ce – l (- 2mm)	26.914	28.086	26.953	3.33 %
2°	Ce – l (- 2mm)	23.826	25.078	23.869	3.43 %
1°	Ce – l (+ 2mm)	24.808	26.292	24.870	4.18 %
2°	Ce – l (+ 2mm)	24.907	26.204	24.966	4.55 %
1°	Tr – l (- 1mm)	22.884	23.824	22.983	10.53 %
2°	Tr – l (- 1mm)	27.529	28.779	27.653	9.92 %
1°	Tr – l (- 2mm)	24.204	25.490	24.327	9.56 %
2°	Tr – l (- 2mm)	13.340	14.771	13.463	8.59 %
1°	Tr – l (+ 2mm)	13.992	15.148	14.074	7.09 %
2°	Tr – l (+ 2mm)	28.267	29.612	28.358	6.76 %

Fuente: Elaboración propia, 2018

▪ **CUADERNILLO DE RECOLECCIÓN DE ANÁLISIS DE CARBÓN FIJO**

N° de prueba	Muestra	% Carbón Fijo: [100 – (%ceniza + % MV)]
1°	Ca – I (- 1mm)	33.11 %
2°	Ca – I (- 1mm)	33.46 %
1°	Ca – I (- 2mm)	32.30 %
2°	Ca – I (- 2mm)	31.49 %
1°	Ca – I (+ 2mm)	33.78 %
2°	Ca – I (+ 2mm)	33.69 %
1°	Ce – I (- 1mm)	41.61 %
2°	Ce – I (- 1mm)	52.20 %
1°	Ce – I (- 2mm)	58.79 %
2°	Ce – I (- 2mm)	37.23 %
1°	Ce – I (+ 2mm)	38.61 %
2°	Ce – I (+ 2mm)	51.89 %
1°	Tr – I (- 1mm)	45.53 %
2°	Tr – I (- 1mm)	47.76 %
1°	Tr – I (- 2mm)	46.43 %
2°	Tr – I (- 2mm)	37.12 %
1°	Tr – I (+ 2mm)	31.84 %
2°	Tr – I (+ 2mm)	33.47 %

Fuente: Elaboración propia, 2018

▪ **CUADERNILLO DE RECOLECCIÓN DE ANÁLISIS DE PODER CALORICO**

N° de prueba	Muestra	% MV	% Ceniza	%CF	Poder Calórico (Kcal/Kg)
1°	Ca - l (- 1mm)	57.61 %	10.28 %	33.11 %	9546.22
2°	Ca - l (- 1mm)	56.13 %	10.41 %	33.46 %	9479.32
1°	Ca - l (- 2mm)	59.11 %	8.59 %	32.30 %	9741.80
2°	Ca - l (- 2mm)	62.46 %	6.05 %	31.49 %	10077.38
1°	Ca - l (+ 2mm)	59.75 %	6.43 %	33.78 %	9939.96
2°	Ca - l (+ 2mm)	59.00 %	7.31 %	33.69 %	9842.58
1°	Ce - l (- 1mm)	55.75 %	2.64 %	41.61 %	10102.02
2°	Ce - l (- 1mm)	45.36 %	2.44 %	52.20 %	9723.60
1°	Ce - l (- 2mm)	37.88 %	3.33 %	58.79 %	9366.38
2°	Ce - l (- 2mm)	59.34 %	3.43 %	37.23 %	10173.66
1°	Ce - l (+ 2mm)	57.21 %	4.18 %	38.61 %	10031.22
2°	Ce - l (+ 2mm)	43.56 %	4.55 %	51.89 %	9482.18
1°	Tr - l (- 1mm)	43.94 %	10.53 %	45.53 %	9006.26
2°	Tr - l (- 1mm)	42.32 %	9.92 %	47.76 %	8994.72
1°	Tr - l (- 2mm)	44.01 %	9.56 %	46.43 %	9088.46
2°	Tr - l (- 2mm)	54.29 %	8.59 %	37.12 %	9558.64
1°	Tr - l (+ 2mm)	61.07 %	7.09 %	31.84 %	9939.28
2°	Tr - l (+ 2mm)	59.77 %	6.76 %	33.47 %	9916.94

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N° 4

Constancia de análisis del laboratorio



LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC R.U.C. 20552341679

PROYECTOS DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS, TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS,
INDUSTRIALES Y AGUAS ÁCIDAS DE MINA, MONITOREOS AMBIENTALES EN SUELO, AIRE Y AGUA,
ESTUDIOS AMBIENTALES, S.S.SOMA, IMPLEMENTACION Y CAPACITACION DE METODOS
ANALITICOS EN LABORATORIO QUIMICO, FABRICACION DE EQUIPOS DE CONTROL DE GASES,
MATERIAL PARTICULADO, MUFLAS, PLANCHAS DE DIGESTION, CAMPANAS EXTRACTORAS,
VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS – IMPORTADOR – EXPORTADOR.



Constancia

Por medio de la presente dejamos la constancia que el alumno, Paul Takeshi Díaz Márquez con DNI: 75716467 de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo con código 7000463184 a realizado su desarrollo de investigación con el apoyo académico de profesionales colegiados con experiencias de 15 años en problemas ambientales que laboran en prestigiosas empresas y entidades públicas quienes participaron como guías en el desarrollo de métodos estandarizados nacionales como internacionales y uso de equipos en el laboratorio particular de la empresa LC ICA DEL PERU SAC, los que fueron realizados de manera personal por el interesado dando constancia de su originalidad, veracidad de su trabajo como lo ameritan sus antecedentes que se tomaron en su trabajo que realizaron.

Expidiendo la presente constancia para fines que crea convenientes.

San Martin de Porres, 01 de julio del 2018

Chris Lisset Luis Chiroque
Ing. Químico. Reg. CIP. 153976

Rosy Susana Pinedo Ochoa
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 164142

Luis Fernando Mendoza Apolaya
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 213529

Gerente


LC ICA DEL PERU S.A.C.
Luis Fernando Mendoza Apolaya
GERENTE

Dirección: Asoc. Residencial Villa Los Olivos Calle 1 Mz B Lte. 31
San Martín de Porres - Lima.

Teléfono: 523-6273, Celular: 995418217

Email: fica_mena77@hotmail.com



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

"Mezclas de biomasas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

Paul Takeshi, Diaz Márquez

ASESOR

Dr. Ing. Benites Alfaro, Elmer Gonzales

Yo, **ELMER BENITES ALFARO**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Norte (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada:

"Mezclas de biomásas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima 2018", del (de la) estudiante **Paul Takeshi, Díaz Márquez**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **13%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 10 de julio de 2018



.....
ELMER BENITES ALFARO

DNI: 07867259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

DIGITALIZACION DE TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DIAZ MARQUEZ, PAUL TAKESHI con DNI N° 75716467 domiciliado (a) en MZ. 124 LT. 31 AH. ENRIQUE MILA OCHOA - LOS OLIVOS ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018-I del programa INGENIERÍA AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 7000463184 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

LA DIGITALIZACION DE MI TESIS TITULADA: MEZCLAS DE BIOMASAS Y AGIUTINANTES ORGANICOS PARA LA MEJORA DE LAS PROPIEDADES ENERGETICAS EN LA ELABORACION DE BRIQUETAS, LIMA, 2018

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima, 07 de 08 de 2018

Handwritten signature and stamp of the university. Stamp: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO UCV LIMA. Signature: Sr. Paul K. S. A. Coord. Invariantes

Handwritten signature of the student: Paul Marquez



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

DIAZ MARQUEZ PAUL TAKESHI
D.N.I. : 75716467
Domicilio : HZ 124 LT 31 AH. ENRIQUE MILLA OCHOA - LOS OLIVOS
Teléfono : Fijo : 6317047 Móvil : 933522520
E-mail : PAULDIAZMARQUEZ@HOTMAIL.COM

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA
Escuela : INGENIERIA AMBIENTAL
Carrera : INGENIERIA AMBIENTAL
Título : INGENIERO AMBIENTAL

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría

[] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

DIAZ MARQUEZ PAUL TAKESHI

Título de la tesis:

MEZCLA DE BIOMASAS Y AGLUTINANTES ORGANICOS PARA LA MEJORA DE LAS PROPIEDADES ENERGETICAS EN LA ELABORACION DE BARRITAS, LIMA 2018

Año de publicación :

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

[Handwritten signature]

Fecha:

07/08/2018