

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN – GESTIÓN AMBIENTAL



**TRANSFORMACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS
RESIDUOS MADERABLES Y AGRÍCOLAS EN
BRIQUETAS EN LEONCIO PRADO – PERÚ**

Tesis

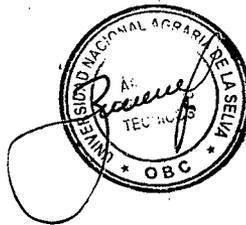
Para optar el grado de:

**MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

PATRICIA PILAR FERNÁNDEZ SORIA

Tingo María- Perú

2012



**TM
AMB**

Fernández Soria, Patricia Pilar

Transformación y uso sostenible de los residuos maderables y agrícolas en Briquetas en Leoncio Prado - Perú

89 páginas; 31 cuadros; 00 grfs.; 31 ref.; 30 cm.

Tesis (Maestro en Ciencias Mención: Gestión Ambiental) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Escuela de Posgrado.

**1. BIOMASA 2. BRIQUETAS 3. PODER CALORÍFICO
4. DENDROENERGÉTICA 5. HUMEDAD 6. SUPERIOR**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCION



Av. Universitaria s/n .Telefax (062) 561070-Email: eggunas@hotmail.com.

"Año de la Integración Nacional y El Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria siendo las 9.00 a.m. del día martes 18 del mes de diciembre de 2012, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"Transformación y Uso Sostenible de los Residuos Maderables y Agrícolas en Briquetas en Leoncio Prado - Perú"

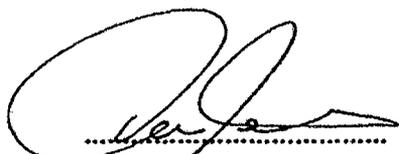
A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, Mención Gestión Ambiental, **ECO. PATRICIA FERNANDEZ SORIA.**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **BUENO.**

Acto seguido, a horas 10.40 a.m. el Presidente dio por levantado el acto; procediéndose a la Suscripción de la presente Acta por parte de los miembros integrantes del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


.....
M.Sc. RICARDO OCHOA CUYA
Presidente del Jurado


.....
M.Sc. TEOFILO PORTUGUEZ SOTO
Miembro del Jurado


.....
M.Sc. TANIA GUERRERO VEJARANO
Miembro del Jurado


.....
Dr. FRANCO VALENCIA CHAMBA
Asesor y Miembro del Jurado

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen, porque me dan la oportunidad de existir y llenarme de bendiciones.

A mi Madre Rosita, porque sin ti no sería lo que soy, no tengo palabras para agradecerte todo lo que me has dado, simplemente gracias. Te amo mucho y que DIOS te bendiga.

A la memoria de mi Padre Homerito por su ejemplo, sus consejos y todo lo que sólo él pudo darme. Desde el cielo siempre estarás junto a mí guiándome por el camino del bien, que DIOS te tenga en su gloria.

A mis adoradas hijas: Karlita, Dafnita y Defnita. Por todo el amor, comprensión, paciencia y porque son la razón de mi existencia.

AGRADECIMIENTO

Manifiesto mi agradecimiento a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme formado con nuevos conocimientos y darme las herramientas científicas para culminar el presente trabajo de investigación.

De manera especial quiero expresar mi reconocimiento y gratitud:

- **Al Dr. Waldir Ferreira Quirino**, por su interés en patrocinar el presente estudio, su asesoramiento científico y apoyo incondicional, ocupándose muchas horas en revisar y sugerir mejoras al mismo.
- **Al Dr. Patrick Roussett**, Coordinador General del Proyecto BEPINET, por su apoyo técnico – financiero.
- **Al Laboratorio de Productos Forestales del Servicio Forestal Brasileiro – LPF/SFB –IBAMA**; por darme las facilidades para realizar las pruebas de Laboratorio, a mis amigos: **Cristina, Lucelia y Joao**, quienes me brindaron su apoyo durante el tiempo que se realizaron los trabajos de laboratorio.
- **Al Dr. Franco Valencia Chamba**, por su asesoramiento científico y apoyo incondicional en el presente estudio.
- **Al Dr. Milthon Muñoz Berrocal**, por su apoyo en la ejecución del presente estudio.
- **A los docentes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva**, a través de la Escuela de Posgrado, especialmente en la mención de Gestión Ambiental, por transmitirme satisfactoriamente sus útiles conocimientos y recomendaciones para lograr desarrollar la presente tesis.
- **A mis hermanos: Homero, Silvia, Beto e Iliana**, por todo el apoyo brindado, haciendo realidad mi sueño.
- **A todas las personas** que de una u otra manera hicieron posible la culminación de esta tesis.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en la Provincia de Leoncio Prado – Departamento de Huánuco – Perú y en el Laboratorio de Productos Forestales del Servicio Forestal Brasileiro del Instituto Brasileiro de Medio Ambiente LPF/SFB-IBAMA y es parte de un estudio de mayor dimensión enmarcado dentro de una estrategia de búsqueda de soluciones integrales en el marco de generación de las energías renovables a través de los biocombustibles sólidos frente a una problemática ambiental generada por el almacenamiento de la biomasa agrícola. El objetivo fue caracterizar y evaluar las propiedades físicos-químicos de la biomasa residual maderable y agrícola y su transformación en briquetas para su uso sostenible como fuente generadora de energía y determinar su viabilidad técnica y económica, utilizándose tres tipos de residuos: aserrín, cascarilla de arroz y cascarilla de café. De los análisis de laboratorio en las tres muestras utilizadas se determinó el contenido de humedad, contenido de ceniza, contenido de volatilidad, contenido de carbono fijo y poder calorífico superior e inferior. Además, se realizó una prueba de resistencia de las briquetas fabricadas y duración en cuanto a generación de calor. Asimismo, se realizó prueba de resistencia a humedad y duración en cuanto a generación de energía. Según los resultados obtenidos, se concluye que el aserrín es una de las mejores alternativas en la generación de energía, por mostrar elevado poder calorífico superior (4.509,19 en promedio), mejor compactación y mayor resistencia. Desde el punto de vista técnico económico, se ha demostrado que la producción de briquetas es altamente rentable, generando un ingreso adicional neto de US\$ 3'246,081.

Palabras claves: Biomasa, briquetas, dendroenergética, humedad, poder calorífico superior.

CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN

II. REVISIÓN DE LITERATURA

- 2.1. Problemática de la Amazonía Peruana 11
- 2.2. Los Sistemas agroforestales 12
- 2.3. Conceptos sobre biomasa 12
- 2.4. Características de los biocombustibles sólidos 13
- 2.5. Concepto de residuo forestal..... 14
- 2.6. Clasificación de los residuos 17
- 2.7. Evaluación económica y ambiental 18
- 2.8. Caracterización y cuantificación de la biomasa residual
maderable y agrícola en la provincia de Leoncio Prado..... 20
- 2.9. Recursos forestales 21

III. MATERIALES Y MÉTODOS

- 3.1. Lugar de ejecución de la investigación 33
- 3.2. Población y muestra..... 33
- 3.3. Materiales y Equipos..... 34
- 3.4. Metodología 35

IV. RESULTADOS

- 4.1. Caracterización y cuantificación la biomasa residual
forestal y agrícola..... 45
- 4.2. Evaluación de las propiedades físico – químicos de la
biomasa residual maderable y agrícola (humedad,
volatilidad, ceniza, carbono fijo, poder calorífico superior y
poder calorífico interior) y su transformación en briquetas..... 64
- 4.3. Determinación de la viabilidad técnica y económica en la
fabricación de briquetas- 72
- 4.4. Costos..... 74
- 4.5. Depreciación 75

4.6. Financiamiento.....	75
4.7. Ingresos	77
4.8. Análisis de viabilidad económica de la producción de Briquetas.....	78
V. DISCUSIÓN	
5.1. Caracterizar y cuantificar la biomasa residual forestal y agrícola	83
5.2. Evaluar las propiedades físico – químicos de la biomasa residual maderable y agrícola y su transformación en briquetas.	84
5.3. Determinar la viabilidad técnica y económica de la fabricación de briquetas a partir de la biomasa forestal y agrícola.	85
VI. CONCLUSIONES	
VII. RECOMENDACIONES	
VIII. ABSTRACT	
IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Número de empresas por localidad y tipo de biomasa.....	34
Cuadro 2: Producción de cascarilla de café a nivel nacional.	46
Cuadro 3: Producción de cascarilla de café por departamentos 2009.	47
Cuadro 4: Producción de cascarilla de café en la región huánuco.....	48
Cuadro 5: Producción de cascarilla de arroz a nivel nacional y por regiones 2009.....	50
Cuadro 6: Agentes importantes de la deforestación.	52
Cuadro 7: Superficie deforestada del bosque amazónico.....	54
Cuadro 8: Años de experiencia en la industria de cajonería.	56
Cuadro 9: Especies forestales de mayor utilización.....	57
Cuadro 10: Cantidad de troncos utilizados.	57
Cuadro 11: Precio de compra de la madera.	58
Cuadro 12: Forma de adquisición de la madera.	59
Cuadro 13: Cantidad de trabajadores.....	59
Cuadro 14: Precios de los cajones.	60
Cuadro 15: Principales problemas en la actividad.	60
Cuadro 16: Uso de la biomasa residual maderable.	61
Cuadro 17: Contenido de volatilidad.....	65
Cuadro 18: Contenido de ceniza	65
Cuadro 19: Carbono fijo (cf).....	66
Cuadro 20: Poder calorífico superior (pcs) y poder calorífico inferior (pci).....	67
Cuadro 21: Prueba de resistencia de las muestras analizadas.....	69
Cuadro 22: Requerimientos de inversión para producción de briquetas (us\$).....	73
Cuadro 23: Presupuesto de costos totales (\$).	74
Cuadro 24: Depreciación y valor residual de maquinaria y equipos (\$).	75
Cuadro 25: Amortización de intangibles (\$).	75
Cuadro 26: Estructura de financiamiento.....	76
Cuadro 27: Desembolso de deuda (\$).	77
Cuadro 28: Presupuesto de ingresos por venta de briquetas (\$).	78
Cuadro 29: Estado de pérdidas y ganancias (\$).	79
Cuadro 30: Flujo de caja económico- financiero (\$).	80
Cuadro 31: Resumen de indicadores de rentabilidad	81

I. INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento acelerado de la población y paralelamente la demanda por especies maderables y no maderables también crece, el proceso de deforestación cada vez se hace más intensivo, generando conflictos ambientales como el calentamiento global como problemática mundial y daños irreversibles hacia nuestros ecosistemas y a la salud de las poblaciones.

En la región de Huánuco, este proceso de deforestación no es ajeno, ya que los pobladores lo realizan para el sembrío de la hoja de coca o bien para otras actividades como la industria de la cajonería.

En la provincia de Leoncio Prado, a lo largo de la carretera marginal, se han instalado cerca de 80 microempresas dedicados a la fabricación de cajones para frutas, utilizando para estos especies maderables como la Bolaina (*Guazuma crinita*) y el Pashaco (*Schizalobium sp*) entre otros, para la comercialización de frutas desde los mercados locales de la selva peruana hacia los grandes mercados de la capital, Arequipa, Chiclayo y Piura.

Considerando los problemas que genera la industria cajonera, tanto para el ambiente como para las propias industrias, se pretende plantear usos alternativos para estos residuos (aserrín, tacos, astillas, etc.) o biomasa mitigando con esto las externalidades existentes.

En la actualidad estos residuos solo son acumulados en las propias cajonerías generando problemas para los propietarios, ya que el espacio que ellos tienen para desarrollar sus actividades no es muy extenso, lo que no les permite desarrollar sus actividades con normalidad. Por otro lado, en la zona se ha planteado el uso de

aserrín como abono orgánico pero esto aún no es muy común ya que la mayoría de los agricultores no conoce este uso de la biomasa, también estos residuos son quemados por los propietarios, generando grandes cantidades de CO₂, lo que se convertía en una fuente de contaminación para el ambiente, asimismo, este aserrín acumulado es un problema ya que en temporadas cuando hay mucho viento, es transportado por todo el ambiente generando malestar en todos los vecinos cercanos a estas industrias.

Ante estos grandes problemas se plantean alternativas de uso de los residuos, como su transformación en briquetas, sabiendo que en otros lugares ha tenido buenos resultados. Realizando este proceso, se estaría contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental como a la mejora de la economía de la población, ya que se estaría creando nuevas industrias las cuales generarían nuevos puestos de trabajo y nuevos ingresos, en un ambiente saludable mejorando la calidad de vida de los pobladores.

Por tanto, **la generación de energías renovables a través del uso de briquetas es alternativa tecnológica viable en el uso sostenible de los residuos maderables y agrícolas que se espera demostrar a través de los siguientes objetivos:**

1.1. Objetivo General

Caracterizar, evaluar las propiedades físicos-químicos de la biomasa residual maderable y agrícola y su transformación en briquetas para su uso sostenible como fuente generadora de energía y determinar su viabilidad técnica y económica.

1.2. Objetivos Específicos:

- Caracterizar y cuantificar la biomasa residual maderable y agrícola como fuentes generadoras de energías renovables en el área de estudio.

- Evaluar las propiedades físico – químicas de la biomasa residual maderable y agrícola (humedad, volatilidad, ceniza, carbono fijo, Poder Calorífico Superior (PCS) y Poder Calorífico Inferior (PCI) y su transformación en briquetas.
- Determinar la viabilidad técnica y económica de la fabricación de briquetas a partir de la biomasa forestal y agrícola.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Problemática de la Amazonía Peruana

En la Amazonía Peruana se estima una pérdida de la cobertura boscosa al 2011 de 11'042,000 hectáreas, con un promedio anual de 261,158ha Dourojeanni (1990), citado por Ríos, J (2003), siendo las causas principales la Agricultura migratoria. El cual es básicamente de subsistencia, estacional, migratoria y de tecnologías tradicionales. Se considera que es de subsistencia, debido a que la producción es para autoconsumo, estacional porque la producción prevalece en la época de lluvia, es migratoria por que realizan rotaciones con largos periodos de descanso de 10 a 20 años y se utiliza tecnología tradicional, generando consecuencias de erosión y agotamiento del suelo así como contaminación debido al uso de pesticidas y abonos sintéticos, contaminación del agua, eliminación de especies de la flora y la fauna, cambio en los patrones de explotación de las tierras y depredativa de los recursos naturales Urrelo (1994). El otro causante del deterioro de los recursos naturales es la ganadería extensiva, para el cual se desbroza grandes extensiones de bosques primarios para la instalación de pastos, estos son manejos ineficientes que resisten a una carga animal menor por hectárea año (MINAG 2001).

Otro aspecto importante que es necesario destacar, es el uso de los residuos agrícolas concernientes a la cascarilla de arroz y café como generadores de energía, para el caso del café la producción a nivel nacional es de 350,000 ha y a nivel del área de estudio tenemos una producción de 4,157 ha, con un rendimiento aproximado de 483 Kg/ha. En lo que respecta a la producción de arroz se tienen instaladas 23,097 ha.

2.2. Los Sistemas agroforestales

La reducción de la cobertura boscosa ha sido un factor desencadenante del deterioro del ambiente Pezo (1992). Esto es consecuencia de prácticas de manejo no racional (quema, labranzas inapropiadas y sobre pastoreo) trayendo como consecuencia compactación y erosión de los suelos, ruptura de los balances hídricos y el incremento en la emisión de gases que contribuyen en el calentamiento global (Serrano y Toledo 1990), citado por (Pezo 1999).

Ante tal eminente problema, todos los países de la región han desarrollado sistemas de producción sostenibles, pues estos, no solo deberán incrementar su productividad para cubrir la demanda de seguridad alimentaria de una población creciente, sino que, tendrán que ser cada vez mas compatibles con el uso racional de la base de los recursos naturales (Pezo 1996), citado por (Pezo y Ibrahim 1999).

2.3. Conceptos sobre biomasa

Torres (2007), considera a la biomasa, como un término muy amplio usado para denominar toda materia orgánica utilizable como fuente de energía. En definitiva, hablamos de restos vegetales susceptibles de ser utilizados como sustitutos del gasoil. La heterogeneidad, es la característica fundamental de la biomasa, una heterogeneidad que afecta no sólo a los materiales en sí mismos, sino también a los posibles usos energéticos que se les asigne.

La biomasa como fuente de energía tiene más posibilidades de utilizarse en sistemas aislados donde no hay otros recursos renovables. Existen tres grandes regiones donde la biomasa presenta un interesante potencial para ser usada con fines energéticos de mediana y gran potencia Green Energy (2005): la costa norte (bagazo de caña, cascarilla de arroz, residuos hidrobiológicos); la selva alta (cascarilla de café, residuos forestales); y la selva baja (residuos forestales). Respecto al consumo de leña, en

la costa norte, una gran proporción proviene de los bosques secos del norte. En la región de la sierra, considerada por la FAO una región en situación de escasez aguda de biomasa Horta (1988), los ecosistemas naturales usualmente utilizados como fuente de energía son los bosques de queñuales y otras formaciones boscosas, como los totorales y los yaretales. En esta región las plantaciones de eucalipto han contribuido parcialmente en la solución del problema energético de la región, lo que ha impulsado la realización de programas intensivos de reforestación con fines energéticos. Finalmente, en la selva, la abundancia de biomasa permite afirmar que su consumo no tiene restricción.

2.4. Características de los biocombustibles sólidos

Se ha dicho anteriormente que la heterogeneidad es la característica fundamental de la biomasa, y es precisamente esta heterogeneidad la que nos obliga a considerar varios aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de valorar las distintas biomásas para su uso como combustible sólido.

Poder calorífico.- Es la cantidad de energía producida por un kg de combustible al quemarse. El poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión, debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua. Por ello, es necesario conocer el verdadero Poder Calorífico del biocombustible, aquel que hace referencia a la energía realmente aprovechable una vez evaporada el agua producida en la combustión.

Densidad.- Es el peso del material por unidad de volumen. Aquellas biomásas con alta densidad, favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos entre cargas o reposiciones de biomasa. Por otro lado, materiales con baja densidad

necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y algunas veces, presentan problemas en la alimentación de la caldera, lo cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.

Así también explica Grover (1996), que la densificación de la biomasa representa un sistema de tecnología para la conversión de la biomasa en un combustible, el cual mejora el poder calorífico volumétrico de un combustible, reduce el costo de transporte y mejora la situación del combustible en zonas rurales.

Algunos aspectos a tenerse en cuenta en el proceso de densificación físico son: contenido de agua, densidad a granel, volumen vacío y características termales; y en el proceso químico se toma en cuenta el valor calorífico incluyendo un análisis inicial y final.

Otro aspecto importante a ser considerado son las características para la dosificación de los sólidos son la fluidez y cohesividad, tamaño de partícula, adherencia, dureza y distribución dimensional de la partícula.

Contenido de humedad.- 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%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo o de transformación con un contenido de humedad muy superior, que obliga a operaciones de acondicionamiento (secado), antes de poder ser utilizado.

2.5. Concepto de residuo forestal

Vásquez (2008), sostiene que es necesario diferenciar previamente los conceptos de "biomasa", "biomasa forestal" y "residuos forestales", dado que son términos que se usan en ocasiones indistintamente, pero que poseen significados distintos desde el punto de vista técnico. Se denomina *biomasa* a la materia

orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía aunque puede tener otros usos industriales. Siendo la biomasa forestal aquella que es generada en los montes. La biomasa forestal es susceptible a ser aprovechada de forma industrial. Parte de ella se utiliza como materia prima para su transformación (madera, corcho, pasta de celulosa etc.), y otra parte se utiliza como combustible. Generalmente la extracción de esta biomasa de los montes se denomina aprovechamiento forestal. De la biomasa extraída en el aprovechamiento que llega a la industria una parte se utiliza para obtener bienes manufacturados, la parte sobrante es residuo industrial.

Según Reger (1988), el uso de residuos de madera, como combustible directo ha sido tradicional, debido a su poder calorífico, lo cual es posible observarlo en zonas rurales donde la producción dendroenergética es necesaria por la deficiente cobertura de energía eléctrica y la facilidad de obtención del recurso. Este fenómeno de uso ha sido estudiado de forma más amplia debido a las carencias rurales y las posibles necesidades a suplir.

Según Ferreira (2002), define como residuo aquello que sobra de un proceso de producción u exploración, de transformación o utilización de toda sustancia, material o producto destinado por su propietario.

El aserrín acumulado en el bosque o en los aserraderos constituye un depósito y un foco para la propagación de hongos (especialmente de los géneros *Fomes*, *Schizophyllum* y *Polyporus*, entre otros) que provocan la podredumbre de árboles moribundos o muertos con un contenido de humedad relativamente alto. Los residuos pueden ser un medio ideal para la propagación de plagas y enfermedades.

La cuestión del uso de los desechos madereros es muy compleja, sobre todo en los países en desarrollo, y depende de consideraciones económicas y de medios de transporte y de políticas sectoriales para impulsar sus usos alternativos mediante la aplicación de tecnologías y procesos viables que permitan reducir los impactos ambientales.

Para procesar todo el aserrín que sea posible y los demás residuos forestales y convertirlos en estos nuevos productos, los estudiosos tendrán en cuenta la tecnología adecuada, costo del equipamiento, montaje y lugar apropiado. Ellos recomiendan una planta de porte pequeño, que sea móvil y de fácil manipulación para los operarios.

En varias naciones europeas se han identificado plantas pequeñas de peletizado donde se compactan los pellets, previa mezcla de los diferentes ingredientes, con una producción de 300 kg/ha, con un costo en el mercado de 53,000 euros.

Estos residuos forestales en contraposición a los residuos de la industria de transformación, no han sido todavía aprovechados de forma eficaz, bien en la generación de energía, bien en la fabricación de productos derivados (FAO, 1997; FAO, 2003). Las razones han sido tanto económicas como técnicas, así como falta de información y conocimiento de los propietarios de las explotaciones forestales y de la sociedad en general. El aprovechamiento de estos residuos requiere optimizar los procesos de extracción, transporte, selección y transformación. El concepto debe ser económicamente atractivo, ecológicamente sostenible y aceptado por la sociedad.

Esto significa que el aprovechamiento energético de los residuos forestales debe quedar supeditado al correcto manejo de las masas forestales. Un incorrecto planteamiento de las operaciones forestales sería tener como objetivo prioritario la obtención de

combustibles, presentándose el riesgo de realizar un sistema de producción no sostenible Campos y Marcos (2002). Por otro lado, un correcto manejo de las masas forestales obliga a realizar podas, raleos y otras labores culturales a veces no rentables económicamente. El aprovechamiento energético de los residuos forestales originados en estas labores puede rentabilizar estas tareas. Por tanto, la búsqueda de sistemas de extracción, selección, acopio y posterior tratamiento supone un importante reto a la investigación forestal. Este aprovechamiento debe ir asociado a la promoción de la instalación de calderas alimentadas con biomasa, dado que si no es así, el combustible obtenido carece de mercado.

2.6. Clasificación de los residuos

Una de las clasificaciones que se plantean a nivel de los residuos agrícolas que se pueden utilizar como biocombustibles sólidos, al respecto Ferreira (2002), sostiene que utilizando la cáscara del arroz, café, cacahuete de manera directa como generación de energía, es un proceso ineficiente, por cuanto se recomienda utilizar como combustible briquetado, que permite reducir la polución y la reducción de los costos en la utilización y generación de energía.

Grover & Milshral (1996), manifiesta que en los procesos de generación de energía, la cáscara de arroz tiene una excelente sintetización de la ceniza, porque su materia prima dispone de un 10 % de humedad y la ceniza contiene pocos minerales alcalinos.

Con respecto al residuo agrícola de la cáscara de café es un material excelente para el ladrillado dado que tiene ceniza baja y bajo contenido de humedad (10 %).

Soto (2008) sostiene que algunos países utilizan briquetas con características de encendido y combustión tales que prenden fácilmente y generan poco humo, superando de esta forma unas de las grandes barreras con que siempre se han enfrentado los

programas de sustitución de combustibles derivados del petróleo por carbón. Este tipo de briquetas han tenido gran acogida para uso doméstico e industrial.

Procesos de generación de biocombustibles sólidos

Uno de estos procesos de generación de biocombustibles sólidos (GBS) es la compactación como una tecnología del enladrillado y se divide en: compactación de alta presión, compactación media de la presión con un aparato de la calefacción, compactación baja.

Grover (1996), sostiene que para la cohesión del sólido - líquido es recomendable utilizar la lignina de la biomasa de la madera.

2.7. Evaluación económica y ambiental

El briquetado a partir del uso de la biomasa residual forestal vegetal, es una alternativa real y viable, además, permite emplear carbones débilmente coquizables para la producción mediante el sistema de mezclas. Su combustión es mejor y más uniforme, mayor eficiencia térmica, fácil manejo, más estable.

Alvarez R., Urbina K (2009) sostienen que un aspecto importante de la sustitución del uso de los residuos de la biomasa vegetal y forestal por briquetas de carbón es la protección del bosque, pues es bien claro su papel como sumidero de dióxido de carbono (CO₂); una hectárea de bosque sano puede asimilar 10 toneladas de CO₂, en esta perspectiva se tiene que la briqueta cumple dos funciones, ayuda a controlar el efecto invernadero por reducciones de emisiones y por el mantenimiento del bosque como sumidero, sus efectos netos se presentan a continuación:

Con el fin de comparar la situación ambiental y resultados de la utilización de leña seca y briquetas, se deslizará un balance para un núcleo de individuos de 500 familias.

La leña seca es aproximadamente el 50% carbono. Y teniendo en cuenta que una familia promedio de cinco personas consume alrededor de 15 kilogramos de leña al día (1.066 ton/año), y que la planta puede atender a 500 familias, tenemos que las emisiones anuales son:

$$\frac{15 \text{ kg-leña}}{\text{familia} \cdot \text{día}} * \frac{0,5 \text{ kgC}}{\text{kgleña}} * \frac{44 \text{ kgCO}_2}{12 \text{ kgC}} * \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} * 500 \text{ familias} = \frac{5018 \text{ tonCO}_2}{\text{año}}$$

Por otra parte se tiene que como materia prima de las briquetas se emplea carbón bituminoso con un contenido aproximado del 75% de carbono, por lo tanto las emisiones por este concepto son:

$$\frac{5 \text{ kgBriqueta}}{\text{familia} \cdot \text{día}} * \frac{0,75 \text{ kgC}}{\text{kgBriqueta}} * \frac{44 \text{ kgCO}_2}{12 \text{ kgC}} * \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} * 500 \text{ familias} = \frac{2509 \text{ tonCO}_2}{\text{año}}$$

Lo que representa una reducción de emisiones de CO₂ del orden de 2.509 ton al reemplazar la leña por briquetas de carbón como combustible doméstico.

Adicionalmente a este beneficio esta la protección del bosque pues teniendo en cuenta que una hectárea de bosque cultivado produce 200 ton leña/año cada seis años, y que se sustituye el consumo de 500 familias tenemos que el área protegida es:

$$\frac{15 \text{ kgLeña}}{\text{familia} \cdot \text{día}} * \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ haBosque}}{200 \text{ tonleña}} * 6 \text{ años} * 500 \text{ familias} = 82 \text{ ha}$$

Teniendo en cuenta la capacidad de absorción de CO₂ del bosque tenemos que las 82 hectáreas protegidas pueden absorber:

$$82 \text{ ha} * \frac{10 \text{ tonC}}{\text{ha}} * \frac{44 \text{ tonCO}_2}{12 \text{ tonC}} = 3006 \text{ tonCO}_2$$

Lo que deja un balance positivo de reducción de 497 ton de CO₂ absorbidas por las 82 hectáreas de bosque protegidas.

2.8. Caracterización y cuantificación de la biomasa residual maderable y agrícola en la provincia de Leoncio Prado

La industria cajonera en la provincia de Leoncio Prado, se ha convertido en una alternativa de negocio para muchas personas de la localidad, esta actividad a parte de generar ingresos también produce ciertos efectos negativos para el ambiente, puesto que genera gran cantidad de residuos, si bien es cierto los recursos forestales normalmente son considerados renovables, pese a que se ha mostrado, un proceso de deforestación constante y frecuentemente irreversible.

Pero la explotación intensiva de bosques puede ser señalada como la causa fundamental de los desastres naturales que sufren algunos países del mundo. La utilidad de los recursos forestales no radica sólo en la producción de materias primas y bienes económicos, sino en el papel esencial que desempeñan en el funcionamiento del sistema natural, sin ellos no pudiera existir vida alguna.

Es por ello que se realizó la presente investigación, en el cual se da a conocer la cantidad de empresas cajoneras existentes en la ciudad de Tingo María – Naranjillo, la cantidad de madera que utilizan en la producción de cajones, entre otros aspectos que caracterizan a esta actividad económica productiva. Y lo que es más importante presentamos una serie de alternativas de uso para los residuos que se generan con la producción de cajones.

Además de contribuir a la preservación del medio ambiente, estas alternativas, entre ellas la transformación, pueden representar otra fuente de ingreso para los productores cajoneros, esperamos que este trabajo, sirva de contribución para la sociedad.

2.9. Recursos forestales

Los recursos forestales normalmente son considerados renovables, pese a que se ha mostrado, un proceso de deforestación constante y frecuentemente irreversible. La explotación intensiva de bosques puede ser señalada como la causa fundamental de los desastres naturales que sufren algunos países del mundo.

La utilidad de los recursos forestales no radica sólo en la producción de materias primas y bienes económicos, sino en el papel esencial que desempeñan en el funcionamiento del sistema natural, sin ellos no pudiera existir vida alguna.

Las principales funciones de los recursos forestales pueden agruparse en protectoras, reguladoras y productivas a nivel del ecosistema, y adquieren valor económico.

Todas las funciones pueden ser manejadas por el hombre a fin de llevar al máximo todos los beneficios de su uso que nos otorgan los recursos forestales. Lamentablemente no hay un control de deforestación, es por esto que la gran mayoría de los bosques están expuestos a desaparecer.

En nuestro país tenemos 75 millones de hectáreas de bosques que cubren más del 56% del territorio nacional. Existen 53,3 millones de hectáreas con potencial actual y futuro para la producción forestal permanente, y ocupan el 42% de la superficie total del país.

Los bosques tienen una enorme capacidad de producción de bienes y servicios en forma sostenible, para lo cual se requiere de un manejo forestal integrado a industrias madereras eficientes y competitivas internacionalmente. Asimismo, es imperativo promover el desarrollo forestal de productos no maderables y de los servicios ambientales. (INRENA/CIF). La instalación de plantaciones forestales en el 2007 en el Perú fue de 26'444,08 ha. En la región Huánuco se instaló 2'190,54 ha. Tiene una área de 660,000 ha aptas para la reforestación pero tiene 621,072 ha por reforestar lo cual implica que hay mucho trabajo por hacer.

a) Producción de madera rolliza y aserrada en el Perú

En el Perú se produce 2'086,522.90 m³ de madera rolliza y 936,666.80 de madera aserrada. En la región Huánuco se produce 84,971.97 de m³ de madera rolliza y 52,174.16m³ de madera aserrada, siendo el Tornillo la especie más empleada (12,346.55 m³ rolliza y 7,994.35 m³ aserrada) seguida de la Bolaina blanca (7,766.20 m³ rolliza y 7,404.96 m³ aserrada; el Shihuahuaco (6, 075.24 m³ rolliza y 5,138.48 m³ aserrada), Cumala (4,774.68 m³ rolliza y 4,253.06 m³ rolliza), entre otros.

b) Producción de carbón y leña en el Perú

La producción de carbón en la región Huánuco es de 63,295.83 kg. La producción de leña basada en el consumo estimado de la población rural es de 505,200.00 m³ que representa en 6.97% de la producción nacional. La producción de leña en toda la cuenca amazónica se estima que es de 8' 000,000 m³.

c). Productos de los residuos de la madera

Así la biomasa se puede considerar como un combustible y se puede utilizar en varios sectores para satisfacer las necesidades energéticas (producción de electricidad y calor). También puede servir para la producción de carburante para los automóviles. Los países desarrollados, han encontrado una forma alternativa para utilizar los residuos que genera la industria de la madera, estos productos alternativos son:

Productos de celulosa de madera (lignocelulosa): energía, biofertilizantes, suplementos alimenticios; sustancias bioactivas y productos forestales naturales: cera, derivados clorofílicos, aceites esenciales, harina vitamínica; resinas y sus derivados: colofonia (pez griega), trementina; mobiliario y tableros: muebles, tableros de partículas.

Estos productos se encuentran actualmente en distintas fases de desarrollo (laboratorio, pruebas, planta piloto y planta industrial), y la estrategia se dirige a consolidar la fase productiva y de comercialización de estos productos en la región.

Diferentes formas de empleo de los residuos maderables:

- La multiplicación de los usos de las materias forestales conducirá a muchos países a decir cuántas hectáreas habrá que forestar, reforestar o someter a explotación intensiva, para explotar las nuevas posibilidades, sobre todo teniendo en cuenta que ya existe una gran competencia entre diversas formas de aprovechar la tierra.
- Se conoce que Estados Unidos, Finlandia, Australia y otros países, realizan experimentos que demuestran la efectividad de la utilización de residuos de la industria de elaboración de la madera y el follaje en la obtención de alimento animal a partir de la tecnología química moderna y la biotecnología.

➤ En Canadá, la firma State Technology, LTD, comercializa un producto bajo la marca comercial "Procell" obtenida de los desechos del bosque descrito como un producto fibroso, de olor agradable, buen gusto y que eleva el apetito, el cual constituye un suplemento alimenticio en la dieta animal.

➤ En la antigua URSS, se reportan diferentes experiencias en la obtención de suplementos de carbohidratos y/o proteicos a partir de aserrín, astillas y corteza, empleando diferentes métodos (Utkin, 1984; Ladinskaya, 1987). Ensayos realizados por diferentes investigadores dan fe del valor nutritivo de tales suplementos. Ejemplos:

Al suministrar suplemento de carbohidratos obtenido a partir de astillas de madera a novillas y vacas lactantes, se comprobó que su valor nutritivo es elevado y equivale a 0,5-0,6 unidades alimenticias Levanova (1987) Se suplementó una dieta alimenticia para toros de ceba con masa sacarificada de madera, en dosis de 4 Kg por cabeza al día y se observó un aumento en 32 % en peso de los animales con respecto al grupo de control Strelski (1989).

➤ En Chile: un grupo de investigadores estudiaron el comportamiento de mezclas suelo-aserrín-ceniza y comprobaron la posibilidad de utilización de estos residuos como mejoradores de la fertilidad de los suelos, ya que las mezclas producen un incremento en el nivel de elementos nutritivos Crez (1990).

➤ En Cuba: también se han realizado trabajos encaminados a demostrar la efectividad de estos residuos forestales con fines agrícolas. En el Instituto de Investigaciones Forestales, por ejemplo, obtuvieron un abono orgánico a partir de residuos boscosos, cepas microbiológicas y agentes químicos Harewood (1989). Otras alternativas de uso de los residuos forestales madereros, están relacionadas con su utilización como fuente de energía, como la obtención de biogás, de carbón activado y etanol combustible.

Políticas Ambientales

Los acuerdos internacionales

Compromisos asumidos como consecuencia de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), realizada en junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil, tales como la Declaración de Río, la Agenda 21 y la Declaración de los Principios de los Bosques.

El Objetivo del Año 2000 planteado en el Convenio Internacional de Maderas Tropicales (CIMT) del cual el Perú es parte, consiste en hacer todos los esfuerzos necesarios para promover el comercio a nivel internacional de maderas provenientes de bosques manejados.

La concentración de la producción de maderas en las Zonas Forestales Permanentes

El Ministerio de Agricultura ha iniciado un proceso de la ordenación de la actividad forestal cuya primera etapa consiste en la identificación de las áreas forestales que se destinarán en forma permanente a la producción de maderas.

La creación de las Zonas Forestales Permanentes busca concentrar en dichas áreas la producción de madera a fin de facilitar el control por parte del Estado, ofrecer a los concesionarios mejores condiciones de infraestructura y servicios, mejorar el abastecimiento de la industria forestal, y ofrecer a los inversionistas forestales mayores garantías sobre el mantenimiento de dichas áreas para la producción de madera.

El requisito de los planes de manejo forestal

Los planes de manejo son un requisito indiscutible para toda modalidad de aprovechamiento forestal, tanto para los contratos de extracción forestal como para las nuevas concesiones en las Zonas Forestales Permanentes. Es un requisito que está previsto

también en la Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, así como en los proyectos de ley forestal en el Congreso.

Política de Impacto Ambiental

Incluye los elementos que deberán estar contenidos en los Estudios de Impacto Ambiental. Se señala que el estudio deberá contener un diagnóstico ambiental del proyecto, con el análisis y los objetivos del mismo, así como su marco político normativo e institucional; un análisis de los impactos ambientales referidos al medio biofísico, relacionados con el medio social, económico y cultural; un plan de gestión ambiental que incluye un plan de acción preventivo; un plan de monitoreo; un plan de contingencia y un plan de cierre de operaciones; una valoración ambiental e información complementaria sobre la información recopilada y sobre los especialistas ejecutores del Estudio de Impacto Ambiental.

La conservación de ecosistemas forestales a través de áreas naturales protegidas y las Zonas de Protección Ecológica.

La legislación nacional contempla la protección de muestras representativas de los ecosistemas del país a través del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, sistema que comprende áreas de protección estricta en las cuales las actividades permitidas son bastante limitadas, así como otros donde se permiten una serie de actividades, siempre que no sean contrarios a los objetivos de creación de dicha área. Entre las categorías de áreas naturales protegidas están los parques nacionales, las reservas naturales, los santuarios nacionales, los santuarios históricos, las reservas comunales, los cotos de caza y las zonas reservadas.

Además de los ecosistemas forestales protegidos por el Estado a través de las distintas categorías de áreas naturales protegidas, existen otros ecosistemas forestales ubicados en la región

de selva protegidos a través de las Zonas de Protección Ecológica 103.

Las zonas de protección ecológica son aquellas áreas geográficas que por sus especiales características ambientales poseen suelos, aguas, diversidad biológica, valores escénicos, culturales, científicos y recreativos, que sólo pueden ser sujetos de uso sostenible compatible con su naturaleza. Dichas zonas comprenden las siguientes áreas:

- a) Áreas naturales protegidas
- b) Tierras de protección en laderas de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Tierras.
- c) Áreas de pantanos, aguajales y cochas determinadas en el Mapa Forestal del Perú.
- d) Áreas adyacentes a los cauces de los ríos, según la delimitación establecida por la Autoridad de Aguas.

Las concesiones que otorguen los sectores, de acuerdo a su competencia y jurisdicción, para el desarrollo de actividades dentro de las zonas de protección ecológica de la región de selva, deben sujetarse estrictamente a las normas de protección del medio ambiente.

Política de reforestar

A fin de superar estos problemas, actualmente se establece que las actividades ejecutadas con estos recursos, es decir el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales, manejo de áreas de regeneración natural y/o regeneración inducida, con el exclusivo fin de reponer el recurso forestal extraído, serán ejecutadas por los Comités de Reforestación mediante contratos con personas naturales o jurídicas o a través de convenios con entidades públicas. Sólo el 15% de los recursos podrán ser utilizados en las tareas técnico-administrativas del respectivo Comité de reforestación.

El concepto de planes de manejo forestal sostenible incluye la obligación directa de los titulares de reforestar, por lo que probablemente una vez que sea operativa la modalidad de la concesión en Zonas Forestales Permanentes, la obligación vuelva a ser responsabilidad directa del titular de la actividad.

Sin embargo, sin importar la forma en que el titular asumía esta responsabilidad, resulta de interés destacar que esta obligación siempre estuvo vigente.

El otorgamiento de contratos sobre superficies menores a 1,000 has por un año, en condiciones blandas.

Las actuales reglas para el aprovechamiento forestal, de carácter temporal, no incentivan a los empresarios forestales a invertir en esta actividad. El modelo de la subasta pública de lotes de corta en el Bosque Nacional Alexander Von Humboldt no tuvo el éxito esperado, aunque no necesariamente por deficiencias del modelo, sino por restricciones de tipo económico; el sistema de concesiones por 50 años a implementarse en la Zona Forestal Permanente Cordillera Azul se encuentra todavía en una etapa de diseño e implementación inicial, mientras que el resto del país o está en veda forestal o está en la situación en que sólo se pueden otorgar contratos sobre superficies menores a 1,000 has y por el plazo de un año.

El nivel jerárquico de la Dirección General Forestal dentro de la Estructura Orgánica del Ministerio de Agricultura.

La dependencia del Sector Forestal del Ministerio de Agricultura, siempre ha sido percibida por los empresarios forestales como un problema, pues la actividad que tradicionalmente tiene mayores conflictos con el sector forestal es justamente la agrícola. La expansión agrícola ha sido siempre a costa de los ecosistemas forestales, por lo que consideran contradictorio que la autoridad que debe promover la actividad agrícola sea la misma que debe velar por la conservación de los bosques.

En la última reorganización del Ministerio de Agricultura se creó el Instituto Nacional de los Recursos Naturales (INRENA), transfiriéndosele la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre como uno de sus órganos de línea, cuando antes dependía directamente del Vice-Ministro, pasando así de ser un órgano de tercer nivel a ser un órgano de cuarto nivel. Mediante esta reorganización sus facultades también fueron restringidas.

La dificultad de acceso a créditos para la actividad forestal por no contar con garantías apropiadas.

La inestabilidad del sector forestal generada no sólo por el actual contexto político-legal, sino por la propia naturaleza de la actividad (riesgo de invasiones, terrorismo y narcotráfico en la zona, desastres naturales, resultados a largo plazo, etc.) dificulta el acceso de los empresarios forestales a créditos en la banca comercial debido a que los contratos forestales no son suficiente garantía.

La exclusión de la actividad forestal del régimen de la Ley de Promoción del Sector Agrario, la cual establece una serie de beneficios tributarios y laborales.

La Ley de Promoción del Sector Agrario declara de interés prioritario la inversión y desarrollo del sector agrario y como beneficiarios a las personas naturales o jurídicas que desarrollen cultivos y/o crianzas, con excepción de la avicultura, la agroindustria y la industria forestal.

Esta ley establece beneficios de índole tributario y laboral que tendrán una duración de cinco años, hasta el 31 de diciembre del 2001.

En cuanto a los beneficios tributarios, la Ley declara la inafectación al impuesto mínimo a la renta y la aplicación de la tasa de 15%, para efecto del impuesto a la renta correspondiente a las rentas de 3ra. Categoría.

En cuanto a beneficios laborales y de seguridad social incluye los siguientes:

- Exonera del pago de las tasas administrativas al Ministerio de Trabajo;
- Exonera de las contribuciones al FONAVI a las remuneraciones de los trabajadores que laboren en relación de dependencia;

- Crea el seguro de salud para los trabajadores de la actividad agraria en sustitución del Régimen de Prestaciones de Salud, con un aporte mensual por el empleador de 4% de la remuneración mínima vital por cada trabajador dependiente.

Alternativas de Uso de los Residuos de la Industria

Considerando los problemas que genera la industria cajonera, tanto para el ambiente como para las propias industrias, se debería plantear usos alternativos para estos residuos (aserrín, tacos, astillas, etc.) o biomasa. Mitigando con esto las externalidades existentes.

En la actualidad, estos residuos solo son acumulados en las propias cajonerías generando problemas para los propietarios, ya que el espacio que ellos tienen para desarrollar sus actividades no es muy extenso. Lo que no les permite trabajar con normalidad, por otro lado en la zona se ha planteado el uso de aserrín como abono orgánico pero en realidad esto aun no es muy común ya que la mayoría de los agricultores no conoce este uso de la biomasa, también en algún momento estos residuos estuvieron siendo quemados por los propietarios, generando grandes cantidades de CO₂, lo que se convertía en una fuente de contaminación para el ambiente, también este aserrín acumulado es un problema ya que en temporadas cuando hay mucho viento, el aserrín es transportado por todo el ambiente generando malestar en todos los vecinos cercanos a estas industrias.

Ante estos grandes problemas se plantean alternativas de uso de los residuos, sabiendo que en otros lugares ha tenido buenos resultados. Haciendo esto se estaría contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental como a la mejora de la economía de la población, ya que se estaría creando nuevas industrias las cuales generarían nuevos puestos de trabajo generando nuevos ingresos,

en un ambiente saludable mejorando la calidad de vida de los pobladores.

Las alternativas son las siguientes:

❖ **Abono Orgánico para la Agricultura**

El aserrín al descomponerse genera grandes cantidades de abono, con lo cual se puede lograr buena producción de los cultivos agrícolas, además que es un abono orgánico ya que es extraído directamente de la madera.

También se puede utilizar para mantener la humedad de cualquier tipo de plantón ya sea agrícola o forestal. Estas y otras propiedades que posee el aserrín son rescatables dentro del ámbito agrícola, pero para lograr el conocimiento general de los agricultores es necesario que intervengan las instituciones públicas y privadas dando charlas a los agricultores, ya que esa es una labor a la que todos debemos aportar para lograr el equilibrio de nuestra ecología principalmente de la Amazonia Peruana.

❖ **Briquetas**

Están hechas con materia residual, como cascarilla de arroz, cascarilla de café, bagazo de caña de azúcar, residuos de pulpa de papel, papel o cartón y aserrín de madera. Se aglomera con agua y a menudo con otros residuos orgánicos, como las purinas de los cerdos, que si se dejan en el terreno, causan una contaminación indeseable.

Para compactar el bloque sólido combustible se pueden usar aglutinantes como la arcilla, que luego de ser incinerados puede tener propiedades puzolánicas y ser utilizados para la fabricación de Eco Materiales como el Cemento Puzolánico tipo CP40.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución de la investigación

El estudio se realizó en la provincia de Leoncio Prado – Huánuco – Perú y en el Laboratorio de Productos Forestales del Servicio Forestal Brasileiro del Instituto Brasileiro de Medio Ambiente LPF/SFB-IBAMA - Brasilia.

3.2. Población y muestra

Según el diagnóstico de la provincia de Leoncio Prado se encuentran registradas 80 microempresas que están relacionadas con la transformación de recursos forestales y agrícolas. Para tomar la muestra utilizamos 34 microempresas.

La muestra será seleccionada mediante la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2 p q N}{E^2(N-1) + Z^2 p q}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra

p = Población que tiene la característica de interés (0.5)

(1-p) = q= probabilidad de fracaso (0.5)

E = nivel de precisión (0.05)

z = Nivel de confianza (al 95%)

N= Universo, para nuestro estudio consideramos 80 microempresas que utilizan biomasa agrícola y forestales.

Sustituyendo valores:

n = 34 microempresas

En efecto nuestra muestra de estudio queda constituida por 34 microempresas, cuya selección fue en forma aleatoria, en la provincia de Leoncio Prado como a continuación se detalla.

Cuadro 1: Número de Empresas por localidad y tipo de biomasa.

Localidades	BRA1	BRF2	%	Muestra
Tingo María	20	12	40	14
Aucayacu	10	8	22	8
Las Palmas	7	3	13	4
Naranjillo	3	9	15	5
Santa Rosa	7	1	10	3
TOTAL	47	33	100	34

1 N° de empresas que usan BRA: Biomasa Residual Agrícola

2 N° de empresas que usan BRF: Biomasa Residual Forestal

Fuente: Elaborado por el autor

3.3. Materiales y Equipos

3.3.1. Materiales

- Residuo Forestal (aserrín)
- Residuos Agrícolas (cascarilla de arroz y cascarilla de café)

3.3.2. Equipos

- Balanza Analítica BEL (Marca Italiana), con capacidad máxima de 200 gramos con luna de reloj, con precisión de 0.1mg.

- Recipiente de acero inoxidable con espesura de 2mm, rectangular, con dimensiones de 200mm x 200mm x 60 mm.
- Placas de Petri de vidrio
- Cadinho de platina con tapa, con capacidad de volumen de 25 cm³.
- Desecador de vidrio con tapa
- Espátulas (lámina plana de metal) tipo Tyler
- Cronómetro marca MONDAINE (Water Resistant)
- Termómetro marca Testo 922
- Mufla marca QUIMIS Digital (Forno Mufla), con capacidad de atender temperaturas de 1000°C.
- Estufa con capacidad de atender temperatura de 110°C.
- Compactadora
- Molde para briquetas de madera
- Peneira de 40USS/ASTM, con malla de 0.420 mm y un Tyler/ mesh de 35 y Peneira de 60 USS/ASTM, con malla de 0.250 mm con un Tyler/mesh de 60.
- Calorímetro, marca PARR 1261 con recirculador de agua PARR 1563.
- Trituradora
- Monitor de carga de 19" marca PROVIEW.

3.4. Metodología

En el presente estudio se ha utilizado el método de investigación de análisis y síntesis y las técnicas que a continuación se mencionan:

3.4.1. Recopilación y acceso al material logístico

Se recorrió las microempresas de cajonerías a lo largo de la Provincia de Leoncio Prado, para determinar el tipo de especies maderables que vienen utilizando y por ende recopilar muestras en

un promedio de 3 Kg (aserrín) como biomasa residual forestal, para el caso de residuos agrícolas como el café y arroz, se visitó a los productores arroceros y cafetaleros y piladoras recopilándose 3 Kg de cascarilla de arroz y 3Kg de cascarilla de café, para ser trasladado al Laboratorio de Productos Forestales del Instituto Brasileiro de Medio Ambiente en Brasilia. Este proceso nos permitió identificar las especies maderables que se destinan a la industria de la cajonería y que en su mayoría son maderas blancas y en épocas de escases viene utilizando especies valiosas como el cedro y la caoba. Asimismo, nos permitió cuantificar los volúmenes de biomasa que se vienen generando. Posteriormente, se recopiló, registró y elaboró datos a través de bibliografías (libros, trabajos de investigación, revistas, publicaciones periódicas e internet) actualizadas concernientes a la biomasa residual y se definió las tecnologías apropiadas para la elaboración de briquetas como una alternativa a la generación de biocombustibles sólidos.

Se debe resaltar que las muestras fueron llevadas desde nuestra localidad, con la finalidad de contar con un estudio que se adecue a los residuos de nuestro País, es decir, realizar el trabajo considerando las características como el porcentaje de humedad de nuestra biomasa ya que estas varían de acuerdo al lugar de procedencia.

3.4.2. Análisis de laboratorio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Productos Forestales del Servicio Forestal Brasileiro del Instituto Brasileiro de Medio Ambiente LPF/SFB-IBAMA - Brasilia. El proceso de análisis consistió en la determinación del contenido de humedad y el análisis químico inmediato, para determinar el contenido de volatilidad, de carbono fijo y de ceniza, así como la determinación del Poder Calorífico Superior (PCS) y el Poder Calorífico Inferior (PCI) de los residuos maderables y agrícolas. Posteriormente, se realizó los

ensayos de compactación en prensas de laboratorio y se observó la temperatura y presión para la estabilidad de las briquetas. Finalmente, se realizó pruebas simples de resistencia a la humedad y duración de la briqueta como energía.

3.4.2.1. Determinación del porcentaje de Humedad

Para determinar el contenido de humedad se realizó el siguiente procedimiento:

Se inició el proceso, colocándose en un recipiente de acero inoxidable 500g de cada muestra, se colocó el recipiente con la muestra en una estufa previamente calentada a 105°C, se dejó en la estufa el recipiente con la muestra hasta que la masa de la muestra quede constante, se retiró la muestra de la estufa y se colocó en el desecador para determinar la masa final.

El % de humedad se calculó con la siguiente ecuación:

$$TU = (m_0 - m_1) / m_0 \times 100$$

Dónde:

TU = Contenido de humedad en %.

m_0 = masa inicial de la muestra en g.

m_1 = masa final de la muestra en g.

Inicialmente la cascarilla de café presentó una humedad promedio de 10.43% la cascarilla de arroz 20.61% y el aserrín 72.34%. Por el elevado porcentaje de humedad base seca que contenían, sobretodo la cascarilla de arroz y el aserrín y que va contra la NBR 6923 (Preparación de la muestra) que nombra un rango permitido de 8% a 12%, con un nivel de precisión entre muestras en donde no debe diferir uno de otro en valores relativos más de 5%. Posteriormente se procedió al molido y fueron pasados por las peneiras de 40 a 60 mesh para un mejor filtro. El proceso fue necesario repetir por tres días consecutivos.

3.4.2.2. Análisis químico inmediato

a) Determinación del porcentaje de Ceniza

Para determinar el contenido de ceniza se realizó el siguiente procedimiento:

Con una balanza analítica se pesó 1,0 g de muestra, anotándose la masa "m", se colocó la muestra en un cadiño de platina sin tapa, previamente pesado, se colocó el cadiño con la muestra en la mufla previamente calentada a 700°C, se dejó el cadiño en la mufla hasta que el carbón se quemara completamente, aproximadamente 6 horas luego se retiró la muestra de la mufla y se dejó enfriar en un desecador y determinar la masa final.

El contenido de ceniza se calculó con la siguiente ecuación:

$$CZ = (m_1 - m_0)/m \times 100$$

Dónde:

CZ = Contenido de ceniza en %,

m_0 = masa de cadiño en g.

m_1 = masa de cadiño + residuo en g

m = masa de la muestra en g

El nivel de precisión refiere que de los resultados obtenidos en la determinación del % de ceniza no debe diferir uno del otro en valores relativos más que el 10%. Para esta prueba se utilizó tres muestras de cada residuo.

b) Determinación del porcentaje de Materiales Volátiles

Para la determinación de la cantidad de materias volátiles se realizó el siguiente procedimiento:

Se pesó un 1,0 g de muestra en la balanza analítica (anotándose la masa "m"), sin humedad y con granulometría inferior a 0,210 mm, se colocó la muestra en un cadiño de platina con tapa, previamente pesado, luego se colocó el cadiño con la muestra sobre la puerta de la mufla previamente calentada a 900°C, permaneciendo en esa posición 3 min. Posteriormente se colocó el cadiño en el interior de la mufla y se dejó por 7 min con la puerta cerrada. Finalmente se retiró la muestra de la mufla, se enfrió en el desecador y se determinó la masa final. En total se utilizó 10 min y el proceso se realizó para tres muestras de cada biomasa.

El contenido de materiales volátiles se realizó con la siguiente ecuación:

$$MV = (m_2 - m_3)/m \times 100$$

Dónde:

MV = Contenido de materiales volátiles en %,

M₂ = masa inicial de cadiño + muestra, en g.

M₃ = masa final de cadiño + muestra, en g

M = masa de la muestra en g

El nivel de precisión en la determinación de los % de materiales volátiles no debe diferir uno de otro en más de 2%. Para esta prueba se utilizó tres muestras de cada residuo.

c) Determinación del porcentaje de Carbono Fijo

La determinación del Carbono Fijo, es una medida indirecta y puede ser calculada con la siguiente ecuación:

$$CF = 100 - (CZ - MV)$$

Dónde:

CF = Contenido de carbono fijo en %,

CZ = Contenido de ceniza, en %.

MV = Contenido de materiales volátiles, en %.

Residuo carbónico que se forma después de la salida de los volátiles. Para esta prueba se utilizó tres muestras de cada residuo.

El análisis química inmediata se realizó conforme a la norma ABNT NBR 8112/86.

3.4.2.3. Poder calorífico

El poder calorífico define la cantidad de energía contenida en el material, constituyendo uno de los principales indicadores para ser utilizados o no como combustible. El poder calorífico superior (PCS), es obtenido por el calorímetro con el material totalmente seco y el poder calorífico inferior, es calculado considerando la humedad

presente en el material. Las muestras fueron molidas y pasadas por peneiras de 40 a 60 mesh y secadas en la estufa. Para calcular el poder calorífico superior, estos ensayos fueron realizados en el calorímetro PARR 1261, conforme a los procedimientos de la norma ASTM D 5286- 77: El poder calorífico inferior (PCI) fue calculado a partir de la fórmula: $PCI = [(PCS - 25.11 \times H)/(100 + H)] \times 100$.

Se necesitó aproximadamente 70 gr de cada muestra. La diferencia entre las muestras en la estimación del Poder Calorífico Superior (PCS) fue de 40 a 80, el tiempo aproximado fue de 10 a 20 minutos.

3.4.2.4. Ensayos de compactación

Para realizar la compactación de las muestras, hubo la necesidad de hacer secar a 60°C las muestras de arroz y aserrín para bajar el nivel de humedad, no siendo necesario para el café que tuvo 10,43% encontrándose dentro de los parámetros normales (De 8% a 12%).

Se realizó la compactación de los residuos por separado así como también mixturado.

Estos ensayos nos permitieron validar la capacidad de compactación de las muestras que fueron realizados por equipos industriales conocidos como prensas extrusoras. En este proceso, fue importante tomar en cuenta la temperatura empleada de 120°C. El principio de este proceso se basa en la transición plástica de la lignina presente en los vegetales. Los ensayos en laboratorio, permiten controlar la presión aplicada lo que las máquinas industriales no hacen.

En este proceso se tuvo en cuenta la temperatura de 120°C y los siguientes parámetros:

- 550 Kgf/cm² = 2000 PSI

- 770 Kgf/cm² = 2800 PSI
- 990 Kgf/cm² = 3600 PSI

El tiempo aproximado para cada briqueta fue de 15 min.

3.4.2.5. Evaluación de calidad de las briquetas

a) Resistencia a compresión

Para esta prueba se tomaron 27 briquetas, 09 de cascarilla de arroz, 09 de aserrín y 09 de mixturado (cascarilla de arroz y aserrín). El proceso fue el siguiente:

- 03 briquetas de 550 Kgf/cm² = 2000 PSI para cada muestra
- 03 briquetas de 770 Kgf/cm² = 2800 PSI para cada muestra
- 03 briquetas de 990 Kgf/cm² = 3600 PSI para cada muestra.

Cabe indicar que en este proceso no intervino la cascarilla de café por presentar una débil compactación.

3.4.3. Proceso de briquetado

Se colocó las muestras de los residuos en el molde de las briquetas, presionando hasta que quede bien lleno, luego se colocó el molde en la máquina briquetadora, se palanqueó hasta sentir presión, se tomó la temperatura de 120°C, cuando se llegó a esa temperatura se siguió palanqueando hasta llegar a 2000 PSI como mínimo de presión, igual se tomó la temperatura y se procedió al palanqueo hasta 2800 PSI se tomó nuevamente la temperatura y se palanqueó hasta 3600 PSI para una mayor compactación. Una vez presionado hacia esos valores se tomó el tiempo de 3 minutos para luego retirar los moldes de la máquina y retirar las briquetas del molde. Para cada briqueta el tiempo que se emplea es de aproximadamente 15 minutos.

3.4.4. Evaluación socio económica

Se utilizó el análisis costo – beneficio, a través de la obtención del VAN y la TIR.

Determinación del análisis costo – beneficio:

$$B_i = Y_i - C_i$$

Dónde:

B_i = Beneficios

Y_i = Ingresos

C_i = Costos

- Se valorizó los insumos y productos generados en la elaboración de Briquetas.
- Se determinó los costos directos e indirectos en el proceso de briquetado.

3.4.5. Identificación de variables

V.D (Y): Energías renovables

Indicadores:

Y_1 = Características físicas y químicas de residuos

Y_2 = Densidad

Y_3 = Grado de humedad

Y_4 = Poder calorífico

Y_5 = Grado de volátiles

Y_6 = Grado de Carbono fijo

Y_7 = Poder Calorífico Superior e inferior

V.I X1: Uso de briquetas

X1.1 = Demanda de briquetas

X1.2 = Costos de producción de briquetas

V.I X2: Residuos maderables.

X2, 1 = Cantidad de residuos maderables disponibles para energía

X2, 2 = Cantidad de residuos agrícolas disponibles para energía

V.I X3: Variables Socioeconómicas y ambientales

X3, 1 = Número de empleos directos e indirectos creados

X3, 2 = Aumento de la renta de las empresas madereras

X3, 3 = Reducción de la emisión de la polución.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización y cuantificación la biomasa residual forestal y agrícola.

La agricultura peruana atraviesa por un proceso de recuperación y crecimiento económico que se sustenta en una reconversión productiva, pero que sin embargo, en el análisis de la cadena productiva muchos derivados de la biomasa residual agrícola y forestal no están utilizándose adecuadamente, por el contrario los agricultores y procesadores agroindustriales están generando impactos ambientales negativos por las constantes quemas de estos residuos, en consecuencia, es necesario desarrollar estrategias orientadas al desarrollo de proyectos con Mecanismos de Desarrollo en Limpio (MDL), conducentes al desarrollo de estructuras productivas de manera sustentables que permitan usar los recursos que contribuyan a lograr estándares de calidad ambiental.

Producción de biomasa residual de café, arroz y forestal Café

El café es uno de los principales productos del sector agro exportador peruano, tanto por la cantidad de tierra agrícola que ocupa (más de 300,000 hectáreas), el número de familias que se dedican a esta cultivo (Aprox. 150,000) y su aporte a la generación de divisas en el Perú (más de 550 millones de dólares en el 2010). Actualmente, el Perú es el mayor proveedor de café orgánico certificado al mercado de Estados Unidos.

La producción de cascarilla de café generada a nivel nacional en el 2010 fue de 50,010.6 toneladas que representa el 20 % de la producción de café pergamino con cáscara y a nivel de la región Huánuco se están produciendo anualmente 428 toneladas de cascarilla de café que pueden ser utilizadas en diferentes alternativas a través de la generación de biocombustibles sólidos, como son las briquetas, pellets y otras alternativas.

Cabe indicar que actualmente la cooperativa agroindustrial naranjillo está utilizando la cascarilla de café, como biocombustible en la generación de vapor a través de los calderos reduciendo en más del 60 % los costos de producción.

Cuadro 2: Producción de cascarilla de café a nivel nacional.

Año	Hectáreas Cosechadas	Producción t	Rendimiento Kg/ha	Cascarilla T
2000	260,125	186,585	717	37,317
2001	268,967	189,190	703	37,837
2002	283,793	212,770	750	42,554
2003	291,844	203,148	696	40,620
2004	295,087	224,665	761	44,933
2005	301,483	175,000	580	35,000
2006	301,025	255,229	848	51,045
2007	320,428	260,400	812	52,080
2008	333,391	273,780	820	54,756
2009	342,621	243,479	710	48,695
2010	351,872	50,053	711	50,010

Fuente: SISAGRI- MINAG, y cálculos del autor

Cuadro 3: Producción de cascarilla de café por departamentos 2009.

Región	Hectáreas Cosechadas	Producción t	Rendimiento kg/ha	Cascarilla T
Amazonas	44,460	31,812	716	6,362
Apurímac	1	2	1,500	0
Ayacucho	6,497	4,405	678	881
Cajamarca	62,284	57,272	920	11,454
Cusco	58,780	20,502	675	4,100
Huancavelica	20	8	400	1
Huánuco	4,215	2,142	483	428
Junín	87,677	60,792	988	12,158
La Libertad	325	301	842	60
Lambayeque	866	406	542	81
Loreto	47	24	511	4
Madre de Dios	52	36	661	7
Pasco	7,814	5,818	859	1,163
Piura	7,206	3,079	2,547	615
Puno	9,241	6,393	873	1,278
San Martín	51,823	48,644	934	9,728
Ucayali	1,316	1,797	965	359
Nacional	342,624	243,433	15,094	48,679

Fuente: SISAGRI-MINAG y Cálculos del autor

Cuadro 4: Producción de cascarilla de café en la región Huánuco.

Año	Hectáreas Cosechadas	Producción t	Rendimiento kg/ha	Cascarilla t
2000	3,937	1,954	496	391
2001	3,988	1,996	501	399
2002	4,086	1,890	462	377
2003	4,500	2,127	473	425
2004	4,589	2,064	450	413
2005	4,465	2,012	451	402
2006	4,157	2,009	483	402
2007	4,190	2,020	482	404
2008	4,053	2,066	0.51	413
2009	4,215	2,142	0.51	428

Fuente: SISAGRI-MINAG y Cálculos del autor

Alternativas de uso de la cascarilla de café

En los países productores de café, los residuos y sub-productos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se ha tratado de inventar métodos que son utilizados como materia prima para la producción de bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pépticos, proteína, y abono.

Cascarilla de café como combustible

La cáscara del café es prácticamente pura lignocelulosa y no tiene ningún valor como fertilizante. Se quema habitualmente en hornos toscos para secar el café en pergamino. Si la mayor parte del pergamino se seca parcialmente al sol por motivos de calidad, es aún posible tener un excedente de combustible después de una operación de acabado del secado, incluso con los toscos secadores de aire caliente. Puede quemarse la cáscara en un generador de gas pobre y después accionar un motor sobre ese gas pobre para producir electricidad.

Arroz

La cadena de arroz-molinería, constituye uno de los soportes principales de la alimentación popular y la seguridad alimentaria en el Perú y el arroz es el cultivo que ocupa la mayor extensión de tierras agrícolas. En el 2007 se cosecharon 337,639 hectáreas con una producción de más de 2'435,134 toneladas casi exclusivamente orientadas al consumo nacional.

La producción de cascarilla a nivel nacional es de 487,028 toneladas aproximadamente, que los productores no le están dando un uso adecuado, más bien lo queman y generan una contaminación al ambiente. A nivel de la región de Huánuco. En el año 2009 se han generado 4,905 toneladas de cascarilla de arroz.

La fabricación de briquetas es una forma de aprovechar los desperdicios de los procesos de los granos ó madera, ejemplos: cáscara de arroz, gras, aserrín de madera, cisco de carbón, etc. Para prensarlos y con algún material ligante darles forma de un pequeño ladrillo y posteriormente utilizarlo para cocinas domesticas rurales, o como combustible para hornos e intercambiadores de calor en usos industriales. De esa forma se aprovecha los desperdicios, se mejora la combustión eliminando la contaminación ambiental y se tiene un combustible económico.

Cuadro 5: Producción de cascarilla de arroz a nivel nacional y por regiones 2009

Región	Hectáreas Cosechadas	Producción t	Precio Chacra kg	Cascarilla t
San Martín	60,854	394,746	0.70	78,949
Piura	43,369	402,128	0.87	80,426
Lambayeque	41,659	358,589	0.88	71,718
Amazonas	37,469	272,528	0.80	54,506
Loreto	33,423	95,249	0.47	19,050
La Libertad	29,934	285,723	0.84	57,145
Cajamarca	29	220,262	0.82	44,052
Arequipa	16,928	216,231	0.81	43,246
Tumbes	12,349	94,904	1.00	18,981
Ucayali	11,251	26,951	0.67	5,390
Huánuco	7,182	24,527	0.65	4,905
Madre de Dios	4,278	7,303	0.97	1,461
Ancash	3,067	23,155	0.92	4,631
Cusco	2,681	3,453	1.24	691
Junín	1,736	5,639	0.92	1,128
Pasco	1,539	2,266	0.53	453
Ayacucho	465	856	0.85	171
Puno	374	564	1.26	113
Lima	12	60	0.80	12
Total	308,599	2'435,134		487.028

Fuente: MINAG y cálculos del autor.

También se fabricaron briquetas cilíndricas por compresión mecánica usando diversas sustancias aglomerantes como por ejemplo la arcilla, bentonita o almidón de yuca. El uso de aglomerante permitió reducir la presión de trabajo.

Los niveles de producción de las briquetas son bajos y las habilidades necesarias para operar el equipo son fáciles de desarrollar. Adicionalmente, los aglomerantes seleccionados están disponibles en el mercado, no son caros y poseen una fuerte capacidad de aglomeración.

El proceso comienza con la conversión de la cascarilla de arroz en un polvo fino, mediante su molienda en un molino de martillos. Luego se mezcla el polvo fino con agua y una sustancia aglomerante. La mezcla pastosa formada es puesta en una prensa briquetadora. Finalmente la briqueta necesita ser secada para reducir el contenido de agua. El secado puede realizarse al aire libre o en un secador eléctrico.

La Universidad Católica tiene una planta piloto y está compuesta de un molino de martillo, una criba vibratoria, una prensa manual y un horno de secado eléctrico. La capacidad de producción de la planta piloto es de aproximadamente 30kg. / Hora de briquetas.

Deforestación e impacto ambiental

Entre los múltiples problemas ambientales que afronta el país, uno de los más relevantes es la deforestación de los bosques amazónicos, hecho que causa mucha preocupación dada la importancia que representan para el planeta los mencionados bosques por su influencia en los cambios climáticos, así como por la mega diversidad que albergan.

El Perú tenía originalmente una cobertura boscosa amazónica de 75.560.500 has que representa el 58.8 % de la superficie total del territorio nacional. El área está conformada por diferentes ecosistemas características de los bosques húmedos tropicales de la cuenca amazónica. A mediados de la década de los noventa, la explotación de los recursos forestales representaba solo el 3.2 % del PBI y el 0.56 % de las exportaciones. La escasa importancia

económica de la actividad forestal contrasta enormemente con su potencial.

Cuadro 6: Agentes importantes de la deforestación.

Agentes	Vínculo con la deforestación
Agricultores de roza y quema	Desbrozan el bosque para sembrar cultivos de subsistencia y otros cultivos para la venta.
Agricultores comerciales	Talan los bosques para plantar cultivos comerciales.
Ganaderos	Talan los bosques para sembrar pastos
Pastores de ganado menor y mayor	La intensificación de las actividades de pastoreo de ganado menor y mayor puede conducir a la deforestación.
Madereros	Cortan árboles comerciales, los caminos que abren los madereros permiten el acceso a otros usuarios de la tierra.
Dueños de plantaciones forestales	Aclaran barbechos boscosos y bosques previamente talados para establecer plantaciones para proveer fibra a la industria e pulpa y papel.
Recolectores de leña	La intensificación en la recolección de leña puede conducir a la deforestación.
Industriales Mineros y Petroleros	Los caminos y las líneas sísmicas proporcionan acceso al bosque.
Planificadores de programas de colonización	Planifican la relocalización de habitantes a áreas forestales.
Planificadores de infraestructuras	Los caminos y carreteras construidos a través de áreas forestales dan acceso a otros usuarios de la tierra.

Fuente: Elaboración propia.

La selva peruana produce un promedio de 150 m³ de madera por hectárea, pero solo alrededor de 2 m³ pertenecen a especies comercializables, esto motiva una tala muy selectiva. Frecuentemente se destruyen amplias zonas boscosas para cortar tan solo unos pocos árboles, descartando otras especies que

supuestamente no tienen valor, lo cual reduce la posibilidad de hacer un uso integral del bosque.

Hasta 1985 se estimó, una superficie deforestada de 5'642,447 ha, equivalente al 7.47% de la cobertura original, que se incrementó hasta 1990 en 1'305,790 ha, que suman 6'948,237 ha lo que nos permite determinar que en el Perú anualmente se deforesta una superficie promedio de 261,158 ha los departamentos que registran mayor deforestación en el periodo 1985 son Amazonas, San Martín, Loreto, Ucayali y Huánuco, siendo los departamentos de San Martín y Huánuco los que presentan la mayor tasa acumulada de deforestación 40 % y 32 % respectivamente con respecto al área original esto se debe a una serie de factores que se presentan en los cuadros 6 y 7.

De mantenerse la misma tendencia de 1985, la superficie deforestada en el 2011 alcanzaría 11'042,000 ha, cifras que nos llevan a reflexionar sobre la necesidad de proponer prontas soluciones (ver cuadro 7). INRENA (1987). Aun cuando la Ley Forestal establece la obligatoriedad de aplicar planes de manejo forestal en superficies mayores a 1000 ha, la mayor parte de los extractores prefieren obtener contratos menores a estas superficies, manteniéndose en esencia el sistema tradicional de extraer maderas sin planes de manejo.

Hoy en día se reconoce como una necesidad nacional y mundial el promover la integración del enorme potencial de recursos boscosos a la economía del país, pero teniendo como base sólida el aprovechamiento ordenado del recurso a fin de no deteriorar su capacidad productiva, pues de lo contrario se estaría atentando contra las futuras generaciones, que se verían despojadas del derecho de obtener los mismos bienes y servicios del bosque que ahora disfrutamos. El principio fundamental del manejo sostenible consiste en no aprovechar más de lo que el bosque es capaz de dar en un

periodo de tiempo determinado. Este principio es de aplicación a los recursos naturales renovables. Por lo que es necesario desarrollar tecnologías que utilicen adecuadamente la biomasa residual producto de la transformación agroindustrial y de los procesos de deforestación.

Cuadro 7: Superficie deforestada del bosque amazónico

Departamentos	Área original de bosque amazónico		Deforestación hasta 1985	Deforestación hasta 1990	Área deforestada anualmente	Deforestación al año 1995	Deforestación al año 2000	Deforestación al año 2006	Deforestación proyectada al año 2011	Deforestación respecto al Área original
	ha	%	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	%
Amazonas	3,464,300	5.0	1283,686	1482,746	37,812	167,806	1860,866	1899,511	1899,170	54.82
San Martín	4,904,800	6.0	1063,603	1351,208	57,521	1638,813	1926,416	1966,052	2,253,657	45.94
Loreto	36,279,500	48.0	765,739	1039,299	54,712	1312,859	1586,419	1619,057	1992,617	5.49
Junín	2,338,600	3.0	538,446	660,711	24,453	782,876	805,241	823,865	1,109,248	47.43
Ucayali	10,137,500	13.0	415,808	569,843	30,787	723,778	877,713	895,771	1,049,706	10.35
Huánuco	2,296,500	3.0	482,161	562,336	16,035	642,511	722,686	737,554	817,729	35.60
Cajamarca	505,000	10	462,318	462,318	9,619	462,318	462,318	471,829	500,000	99.00
Cusco	3,406,200	5.0	273,676	371,771	11937	469,866	567,851	579,444	709,038	20.81
Pasco	1811,300	2.2	144,770	204,455	7,075	264,140	323,825	330,467	365,862	20.19
M. de Dios	8,460,000	11.0	45,501	80,676	244	16,521	16,626	16,745	158,965	1.87
Ayacucho	324,600	0.4	72,675	73,895	963	75,165	76,335	77,905	82,720	25.48
Puno	1,345,200	1.8	54,764	59,579		64,394	69,209	70,632	72,752	5.40
La Libertad	117,100	0.2	20,800	20,800		20,800	20,800	21,227	21,794	18.61
Piura	47,700	0.1	8,400	8,400		8,400	8,400	8,571	8,742	18.32
APURÍMAC	72,800	0.1								
Huancavelica	42,800	0.1								
Lambayeque	6,600	0.1								
TOTAL	76,660,600	100.0	6,642,447	6,948,237	261,168	8,254,297	9,569,817	9,766,290	11,042,000	

Fuente: Información de INRENA y proyecciones del autor

En el Perú se produce 2'086,522.90 m³ de madera rolliza y 936,666.80 de madera aserrada. En la región Huánuco se produce 84,971.97 de m³ de madera rolliza y 52,174.16 m³ de madera aserrada, siendo el Tornillo la especie más empleada (12,346.55 m³ rolliza y 7994.35 m³ aserrada) seguida de la Bolaina blanca (7,766.20 y 7,404.96 respectivamente); el Shihuahuaco (6,075.24 m³ y 5,138.48 m³) y Cumala (4, 774.68m³ y 4, 253.06 m³).

La producción de carbón en la región Huánuco es de 63,295.83 kg. La producción de leña para el consumo doméstico de la población rural es de 505,200.00 m³ que representa en 6.97% de la producción nacional.

Cabe indicar que el proceso de conversión de madera rolliza M^3 a pie tablar o sea madera aserrada en el caso peruano tiene una pérdida del 50 % en donde se incluye los huecos de los árboles, la cáscara del árbol, las astillas, tacos, aserrín y viruta, con respecto a los tres últimos representa el 15 % de la madera rolliza, es por eso que $1 m^3 = 2.20$ pie tablar, lo que debería ser $1 m^3$ igual 424 pie tablar, en el mercado, los aserraderos condicionan y disminuyen hasta en un 50 %. Gutiérrez, (2007). Pero para sacar la producción de aserrín y viruta a nivel nacional, regional y local se tiene que aplicar el 15 % de la producción de madera rolliza. En consecuencia, a nivel nacional se produce aproximadamente 312,978.44 m^3 de aserrín y viruta. A partir de esta situación se deduce que para el departamento de Huánuco tiene una área deforestada 817,729 has en el 2011 que representa el 35.60 % del área original de bosque, de igual manera la región de San Martín a alcanzado una deforestación de 2,253, 657 has que representa el 40.08 % del área inicial de bosque.

Uso de los residuos forestales de la industria cajonera en la provincia de Leoncio Prado

Caracterización de la industria

La provincia de Leoncio Prado, es un espacio territorial, donde su actividad productiva se orienta a la actividad agraria con una prevalencia en la producción de plátano, yuca, frutas y productos commodities de cacao y café, para el cual se requieren la producción de cajones para comercialización y distribución a los mercados regionales y fundamentalmente Lima.

Esta industria ha desarrollado sus operaciones desde la década de los 90, según información de los propios trabajadores, si bien anteriormente eran pocos los que se encontraban dentro de este sector industrial, hoy en día el incremento de la demanda de estos productos ha generado un incremento de empresas dedicadas a la fabricación de cajones para la comercialización de frutas.

Cuadro 8: Años de experiencia en la Industria de Cajonería.

Años	cantidad	%
0 a 1	4	12
2 a 4	10	29
5 a 7	14	41
8 a 9	4	12
10 a más	2	6
Total	34	100

Fuente : Encuesta Julio 2009
Elaboración: Propia.

Las especies forestales, más utilizadas en la fabricación de cajones son denominadas "*madera de descarte*", por los propios dueños de las cajonerías. Dentro de estas especies encontramos a las siguientes:

Especies	Nombre Científico
Bolaina	<i>Guazuma crinita</i>
Pashaco	<i>Schizolobium sp</i>
Ojé	<i>Ficus anthelmintica</i>
Achotillo	<i>Nephelium lappaceum</i>
Moena	<i>Aniba sp/Nectandra</i>
Shimbillo	<i>Inga sp</i>
Guaba	<i>Inga edulis</i>
Cetico	<i>Cecropia sp</i>
Cumala	<i>Virola sp</i>
Huairuro	<i>Ormosia cocinea</i>

Cuadro 9: Especies forestales de mayor utilización

Especie	Cantidad	%
Tacona	17	21
Bolaina	11	14
Lápiz	10	13
Shimbillo	8	10
Cumala	9	11
Moena	8	10
Ojé	8	10
Guaba	5	6
Pashaco	4	5
Total	80	100

Fuente : Encuesta Julio 2009

Elaboración: Propia

Según los resultados obtenidos de la encuesta, podemos determinar, que la especie que se utilizó en la fabricación de cajonería en la provincia de Leoncio Prado fue la Tacona; que representa el 19% del total de especies más usadas, le sigue en importancia la Bolaina, Lápiz, Shimbillo y Cumala.

Cuadro 10: Cantidad de troncos utilizados.

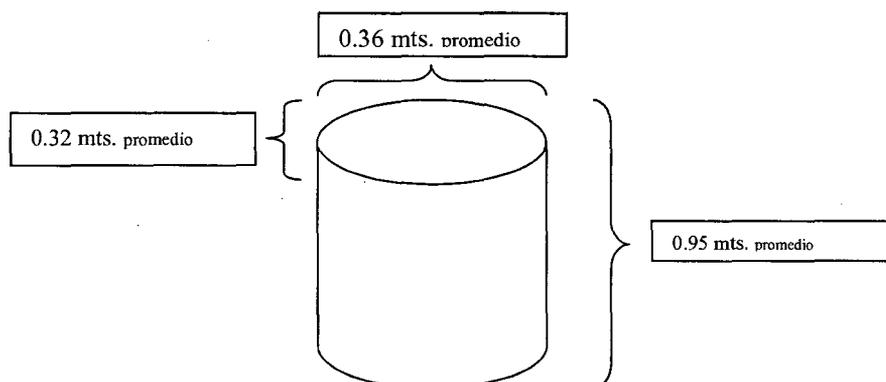
Troncos	Cantidad	%
100 a 300	15	44
301 a 500	12	35
501 a 700	7	21
Total	34	100

Fuente: Encuesta Julio 2009

Según los resultados obtenidos, se demuestra que de las 34 empresas dedicadas a la producción de cajones, 15 de estas requieren de 100 a 300 troncos diarios, esto se da por la capacidad de producción de la empresa; por otro lado el resto de las empresas requieren más de 300 troncos ya que poseen instalación con mayor infraestructura para su almacenamiento de cajones.

El rendimiento aproximado de las maderas empleadas para la cajonería es de la siguiente manera: De cada 180 troncos se obtiene 1000 jabas cada tronco tiene la siguientes medidas: 32 x 36 x 95 cm aprox.

MEDIDAS APROXIMADAS DE LOS TRONCOS



El costo de la materia prima que son los "troncos", esta valorizado por la cantidad de troncos que cada camión contiene. La modalidad de compra son por camionada o por troncos, sus precios oscilan entre los S/. 200.00 a S/. 600.00 la camionada, el cual cada camionada carga en promedio entre 300 a 600 troncos.

Cuadro 11: Precio de compra de la madera.

Precio	Cantidad	%
200 a 600	12	35
601 a 900	18	53
901 a mas	4	12
Total	34	100

Fuente: Encuesta Julio 2009

Otra modalidad de compra es por unidad y su precio es de S/. 2.50 por unidad, las características para realizar este tipo de compra están sujetas a sus medidas de los troncos. Que depende de la calidad de la madera y la procedencia de la zona, por lo general son comerciantes informales.

Cuadro 12: Forma de adquisición de la madera.

Forma	Cantidad	%
Camionada	27	79
Por troncos	7	21
Total	34	100

Fuente: Encuesta Julio 2009

La forma más común de adquirir la materia prima, según los datos de campo son el modo de "camionada", que representa el 83% del total empresas que han sido encuestadas en esta actividad. Otra modalidad de compra de la materia prima se realiza por unidades, los troncos, representan un 17% del total de las industrias.

El proceso de producción de los cajones se realizan con equipos, tales como: los discos, motores generadores, martillos, clavos, carretillas, machetes.

Dentro de los costos de producción, encontramos al costo de mano de obra que depende mucho del número de trabajadores que se requerirá por cada pedido y de la eficacia en su labor.

Cuadro 13: Cantidad de trabajadores.

Trabajadores	Cantidad	%
3 a 8	16	47
9 a 14	8	23
15 a 20	10	30
Total	34	100

Fuente: Encuesta Julio 2009

La cantidad de trabajadores depende mucho de la capacidad productiva y de los pedidos que puedan tener para cada mes.

En la actualidad esta industria en promedio oferta 26,000 cajones por día, de las cuales los principales mercados de estos productos son la ciudad de Pucallpa y la ciudad de Lima. Los cajones son trasladados en camiones de 2 ejes con capacidad de 1500 cajones.

El precio de los cajones en actualidad, depende mucho de la temporada en la que se encuentra; existen épocas de apogeo como se mencionó anteriormente este se da en los meses agosto a enero en donde los precios pueden llegar hasta lo S/. 1.20 por cajón; el precio promedio del cajón es de S/. 0.80 c/u.

Cuadro 14: Precios de los cajones.

Precios	Cantidad	%
0.7 a 0.9	20	59
1.0 a 1.2	14	41
Total	34	100

Fuente: Encuesta Julio 2009

La industria cajonera en la Provincia de Leoncio Prado está formada por 34 empresas de las cuales 16 de estas han realizado sus respectivos pagos por sus licencias de funcionamiento a la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.

La informalidad también afecta a este mercado, ya que dentro de este grupo de ofertantes 10 de los mismos son informales.

Cuadro 15: Principales problemas en la actividad.

Problemas	Cantidad	%
Residuos	15	44
Personal	6	18
Inestabilidad	5	15
otros	8	23
Total	34	100

Fuente: Encuesta Julio 2009

El principal problema para esta actividad es el uso inadecuado de los residuos con un 44% de la industria cajonera, ya que estos son arrojados a la intemperie. En algunos casos estos residuos eran incinerados lo cual causaban externalidades negativas para la sociedad civil y el medio ambiente.

No podemos dejar de lado el análisis en la inestabilidad que el mercado representa, ya que existen en la actualidad fluctuaciones de demanda muy pronunciadas, lo que ha hecho que los ingresos de los comerciantes sean mínimos.

Cuadro 16: Uso de la biomasa residual maderable.

Usos	Cantidad	%
Quema	14	41
Venta	12	35
Otros	8	24
Total	34	100

Fuente: Encuesta Julio 2009

Manejo de la Biomasa residual de la industria de la cajonería en la Provincia de Leoncio Prado.

La biomasa se puede considerar como una alternativa para la producción de biocombustible sólidos y se puede utilizar en varios sectores para satisfacer las necesidades energéticas (producción de electricidad y vapor). La biomasa forestal residual que generan las industrias cajoneras en el corredor Tingo María-Aucayacu, muy a parte de generar un ingreso adicional para ellos, estos representan un problema, puesto que no saben qué hacer con altos volumen de residuos, dado que no tienen la información y el conocimiento sobre el manejo de la Biomasa residual forestal y agrícola, especialmente con el aserrín, que forman cerros con su acumulación, incomodando así, la actividad diaria Valencia (2001).

- ❖ **Aserrín.-** Por cada tronco utilizado en la producción de cajones se genera 4.5 Kg. de aserrín, que en la mayoría de los casos son votados en huecos o son quemados.
- ❖ **Tacos.-** Por cada tronco utilizado en la producción de cajones se genera 31.5 Kg, de tacos, que en la mayoría de los casos lo usan como descolonizadores.
- ❖ **Astillas.-** Por cada tronco utilizado en la producción de cajones se genera 39 Kg, de astillas, que en la mayoría de los casos lo venden a 8. 00 nuevos soles un bajaj lleno que es utilizado como leña en el consumo doméstico en las familias urbano marginales.

Impacto ambiental de la industria cajonera

La **deforestación** es un proceso provocado generalmente por la acción humana en la que se destruye la superficie forestal. Está directamente causada por la acción del hombre sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para la agricultura y ganadería.

Talar árboles sin una eficiente reforestación, resulta en un serio daño al hábitat, pérdida de biodiversidad y aridez. Tiene un impacto adverso en la fijación de carbono atmosférico (CO₂). Las regiones deforestadas tienden a una erosión del suelo y frecuentemente se degradan a tierras no productivas.

Los factores que contribuyen a esta situación son la inadecuada planificación, el afromador crecimiento demográfico, la infraestructura y las políticas para el sistema de uso de la tierra, la subvaloración de los recursos disponibles, y los conocimientos insuficientes sobre la silvicultura sostenible, el manejo poco responsable de la forestación y leyes medioambientales deficientes.

La deforestación de los bosques presenta también serias implicancias sociales, ecológicas y económicas. En el futuro el sector forestal tendrá que hacer frente a una demanda aun más intensa de sus servicios y productos industriales y será objeto de una presión creciente a favor de la utilización de las tierras forestales para la agricultura, la construcción de infraestructuras para usos urbanos.

En el distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, desde hace 15 años se está desarrollando la industria de la cajonería la cual utiliza como materia prima la madera. Esta actividad ocasiona efectos colaterales en los bosques ya que se está deforestando grandes cantidades de árboles en toda la provincia de Leoncio Prado.

Para esta industria se utiliza madera de bajo valor económico y de baja calidad; pero con un alto valor ambiental el cual no es tomado en cuenta por los actuales extractores de madera y los propios dueños de las industrias.

Las maderas más utilizadas para esta actividad son: Tacona, Bolaina, Pashaco, Ojé, Achotillo, Lápiz, Shimbillo, etc.

Contaminación del ambiente

En este caso es la perturbación de la calidad y composición de la atmósfera por sustancias extrañas a su constitución normal (por la quema de los residuos). Estos residuos están considerados como contaminantes biológicos ya que son desechos orgánicos, que al descomponerse fermentan y causan contaminación.

La industria de la madera tiene la característica de generar grandes volúmenes de residuos durante el proceso de fabricación de cajones, esta generación ocurre antes de que la madera sea introducida en el proceso propiamente dicho hasta la obtención del producto final (en este caso los cajones). Estos residuos ya sean los tacos, astillas y aserrín presentan un potencial riesgo de

incendios o una potencial contaminación de las aguas subterráneas por lavado e infiltración de las sustancias extraíbles presentes en la madera.

Evaluación de las propiedades físico – químicos de la biomasa residual maderable y agrícola (humedad, volatilidad, ceniza, carbono fijo, poder calorífico superior y poder calorífico interior) y su transformación en briquetas.

Frente a los cambios globales y la crisis energética mundial, es necesario plantear alternativas de uso de la biomasa residual forestal y agrícola en la producción de energías renovables como una alternativa al uso de la leña en los territorios rurales.

Para probar la viabilidad del briquetado con las muestras: cascarilla de café, cascarilla de arroz y aserrín se ha procedido a determinar el contenido de volatilidad, contenido de ceniza, carbono fijo, materiales volátiles y poder calorífico.

Contenido de Volatilidad

El contenido de volatilidad entre dos muestras de cada residuo no debe diferir en más del 2%, siendo la cascarilla de café y el aserrín los que tienen mayor grado de volatilidad.

La cascarilla de café mostró un promedio mayor de volatilidad con 81,08%, seguido del aserrín con 81,03%, siendo la cascarilla de arroz la que presenta menor porcentaje de volatilidad 69,35%. Cuadro 17.

Cuadro 17: Contenido de volatilidad.

Muestras	M cadinho a	Muestra b	1er Peso		2do Peso	
			a+b g	M cad+residuo g	Contenido de voláteis (%)	Promedio %
Cascar. café1	47,2673	1,009	48,2763	47,4567	81,2289	
*Cascar. café 2	43,4846	1,0199	44,5045			81,0871
Cascar. café 3	47,8486	1,0155	48,8641	48,0421	80,9453	
Cascar. arroz 1	43,9887	1,0012	44,98899	44,2945	69,4567	
Cascar. Arroz 2	46,362	1,0082	47,3702	46,6696	69,4902	69,3555
Cascar. Arroz 3	49,6234	1,0097	50,6331	49,9352	69,1195	
Aserrín 1	43,9025	1,0018	44,9043	44,0944	80,8445	
Aserrín 2	45,8399	1,005	46, 449	46,0281	81,2736	81,0303
Aserrín 3	47,2513	1,0054	48,2567	47,4426	80,9727	

*Muestra que no concluyó el proceso por inclinación y pérdida de material
Fuente: Elaboración propia

El promedio de cenizas de la cascarilla de café de acuerdo a las normas entre dos muestras no debe diferir uno de otro en valores relativos más del 10%, lo que ocurre entre la segunda y tercera muestra del café. Para el caso de la cascarilla de arroz y del aserrín también se cumple la norma, destacando el alto porcentaje de ceniza de la cascarilla de arroz respecto a los demás. Cuadro 18.

Cuadro 18: Contenido de ceniza

Muestras	M cadinho a	Muestra b	1er Peso		2do Peso	
			a+b g	M cad+residuo g	CZ (%)	Media %
Cascar. café1	36,8825	1,0019	37,8844	36,8887	0,6188	
Cascar. café 2	42,3389	1,0171	43,3560	42,3487	0,9635	0,8178
Cascar. café 3	43,1502	1,0101	44,1603	43,1590	0,8712	
Cascar. arroz 1	47,8381	1,0045	48,8426	47,9709	13,2205	
Cascar. arroz 2	46,5021	1,0006	47,5027	46,6329	13,0722	13,125
Cascar. Arroz 3	47,1250	1,0044	48,1294	47,2564	13,0824	
aserrín 1	47,3924	0,9997	48,3921	47,3995	0,7102	
aserrín 2	45,9245	1,0025	46,9270	45,9320	0,7481	0,6414
aserrín 3	37,1869	1,0087	38,1956	37,1916	0,46590	

Fuente: Elaboración propia

Entre las tres muestras casi no existe mayor diferencia en la fijación de carbono. Cuadro 19.

Cuadro 19: Carbono fijo (CF)

Muestras	Contenido de ceniza %	Contenido de volatilidad %	CF %	Media %
Cascar. café1	0,6188	81,2289	18,1522	
Cascar. Café 2	0,9635			18,1678
Cascar. Café 3	0,8712	80,9453	18,1835	
Cascar. arroz 1	13,2205	69,4567	17,3228	
Cascar. arroz 2	13,0722	69,4902	17,4377	17,5195
Cascar. Arroz 3	13,0824	69,1195	17,798	
Aserrín 1	0,7102	80,8445	18,4453	
Aserrín 2	0,7481	81,2736	17,9782	18,3283
Aserrín 3	0,4659	80,9727	18,5613	

Fuente: Elaboración propia

El Poder Calorífico Superior y el Poder Calorífico Inferior, definen la cantidad de energía contenida en el material, constituyendo uno de los principales indicadores para ser utilizados o no como combustible. El poder calorífico superior (PCS) es obtenido por el calorímetro con el material totalmente seco y el poder calorífico inferior es calculado considerando la humedad presente en el material. Las muestras fueron molidas hasta 60 mesh y secadas en la estufa. Para calcular el poder calorífico superior, estos ensayos fueron realizados en el calorímetro PARR 1261, conforme a los procedimientos de la norma ASTM D 5286- 77. El poder calorífico inferior (PCI) es calculado a partir de la fórmula:

$$PCI = [(PCS - 25, 11 \times H) / (100 + H)] \times 100$$

El Poder Calorífico Superior para el aserrín, café y arroz es de 4.509,19; 4.654,65 y 3.994,64 respectivamente se puede considerar buena comparado con la leña que presenta humedad (3.300 Kcal/Kg). En tanto el poder calorífico inferior con humedad para el caso del aserrín y el café también tiene una media por encima de 3.300 Kcal/Kg, considerándose un combustible de biomasa aceptable, lo que no ocurre con la cascarilla de arroz. Cuadro 20.

Cuadro 20: Poder Calorífico Superior (PCS) y Poder Calorífico Inferior (PCI)

Aserrín	Nº	Peso gr	PCS Kcal/Kg	PCI Kcal/Kg
1	360	0,702	4.493,44	3.307,61
2	361	0,7049	4.550,33	3.354,87
3	362	0,7071	4.483,79	3.299,59
Media			4.509,19	3.320,69
Café	Nº	Peso Gr	PCS Kcal/Kg	PCI Kcal/Kg
1	363	0,6078	4.708,90	3.486,59
2	368	0,7048	4.620,76	3.413,37
3	365	0,7002	4.634,29	3.424,61
Media			4.654,65	3.441,53
Arroz	Nº	Peso Gr	PCS Kcal/Kg	PCI Kcal/Kg
1	366	0,705	4.001,12	2.898,64
2	367	0,7028	3.988,15	2.887,86
Media			3.994,64	2.893,25

Fuente: Elaboración propia

Ensayos de compactación

Para realizar la compactación de las pruebas, se realizó el secado a 60° C a las muestras de arroz y aserrín para bajar el nivel de humedad, no siendo necesario para el café que tuvo 10.43% encontrándose dentro de los parámetros normales.

Se realizó la compactación de los residuos por separado así como también mixturado.

Estos ensayos nos permiten validar la capacidad de compactación de las muestras que son realizados por equipos industriales conocidos como **prensas extrusoras**. En este proceso, es importante tomar en cuenta la temperatura empleada que fue de 120 °C. El principio de este proceso se basa en la transición plástica de la lignina presente en los vegetales. Los ensayos en laboratorio permiten controlar la presión aplicada lo que las máquinas industriales no hacen.

Los ensayos de compactación logrados para las muestras propuestas, dieron como resultado que la cascarilla de café fue muy débil, quebrándose fácilmente debido a las propiedades de la muestra, no permitiendo de esta manera seguir con la prueba de resistencia.

En el caso de la cascarilla de arroz, fijó una mejor compactación, sin embargo, con el pasar de los días fue perdiendo consistencia.

Para el aserrín se tuvo una mejor compactación, fue más fuerte, validando una vez más que los residuos de madera logran una mejor compactación.

Asimismo, se realizó la compactación mixturada de estos tres residuos, sin embargo no logra alcanzar el nivel de compactación del aserrín.

En este proceso se tuvo en cuenta la temperatura de 120°C y los siguientes parámetros:

550 Kgf/cm² = 2000 PSI

770 Kgf/cm² = 2800 PSI

990 Kgf/cm² = 3600 PSI

El tiempo aproximado para cada briqueta fue de 15 min.

Evaluación de calidad de las briquetas (Resistencia a compresión)

Prueba de resistencia a compresión

Para esta prueba se tomaron 27 briquetas, 09 de cascarilla de arroz, 09 de aserrín y 09 mixturado. El proceso fue el siguiente:

- 03 briquetas de $550 \text{ Kg/cm}^2 = 2000 \text{ PSI}$ para cada muestra
- 03 briquetas de $770 \text{ Kg/cm}^2 = 2800 \text{ PSI}$ para cada muestra
- 03 briquetas de $990 \text{ Kg/cm}^2 = 3600 \text{ PSI}$ para cada muestra

Cabe indicar que en este proceso no intervino la cascarilla de café por resultar débil su compactación.

Los resultados muestran que la briqueta de aserrín tuvo mayor resistencia ante una mayor compresión considerando los parámetros $990\text{Kg}/3600\text{PSI}$, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 21: Prueba de resistencia de las muestras analizadas.

Cascarilla de arroz	550Kg/ 2000PSI	770Kg/ 2800PSI	990Kg/ 3600PSI	Aserrín	550Kg/ 2000PSI	770Kg/ 2800PSI	990Kg/ 3600PSI	Mixto	550Kg/ 2000PSI	770Kg/ 2800PSI	990Kg/ 3600PSI
A	48	182	379	A	584	351	607	A	135	223	157
B	258	188	305	B	528	571	579	B	253	301	180
C	177	265	343	C	491	503	408	C	154	226	145

Fuente: Elaboración propia

Prueba de resistencia a humedad

Se realizó una pequeña prueba de resistencia a la humedad, utilizándose una briqueta de arroz, notándose inmediatamente una reacción de estiramiento, aumento de volumen y ruptura.

Prueba de duración como fuente energética

Se utilizó dos briquetas una de arroz y otra de aserrín, durante el proceso de quema se pudo notar en la briqueta de aserrín fue muy uniforme, sin embargo con la briqueta de arroz no ocurrió lo mismo, al contrario derramaba partículas de residuos. La duración de una briqueta de aserrín fue aproximadamente 4 horas y del arroz 3 horas.

Significancia estadística del PCS con los niveles de humedad, volatilidad, ceniza y carbono fijo.

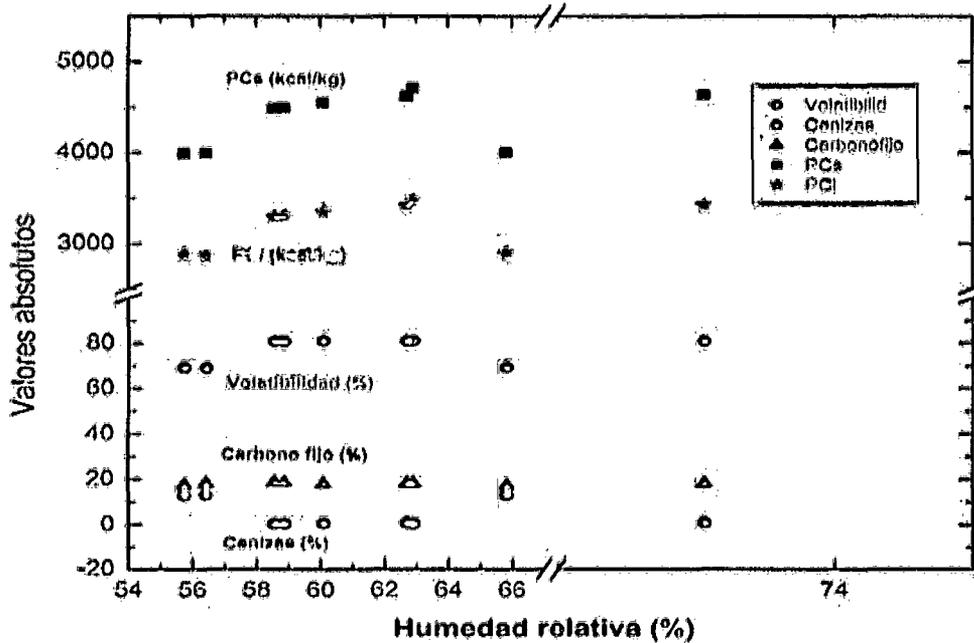


Figura 1. Relación de humedad con PCS, PCI, volatilidad y carbono fijo

En la gráfica se muestra la alta correlación de los valores absolutos (PCS, PCI, Volatilidad, cenizas y carbono fijo) con el grado de humedad.

Asimismo, cuando se correlacionan muestras seleccionadas de cascarilla de café, cascarilla de arroz y aserrín,

siendo esta última la que tiene mayor poder calorífico, entendida esta como la cantidad de energía en forma de calor liberada por la combustión de una unidad de masa de madera.

Estadísticamente queda demostrado cuando se correlaciona el PCS vs humedad, volatilidad, ceniza y carbono fijo de manera independiente se obtienen los siguientes modelos.

$$1. PCS = \alpha_1 + X_1 + \mu$$

$$PCS = 1869.89 + 44.60 X_1$$

$$R^2 = 0.99 \quad F_c = 367.78$$

$$t = 13.4 \quad t = 18.91$$

$$2. PCS = \alpha_2 + X_2 + \mu$$

$$PCS = 4403.05 + 165.47 X_2$$

$$R^2 = 0.70 \quad F_c = 0.98$$

$$t = 40.46 \quad t = 0.99$$

$$3. PCS = \alpha_3 + X_3 + \mu$$

$$PCS = 5168.35 + 178.26$$

$$R^2 = 0.98 \quad F_c = 270.28$$

$$t = 28.16 \quad t = 31.21$$

$$4. PCS = \alpha_4 + X_4 + \mu$$

$$PCS = 6641.08 - 116.32$$

$$R^2 = 0.99 \quad F_c = 336.83$$

$$t = 57.16 \quad t = -18.35$$

Los resultados de los modelos explican la significancia estadística del PCS del aserrín en términos del poder calorífico que genera con respecto a la relación de las demás variables como es el grado de humedad, volatilidad, cenizas y carbono fijo en casi todas las variables correlacionadas se muestra una alta correlación positiva y los F_c están en un rango estadísticamente significativo, con lo cual

se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternante ($\beta_1 \neq 0$) en la cual existe una regresión lineal simple Y en función de X.

4.2. Determinación de la viabilidad técnica y económica en la fabricación de briquetas-

Existen diversas fábricas de briquetas, según la producción de residuos para determinar su capacidad. Durante la investigación, también se tuvo la oportunidad de visitar algunas fábricas, como por ejemplo: la denominada "ECO" Industrial, se tuvo la atención de un trabajador, quien nos mostró las maquinarias que utilizan para realizar todo el proceso que se necesita en la fabricación de briquetas.

Posteriormente en la ciudad de Goiania se visitó una pequeña fábrica de briquetas de carbón.

Para determinar la viabilidad económica de la producción de briquetas como una alternativa a la generación de energías renovables mediante el uso de la biomasa forestal y agrícola, es una necesidad imperativa de impulsar estrategias y políticas sectoriales enmarcadas en el usos sostenible de los recursos y los convenios internacionales sobre la reducción de los GEI factores determinantes del calentamiento global. Por tanto, este proyecto piloto tiene que ser impulsado por los gobiernos regionales de la Amazonia como una alternativa sostenible de inversión, el cual involucra adquisiciones de bienes tangibles e intangibles y un capital de trabajo necesario para operar en un ciclo productivo, cuyo monto asciende a **1'216,000 dólares.**

Cuadro 22: Requerimientos de Inversión para producción de briquetas (US\$)

Concepto	Sub total	Total
I.- Activos Fijos (A + B)		986.000
A.- Activos Fijos Tangibles	969.000	
Terrenos	50.000	
Edificaciones	120.000	
Maquinaria y equipo de planta	750.000	
Equipos de Laboratorio	8.000	
Mobiliario y equipo de Oficina	6.000	
Vehículos	35.000	
B.- Activos Intangibles	17.000	
Estudios de Pre Inversión	10.000	
Asesorías	5.500	
Organización y Constitución de la empresa	1.500	
II.- Capital de Trabajo	230.000	230.000
Capital de trabajo	230.000	
Total Inversión (I+II)		1.216.000

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Inversión Fija

Para la vida útil del proyecto es necesario realizar inversiones fijas tangibles e intangibles.

4.3.1.1. Inversión fija tangibles

Bienes fijos activos como la construcción de la infraestructura briquetadora e infraestructura complementaria como la sala de almacenamiento, oficina administrativa, caseta de guardianía, vivienda del residente, carretillas y equipos menores.

4.3.1.2. Inversión fija intangible

Gastos pre operativos como la elaboración del expediente técnico, asesorías, gastos generales y de constitución.

4.3.1.3. Capital de Trabajo o circulante

Recursos necesarios para atender las operaciones de producción, durante un ciclo productivo, cuyo monto asciende a 230,000 dólares.

4.3. Costos

Necesarios para la adquisición de bienes o servicios.

4.3.1. Costos de producción

Es necesaria la adquisición de insumos como la biomasa forestal residual para la fabricación de las briquetas.

4.3.2. Costos directos

Adquisición de materiales e insumos y pago de mano de obra, considerado como inversión inicial durante el primer año de vida del proyecto.

4.3.3. Costos indirectos

Consideramos de este rubro los sueldos de la secretaria e ingeniero, gastos de fletes y gastos menores.

Cuadro 23: Presupuesto de Costos Totales (\$).

Rubro	Años		
	1	2	3
Costos de Producción	1.117.667	1.117.667	1.117.667
Materia Prima	216.000	216.000	216.000
Mano de Obra directa	350.000	350.000	350.000
Leyes Sociales	147.000	147.000	147.000
Suministros diversos	135.000	135.000	135.000
Servicios Indirectos	200.000	200.000	200.000
Depreciación	69.667	69.667	69.667
Costos de Operación	663.915	200.430	91.767
Gastos de Ventas	47.100	47.100	47.100
Gastos Administrativos	39.000	39.000	39.000
Amortización Intangibles	5.667	5.667	5.667
Gastos Financieros	572.148	108.663	
Total Costos	1.781.582	1.318.097	1.209.433

Fuente: Elaboración propia

4.4. Depreciación

Se considera un periodo de vida útil mínimo del proyecto de 03 años; la depreciación en el proyecto se considera en forma lineal, con porcentajes anuales de 20%, 15 %, 10 %, 5 %, y 3 % respectivamente según el activo correspondiente y las normas establecidas por la SUNAT.

Cuadro 24: Depreciación y valor residual de Maquinaria y Equipos (\$).

Activo	Valor	Vida útil	Depreciación	Valor residual
Terrenos	50,000	0		50,000
Edificaciones	120,000	20	6,000	102,000
Maquinaria y equipo de planta	750,000	15	50,000	600,000
Equipos de Laboratorio	8,000	10	800	5,600
Mobiliario y equipo de Oficina	6,000	5	1,200	2,400
Vehículos	35,000	3	11,667	0
Total	969,000		69,667	760,000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25: Amortización de intangibles (\$).

Rubro	Valor	Años	Amortización
Estudios de Pre Inversión	10.000	3	3.333
Asesorías	5.500	3	1.833
Organización y Constitución de la empresa	1.500	3	500
Total	17.000		5.667

Fuente: Elaboración propia

4.5. Financiamiento

Considera para la ejecución del proyecto el capital de trabajo propio y el financiamiento con recursos externos proveniente de la banca comercial.

4.5.1. Estructura del financiamiento.

Nuestra estructura de financiamiento considera dentro de una proporción porcentual "pari passu" de la siguiente manera:

Recursos externos	\$.	739,500.00	60.81%
Recursos propios	\$.	476,500.00	39.19%
Total		\$1, 216, 000.00	100.00%

Cuadro 26: Estructura de financiamiento.

Fuente	Inversión Fija	Capital de trabajo	Total
Aporte propio	246.500	230.000	476.500
Préstamo	739.500	0.000	739.500
TOTAL	986.000	230.000	1.216.000

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Análisis del crédito

Para los recursos externos consideramos la tasa de interés al 20% anual pagaderos mensualmente, con amortización en 18 cuotas en partes iguales, no se considera periodo de gracia para su cancelación de la deuda.

La cuota pagada a la entidad financiera asciende a 78,906 dólares mensuales, asimismo. Se han pagado por intereses un total de 680,812 dólares.

Cuadro 27: Desembolso de deuda (\$).

Mensual	Saldo	Amortización	Interés	Cuota
0	739.500			
1	719.754	19.746	59.160	78.906
2	698.428	21.326	57.580	78.906
3	675.396	23.032	55.874	78.906
4	650.521	24.875	54.032	78.906
5	623.657	26.864	52.042	78.906
6	594.643	29.014	49.893	78.906
7	563.309	31.335	47.571	78.906
8	529.467	33.842	45.065	78.906
9	492.918	36.549	42.357	78.906
10	453.445	39.473	39.433	78.906
11	410.815	42.631	36.276	78.906
12	364.774	46.041	32.865	78.906
13	315.050	49.724	29.182	78.906
14	261.347	53.702	25.204	78.906
15	203.349	57.998	20.908	78.906
16	140.711	62.638	16.268	78.906
17	73.061	67.649	11.257	78.906
18	0	73.061	5.845	78.906
TOTAL		739.500	680.812	

Fuente: Elaboración propia

4.6. Ingresos

Se prevé un flujo de ingresos provenientes del proceso de la comercialización de briquetas, en volumen mínimo de 32,000 sacos; 50,000 sacos; 105,000 sacos a un valor de 45, 50, y 55 dólares respectivamente cada saco de briquetas que tiene un volumen de 150 kg por cada saco de briquetas.

El precio considerado para el ingresar al mercado se ha propuesto menor al del precio actual, para luego ir incrementándolo en forma gradual a partir del tercer año hasta equilibrarlo con los valores del mercado, esto como una estrategia de diferenciación de precios y considerando que este producto es nuevo en el mercado y tienen que desarrollarse estrategias de sensibilización para lograr en el futuro un posicionamiento en el mercado. Actualmente se considera un precio de venta competitivo de 0.3 centavo de dólares por cada kg de briqueta.

Cuadro 28: Presupuesto de ingresos por venta de briquetas (\$).

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3
Ventas	1.440.000	2.500.000	5.775.000
Valor Residual de Activos Fijos			760.000
Recuperación del Capital de Trabajo			230.000
Total Ingresos	1.440.000	2.500.000	6.765.000

Fuente: Elaboración propia

4.7. Análisis de viabilidad económica de la producción de Briquetas

4.7.1. Estado de Pérdidas y Ganancias

En base a los presupuestos de ingreso y costos se ha realizado el análisis de estado de pérdidas y ganancias, la utilidad neta nos refleja un valor negativo el primer año, por efectos de que aún no se alcanza un posicionamiento del uso de los biocombustibles sólidos por parte de la población rural y la industria de las pollerías; a partir del segundo año se consolida la demanda lo que se manifiesta en la rentabilidad del proyecto. Pero es necesario un acompañamiento de políticas complementarias de promoción del producto a través de los gobiernos regionales y locales, dentro de sus políticas ambientales de reducción de la contaminación y el uso sostenible de los recursos naturales renovables, como el uso de la biomasa forestal y agrícola en la fabricación de briquetas y otros combustibles sólidos.

Cuadro 29: Estado de pérdidas y ganancias (\$).

Concepto	Años		
	1	2	3
Ingresos	1.440.000	2.500.000	6.765.000
(-) Costos de producción (*)	1.117.667	1.117.667	1.117.667
Utilidad Bruta	322.333	1.382.333	5.647.333
(-)Gastos de ventas	47.100	47.100	47.100
(-) Gastos Administrativos (**)	44.667	44.667	44.667
Utilidad Operativa	230.567	1.290.567	5.555.567
(-) Gastos Financieros	572.148	108.663	0
Utilidad antes de Impuestos	-341.582	1.181.903	5.555.567
(-) Impuestos	-102.474	354.571	1.666.670
Utilidad Neta	-239.107	1.181.903	5.555.567

(*) Incluye Depreciación

(**) Incluye Amortización de Intangibles

4.7.2. Flujo de caja

La información del flujo de caja contiene la estimación de las inversiones, costos e ingresos, calculados en base a la información realizada en los estudios de mercado, ingeniería y organización. El proyecto de fabricación de briquetas considera un horizonte de planeamiento de tres años de vida del proyecto. Así mismo, la venta de briquetas como actividad principal, considerando la duración del proyecto con un tiempo de vida útil mínimo de 03 años, el flujo de caja proyectado es:

Cuadro 30: Flujo de caja económico- financiero (\$)

Concepto	Años			
	0	1	2	3
A).- Ingresos		1440000	2500000	6765000
B).- Costos	1216000	1134100	1134100	1134100
Inversión	1216000			
Costos de Producción (*)		1048000	1048000	1048000
Costos de Ventas		47100	47100	47100
Costos Administrativos (**)		39000	39000	39000
C).- Flujo Económico	-1216000	305900	1365900	5630900
Préstamo	739500			
Amortización		374726	364774	
Intereses		572148	108663	
D).- Flujo Financiero	-476500	-640974	892463	5630900
Aporte Propio	476500			
E).- Saldo	0	-640974	892463	5630900
F).- Saldo Acumulado	0	-640974	251488	5882388

(*) No incluye Depreciación

(**) No incluye Amortización de Intangibles

4.7.3. Tipo de evaluación

La evaluación se ha realizado desde la perspectiva de un proyecto privado, es decir la maximización de la rentabilidad económica y financiera, valorando el flujo de ingresos y costos a precios de mercado, la evaluación se analiza con estructura de financiamiento y considera la necesidad de fuente de fondos con interés promedios de mercado (10% anual), siendo necesario un préstamo de principal de 739.500 dólares ; pagaderos a partir de iniciado el proyecto, época que comienza la comercialización de la producción de briquetas; el monto restante de ejecución del proyecto es con inversión de los mismos accionistas, al haber realizado la evaluación privada financiera consideramos la ganancia del escudo tributario producto del pago de los intereses de la deuda.

Al realizar la evaluación del proyecto independiente, se decide su aprobación y recomendar su ejecución del proyecto de fabricación de briquetas.

4.7.4. Precios a utilizarse

Se utilizaron los precios de mercado; la empresa como recién ingresa al mercado, venderá con menos valor, como promoción, en los dos primeros años, para luego incrementar los precios de venta gradualmente.

Consideramos la depreciación de los costos de inversión considerado por las normas establecidos por la SUNAT.

4.7.5. Criterios de evaluación

Cuadro 31: Resumen de indicadores de rentabilidad

Indicador	Valor
VANE	3.246.081
TIRE	80,94
VANF	2.867.743
TIRF	93
B/C	1,90
PRI	0,82

Fuente: Elaboración propia

4.7.5.1. Valor Actual Neto (VAN)

El indicador de medición de la rentabilidad es positivo tanto para el VAN Económico, como el VAN Financiero, lo que manifiesta que el proyecto presenta en el horizonte de planeamiento una ganancia adicional neta de **3'246,081** de dólares, lo que demuestra una alta rentabilidad y con buenas posibilidades de apalancamiento de financiamiento positivo.

4.7.5.2. Costo- Beneficio

El valor del costo – beneficio obtenido del flujo de caja y que se actualiza al valor presente es de 1.9, mayor de 1, significa que se debe aceptar la inversión, porque el proyecto es económicamente y financiera conveniente.

4.7.5.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Máxima tasa que se podría pagar sin perder dinero, el cálculo en base al flujo de caja, determina una TIRE de 80,90 % y TIRF de 93.37 %.

4.7.5.4. Periodo de Recuperación del Capital

Llamado también periodo de repago, sumatoria de los valores actualizados de los beneficios que iguala a los costos del proyecto, el periodo de repago del proyecto es de 8 meses lo que demuestra un alto índice de apalancamiento en términos de financiamiento.

Los resultados de la evaluación económica- financiera y ambiental son coincidentes con la mayoría de proyectos desarrollados en la Unión Europea y América del Sur específicamente Brasil que han impulsado políticas públicas que han permitido impulsar su consumo a nivel industrial y familiar generando un ahorro en las familias por el uso de briquetas y la reducción de los GEI y la generación de un equilibrio ecológico, como una posibilidad de uso de los recursos de manera intergeneracional.

V. DISCUSIÓN

5.1. Caracterizar y cuantificar la biomasa residual forestal y agrícola

De los cuadros 2, 4 y 5 se sostiene que existe un volumen importante de biomasa proveniente de residuos agrícolas como la cascarilla de café y arroz a nivel nacional y regional, que ascienden a 48,679 t y 428 t respectivamente en cascarilla de café, y de 487,028 t y 4,905 t en cascarilla de arroz respectivamente que muy bien pueden ser utilizadas en la generación de biocombustibles sólidos como son las briquetas que reducen la contaminación ambiental como lo sostienen Pezo (1996) y Grover (1999) que el uso de la biomasa como combustible que mejora el poder calorífico, reduce el sistema de transporte y mejora la situación de los combustibles en la zonas rurales.

Según los datos técnicos de Gutiérrez (2007) a nivel nacional se produce aproximadamente 312, 978.44 m³ de aserrín y viruta que en la actualidad no se está utilizando de manera adecuada como lo sostiene Brack (2010) que la técnica de compactación de residuos de biomasa forestal para uso energético es poco utilizada en el Perú, por tanto, es necesario difundir las tecnologías con tratamientos de mano de obra especializada para sustituir el consumo de leña por la de residuos compactados.

En lo que respecta a los recursos forestales orientados a la industria de la cajonería en la provincia de Leoncio Prado de acuerdo al grado de prevalencia según la encuesta, se indica, que la especie más utilizada en la industria de la cajonería en orden de importancia es la Tacona, bolaina, lápiz y shimbillo con el 19 %, 13%, 11% y 9 % respectivamente.

La industria de la cajonería está formada por 34 empresas que ha generado impactos ambientales significativos como es la quema de los residuos forestales y un proceso de deforestación agresivo que coincide con lo señalado por Valencia (2001) que los productores no tienen información y el conocimiento sobre el uso y manejo de la biomasa forestal y agrícola.

La industria de la cajonería en la Provincia de Leoncio Prado en cuanto a la generación de aserrín, tacos y astillas coinciden con lo señalado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (2000) el cual manifiesta que un aserradero produce entre 0.05 y 0.15 toneladas de residuos sólidos por tonelada de madera producida y transformada.

5.2. Evaluar las propiedades físico – químicos de la biomasa residual maderable y agrícola y su transformación en briquetas.

Los resultados demuestran que el contenido de volatilidad, contenido de ceniza y el carbono fijo, así como el poder calorífico y grado de compactación coinciden con las aseveraciones de Ferreira (2002) y Grover & Mishral (1996) los cuales sostienen que la biomasa residual forestal sirve como alternativa en la producción de briquetado y una excelente sintetización de cenizas y alta concentración de poder calorífico.

Las propiedades energéticas de la biomasa vienen dadas por el denominado *Poder Calorífico Superior* (PCS), cuya unidad más frecuente es Kcal/kg, y que se define como la cantidad de calor desprendido por la combustión completa de un kilogramo de combustible a presión constante. Sin embargo, se suele utilizar con mayor frecuencia el denominado *Poder Calorífico Inferior* (PCI), ya que éste refleja la cantidad de calor desprendido, una vez se ha descontado el calor absorbido en la evaporación del agua contenida en la biomasa. En cuanto a las muestras analizadas se encuentra

coincidencia con los datos de Ferreira (2002) el cual sostiene que los residuos forestales tienen una mayor concentración de PCS y PCI.

En cuanto a la significancia estadística en la figura 23 y los modelos generados a partir de la relación regresional entre el PCS y las variables absolutas de humedad, volatilidad, cenizas, carbono fijo muestran un alto nivel correlación positiva coincidente con Ferreira (2002) y Green Energy. (2005). Los cuales sostienen el comportamiento de las variables absolutas de manera independiente y explican de manera significativa la variable dependiente del PCS arrojando un F_c altamente significativo que en términos estadísticos se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternante, en el cual el uso de las briquetas es una alternativa tecnológica viable en el uso sostenible de los residuos de la biomasa forestal y agrícola en el Perú.

5.3. Determinar la viabilidad técnica y económica de la fabricación de briquetas a partir de la biomasa forestal y agrícola.

Los resultados de la evaluación sobre la viabilidad económica de la fabricación de briquetas a partir del uso de los residuos de biomasa forestal y agrícola es una alternativa tecnológica viable que es necesario impulsarla con decisiones de políticas regionales que promuevan el sostenible de los recursos provenientes de la biomasa forestal y agrícola, porque se ha demostrado desde el punto de vista tecnológico su viabilidad y desde el punto de vista económico y financiero presenta indicadores altamente rentables que coinciden con lo planteado por Roberto de Lima (2005) que sostienen que la industria del briquetado es altamente rentable y que además proporciona una mayor eficiencia en la utilización de la materia prima, disminuye la contaminación ambiental, disminuye las emisiones de CO₂, genera mayor economía y eficiencia en la utilización de la energía.

VI. CONCLUSIONES

1. La biomasa forestal y agrícola a nivel nacional asciende a 312,978 m³ de aserrín y viruta; 487,028 toneladas de cascarilla de arroz y 48,679 toneladas de cascarilla de café.
2. En los ensayos de humedad, el aserrín mostró un mayor contenido de humedad, para el cual fue necesario realizar nuevos procesos de secado hasta alcanzar un comportamiento más estable y cantidades que se encuentren dentro de la norma NBR7993/83.
3. La mayor volatilidad y fijación de carbono tuvieron el aserrín y la cascarilla de café por encima de 80%.
4. La cascarilla de arroz contiene un alto porcentaje de ceniza mayor a 13% en comparación de las otras dos muestras que tuvieron por debajo del 1%. Asimismo, contiene menor densidad haciendo que en los ensayos se requiera mayor cantidad, al igual que la cascarilla de café.
5. El aserrín y la cascarilla de café tienen un alto poder calorífico que si pueden competir con la leña. Sin embargo, la cascarilla de café no es un material adecuado para utilizarlo en el proceso de briquetado, por mostrar débil consistencia en su compactación.
6. Entre los tres tipos de muestras, el aserrín puede considerarse como una de las mejores alternativas en la generación de energía, por mostrar mayor resistencia de carga y mejores propiedades para competir con la leña.
7. Las muestras mixturadas de estos tres residuos no figuran como una mejor alternativa, por tener una baja resistencia a la comprensión, sería necesario experimentar otras mixturas.

8. Las biomásas con menor densidad (cascarilla de arroz y cascarilla de café), requirieron de mayor volumen en el proceso de compactación. Por lo tanto, concluimos, que el briquetado en la generación de energía, es un método que favorece por disminuir costos de almacenamiento y transporte, pero también puede suceder que presenten problemas en la alimentación de la caldera, lo cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.

9. La evaluación de la viabilidad técnico económico y ambiental de este tipo de propuestas, a nivel de proyecto piloto y su implementación en pequeñas comunidades campesinas, es positiva y rentable económicamente y financieramente generando una ganancia adicional neta de 3.246.081 dolares, además permite solucionar problemas ambientales como es la tala de bosque para fabricar cajones para la comercialización de frutas y hortalizas y la quema de residuos vegetales. Con esta propuesta se utiliza adecuadamente esta biomasa como alternativa complementaria de generación de ingresos y aporta al bienestar de la comunidad, por la generación de empleo en la región y son fácilmente accesibles por este tipo de comunidades ya que la inversión es relativamente baja para los beneficios obtenidos. Lo que significa un instrumento de desarrollo para las economías rurales de América Latina y el Caribe. En consecuencia, es necesario, impulsar estrategias con políticas públicas que permitan sensibilizar el uso comercial de las briquetas y desarrollar alternativas complementarias a nivel de las finanzas que permitan impulsar mecanismos de financiamiento para los inversionistas a nivel privado.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es necesario desarrollar estudios prospectivos para analizar el uso de la biomasa forestal a partir de una valorización de los residuos forestales a través del valor económico total y sus efectos ambientales.
2. Impulsar estudios de mercado para el consumo de briquetas, pues su precio en \$/t es determinante para determinar la viabilidad económica en la inversión y que esta sea sostenible.
3. Impulsar acciones estratégicas para generar mecanismos de sensibilización por parte de los gobiernos regionales de la Amazonía para iniciar el consumo masivo de los biocombustibles sólidos, en las poblaciones rurales y en las actividades económicas consumidoras de carbón y leña.
4. El diseño y selección de las políticas deben ser consistentes con las capacidades institucionales existentes a nivel de los gobiernos regionales y locales. Por ejemplo, tanto la aplicación de subsidios a la producción que intentan discriminar por tipos de productores, o regiones geográficas como los subsidios directos al consumo requieren de un nivel de información sobre los beneficios y de capacidades operativas por parte de los organismos públicos encargados de su aplicación que no están disponibles en muchos países de la región.

VIII. ABSTRACT

The present research work was realized in the province of Leoncio Prado, department of Huánuco- Peru, in forestry products laboratory of Brasileiro Forestry Service of Brasileiro Institute of Environment (FPL - BFS- BIE) and it is a part of a study of most dimension into a strategy that search integral solutions in frame of renewable energy generation through solid biofuel in front of an environmental problem generated by storage of forestall residuals and agricultural biomass. Aim was analyze energetic and physical factors of forestry and agricultural biomass for briquettes manufacture and determinate its technical and economic viability; it was used three types of residues: sawdust, rice shell and coffee shell. Laboratory analysis in these three used samples, it was determinated humidity contents, ashes contents, volatility contents, firm carbono contents and heater superior and inferior power. It was realized a proof of resistance to humidity and duration as soon as to energy generation. According to obtained results it was concluded that sawdust is the best alternative for energy generation. By show high heater power (4.519, 19), better compactation and most résistance. Since economic and technical sight point, it had demonstrated that briquettes production is highest income, generating net additional income of \$ 3,246,081.

Keywords: Biomass, briquettes, dendroenergética, humidity, calorific power superior.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALVAREZ, R., URBINA K. 2009. Modelo de control de gestión para la toma de decisiones basado en el método de cuadro integral. Caso planta de briquetas, Universidad experimental de Guyana. Venezuela. 72 pp.
- BRACK, E. 2010. Biodiversidad y desarrollo sostenible, MINAM, Documento de discusión. Lima Perú. 59 p.
- CAMPOS, M. y MARCOS, F. 2002. Los Biocombustibles. Ed. Mundi - Prensa: 348 p.
- COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, (2000) "Guía para el control y prevención de la contaminación industrial" Santiago de Chile.
- CREZ, R. 1990: "Utilización de aserrín como aditivo para mejorar la dinámica de los elementos nutritivos en el suelo", 6 Congreso de las ciencias del suelo, Chile.pp.173-176.
- DOUROJEANNI, M. 1990. Amazonia ¿Qué hacer? Centro de Estudios
- DOUROJEANNI, A. 1990. Procedimiento de gestión para un desarrollo sustentable: Aplicables a municipios, micro cuencas. Serie recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Santiago de Chile. 72 p.
- FAO. 2003. Agricultura de conservación. Estudios de casos en América Latina y África. Boletín de suelos de la FAO N° 78. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 74 p.

- FERREIRA, W. 2002. Utilização energética de resíduos vegetales. Laboratório de Produtos Florestais L.P. F/IBAMA. 35 p.
- GREEN ENERGY. (2005). Estudio para la promoción de la generación eléctrica con fuentes de energía renovable. Lima, Perú: MEM-Dirección General de Electricidad.
- GROVER, P.; MISHRAS. 1996. Biomass Briquetting: Technology and Practices. Regional Wood Energy Developen Programe in Asia. FAO. Field Document N° 46. 48 P
- GUTIÉRREZ, H. 2007. Plan de Ordenación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - BRUNAS, Tesis de Maestría de la UNALM. Editorial UNALM, La Molina Perú. 150 p.
- HAREWOOD, C. et.al.(1989): "Proceso tecnológico para la producción de compost como abono orgánico a partir de residuos boscosos, Resúmenes Primer Congreso Forestal de Cuba, La Habana, p. 130.
- HORTA, N. 1988. Perspectivas de la sostenibilidad energética en los países de la Comunidad Andina, CEPAL. Santiago de Chile. 75 p.
- INRENA. 1987. Plan de desarrollo Forestal. Dirección de desarrollo forestal Y Fauna. Lima-Perú 187pag
- LEVANOVA,V. 1987: "Obtención de alimento carbohidratado por hidrólisis de los desechos de plantas agrícolas, Guidroliznaya y lesoj. Prom., N0 4.
- LADINSKAYA, S. 1987: "Obtención de alimento carbohidratado a partir de residuos de madera", Lesnoi zhurnal, N° 1.

- MINAG, 2001. Plan de desarrollo agrario de Huánuco, DRAHCO, documento de trabajo, Dirección Regional Agraria de Huánuco. Hco Perú. 68 p.
- PEREZ, E. 2006. Caracterización de los sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica a productores ganaderos de Copan, Honduras. Tesis Msc. Agroforestería. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 134p.
- PEZO, D.; IBRAHIM, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. 3. ed. Turrialba, CR, Proyecto agroforestal CATIE-GTZ. 275 p. Módulo de Enseñanza Agroforestal No 2.
- PEZO, D.1996. Sistemas Silvopastoriles 2 ed. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 276 p.
- PEZO, D., ROMERO, F. y IBRAHIM, M.1992 Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne, p 47-98.En: Fernández-Baca (editor) Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano, FAO, Santiago de Chile.
- ROBERTO DE LIMA. 2008. Viabilidad económica de la producción de briquetas a partir de del aserrín del Pinus sp, Universidad federal de Paraíba, Brasil.
- TORRES, H. 2007. Determinación de Biomasa Aérea y Estimación de carbono Almacenado en el Fundo "El Choclito", Tarapoto, San Martín. Informe de Prácticas Pre profesionales. Facultad Recursos Naturales Renovables: Mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 75p.
- RIOS, J. 2003. Expansión y Trayectoria de la Ganadería en la Amazonía: Alto Huallaga, Perú, UNAS Tingo María Perú. 133 p.

- STRELSKI, V. 1989: "Ensayo para la obtención de masa forrajera de madera sacarificada", *Guidroliznaya y Lesoj. Prom.*, N° 6.
- SOTO, G. 2008. Fabricación de pellet de carbonilla usando aserrín de *Pinus radiata (D. Don)* como material aglomerante. Tesis de Ingeniero forestal. U de Toluca. Chile.
- VASQUEZ T 2008. Caracterización de los sistemas agroforestales de la cuenca media margen derecha del río Huallaga - Aucayacu. Tesis Ing. Zootecnista FZ. UNAS. Tingo María Perú. 100p.
- VALENCIA, F. 2001 Plan de desarrollo de La Provincia de Leoncio Prado y el Monzón , editorial UNAS, Tingo María, Perú 259 p.
- URRELO, G; CREDO, V; LOAYZA, T 1994. Agroecología en El Alto Huallaga, Editorial UNAS, Tingo María. 64 p.
- UTKIN, G., et.al 1984: "Obtención de productos de la pre hidrólisis de material vegetal", *Información resumen, industria Microbiológica*, Moscú,38 p

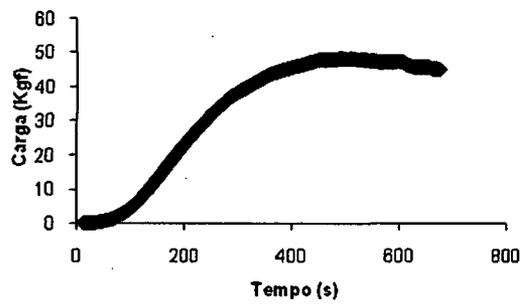
ANEXOS

ANEXO A

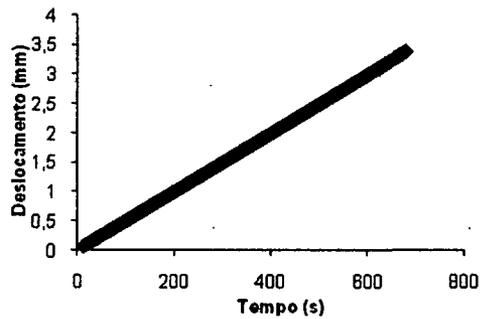
PRUEBA DE RESISTENCIA PARA CADA MUESTRA: ARROZ

MUESTRA 1.- 550Kgf/2000PSI = 48 (Carga máxima)

Carga máxima

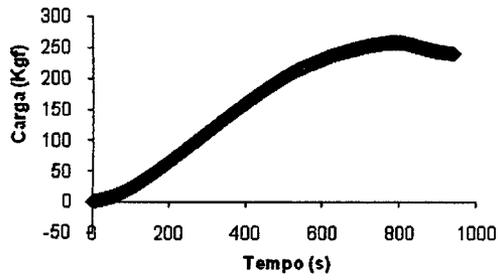


Deslocamento x Tempo

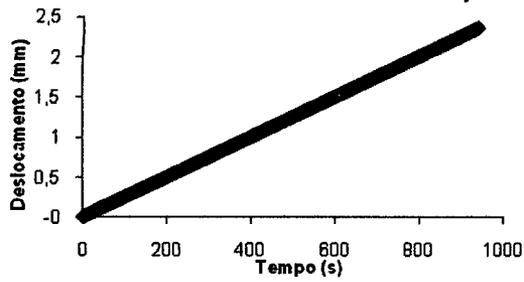


MUESTRA 2.- 550Kgf/2000PSI = 258 (Carga máxima)

Carga máxima

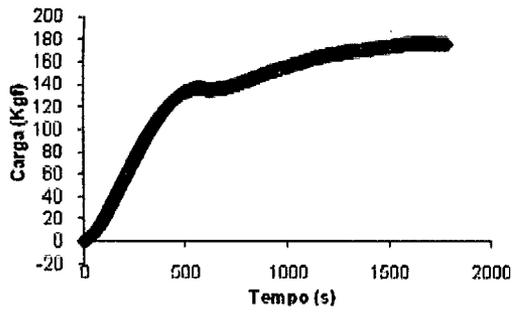


Deslocamento x Tempo

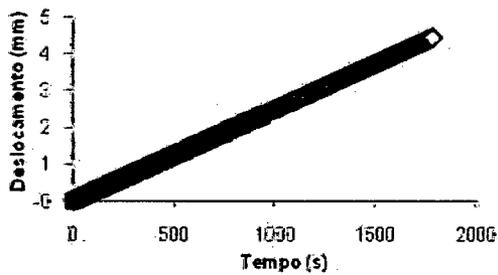


MUESTRA 3.- 550Kg/2000PSI = 177 (Carga máxima)

Carga máxima

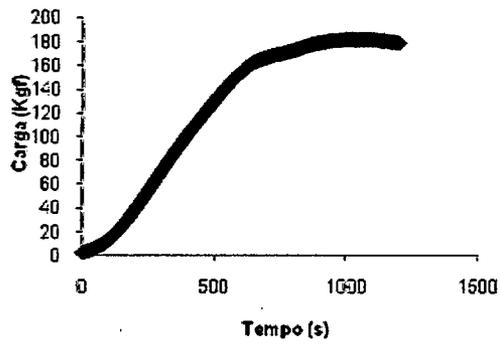


Deslocamento x Tempo

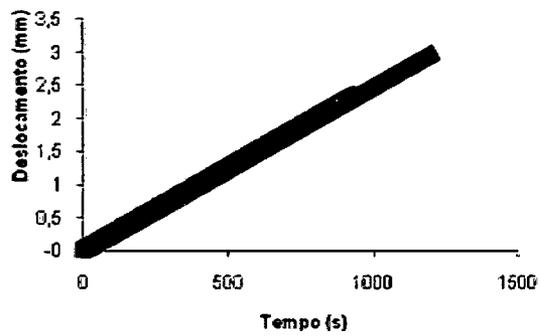


MUESTRA 1.- 770Kgf/2800PSI = 182 (Carga máxima)

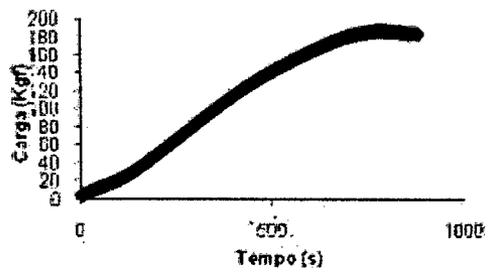
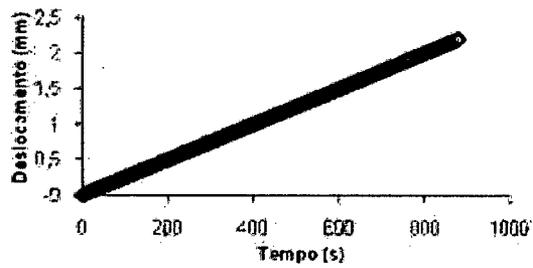
Carga máxima



Deslocamento x Tempo

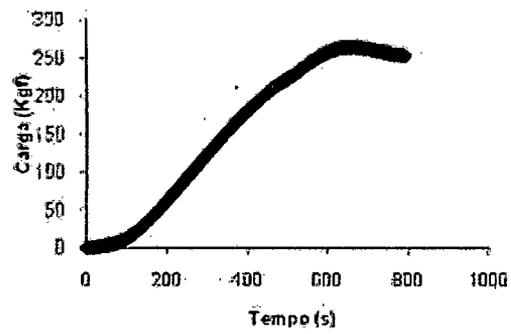


MUESTRA 2.- 770Kgf/2800PSI = 188 (Carga máxima)

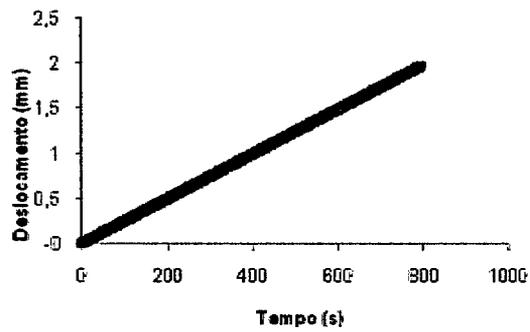
Carga máxima**Deslocamento x Tempo**

MUESTRA 3.- 770Kgf/2800PSI = 265 (Carga máxima)

Carga máxima

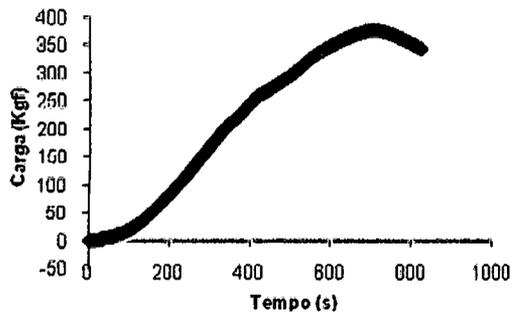


Deslocamento x Tempo

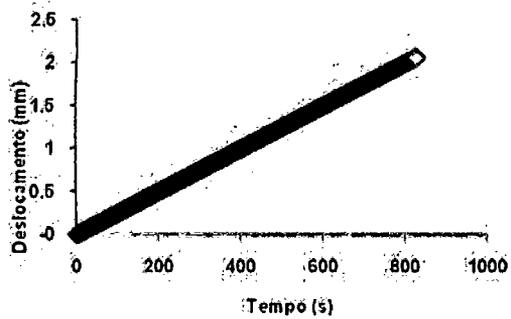


MUESTRA 1.- 990Kgf/3600PSI = 379 (Carga máxima)

Carga máxima

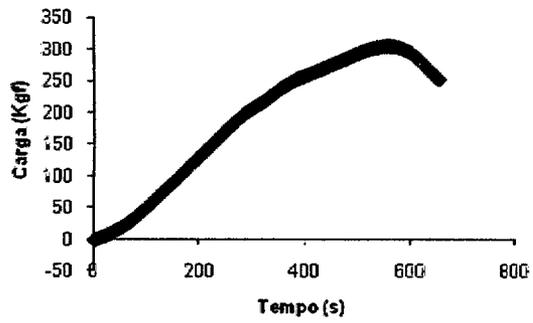


Deslocamento x Tempo

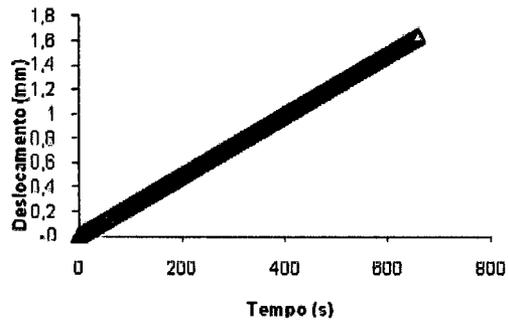


MUESTRA 2.- 990Kgf/3600PSI = 305 (Carga máxima)

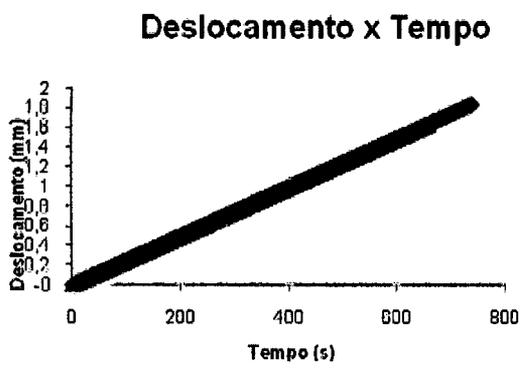
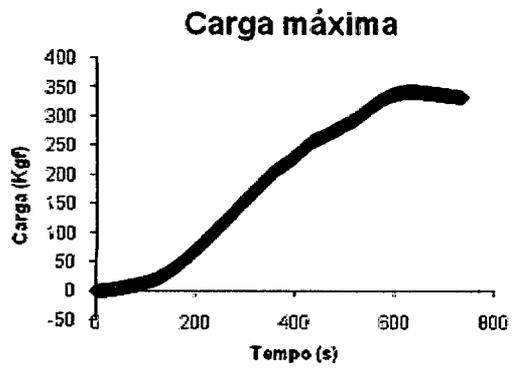
Carga máxima



Deslocamento x Tempo

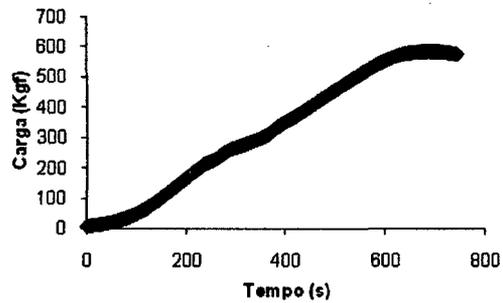
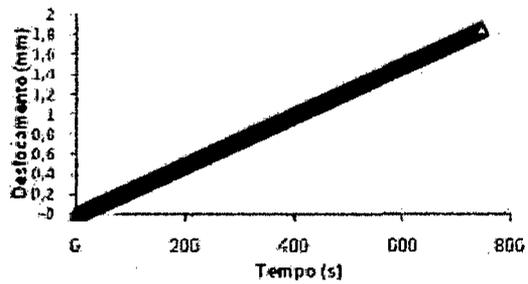


MUESTRA 3.- 990Kgf/3600PSI = 343 (Carga máxima)

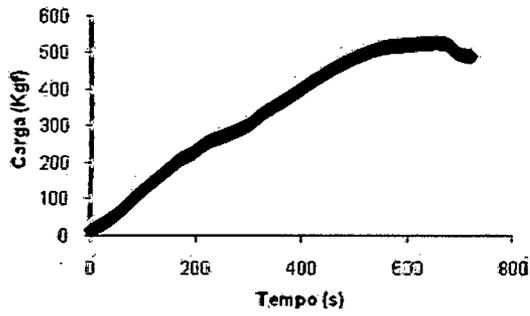


ANEXO B

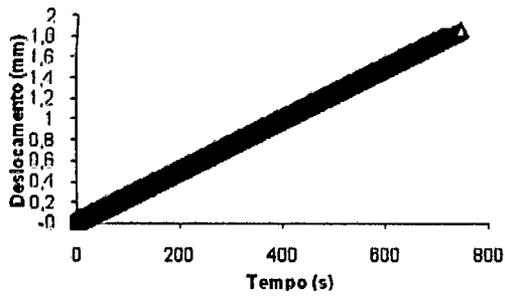
PRUEBA DE RESISTENCIA PARA CADA MUESTRA: ASERRÍN

MUESTRA 1.- 550Kgf/2000PSI = 584 (Carga máxima)**Carga máxima****Deslocamiento x Tiempo****MUESTRA 2.- 550Kgf/2000PSI = 528 (Carga máxima)**

Carga máxima

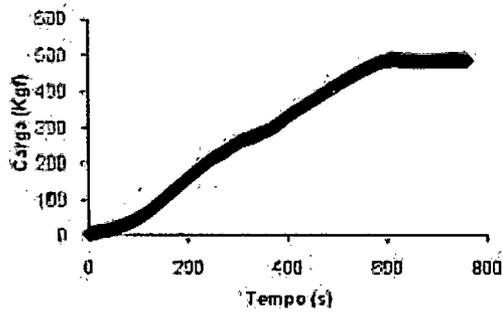


Deslocamento x Tempo

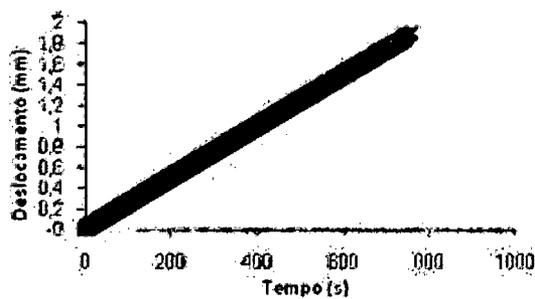


MUESTRA 3.- 550Kg-f/2000PSI = 491 (Carga máxima)

Carga máxima

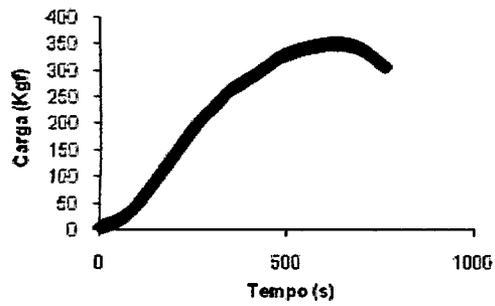


Deslocamento x Tempo

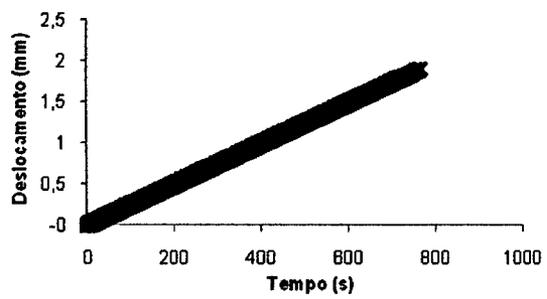


**MUESTRA 1.-
770Kg-f/2800PSI = 351
(Carga máxima)**

Carga máxima

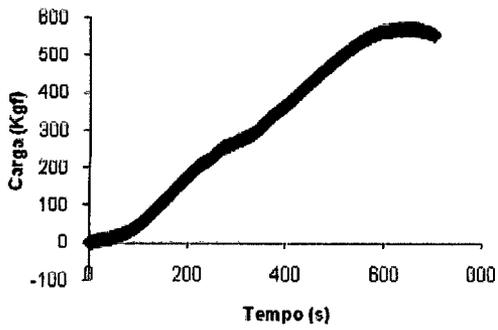


Deslocamento x Tempo

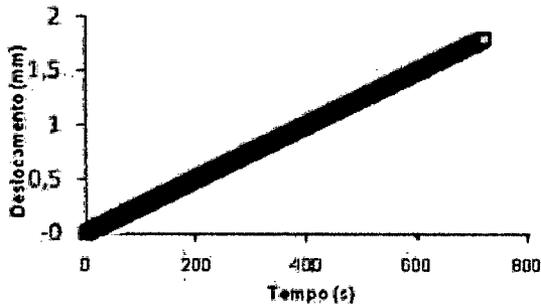


MUESTRA 2.- 770Kgf/2800PSI = 571 (Carga máxima)

Carga máxima

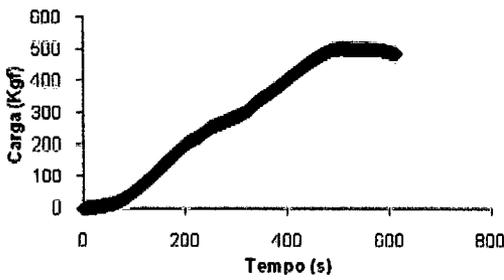


Deslocamento x Tempo

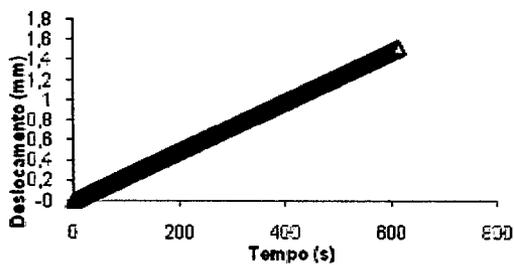


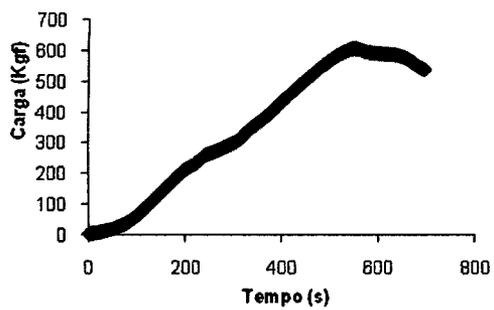
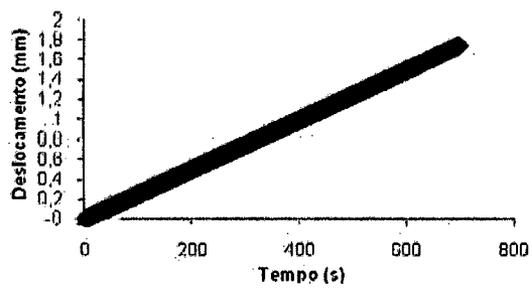
MUESTRA 3.- 770Kg/2800PSI = 503 (Carga máxima)

Carga máxima

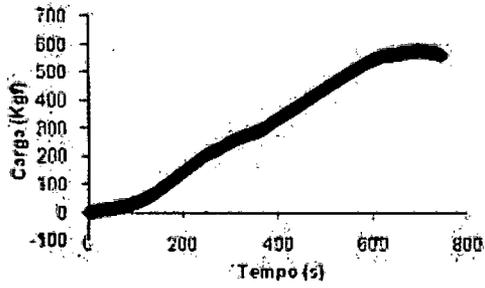


Deslocamento x Tempo

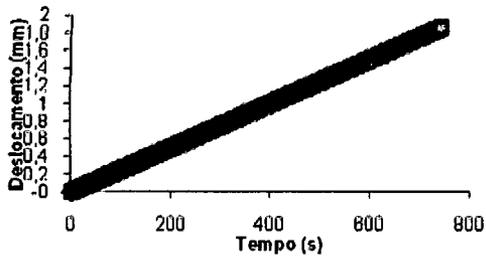


MUESTRA 1.- 990Kgf/3600PSI = 607 (Carga máxima)**Carga máxima****Deslocamento x Tempo****MUESTRA 2.- 990Kgf/3600PSI = 579 (Carga máxima)**

Carga máxima

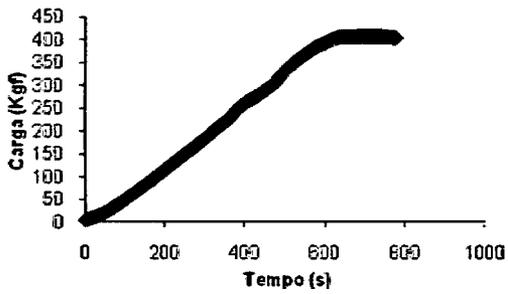


Deslocamento x Tempo

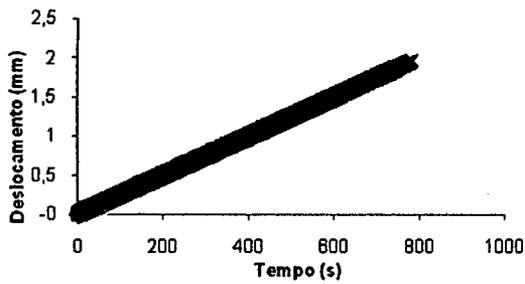


MUESTRA 3.- 990Kgff/3600PSI = 408 (Carga máxima)

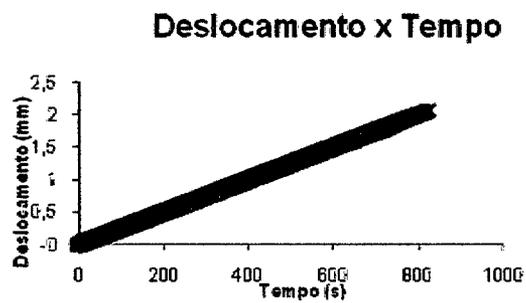
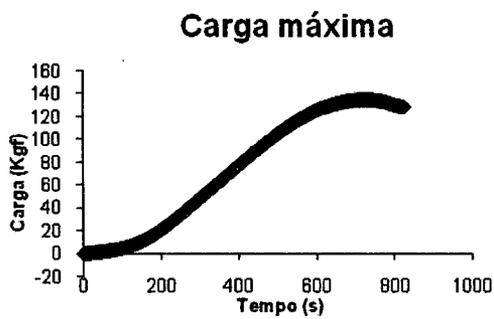
Carga máxima



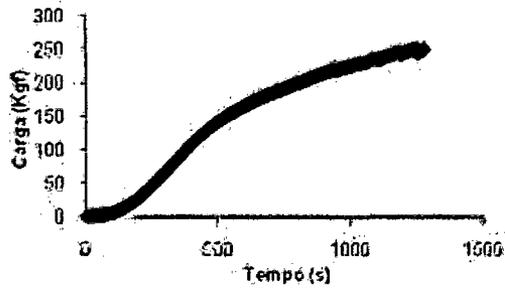
Deslocamento x Tempo



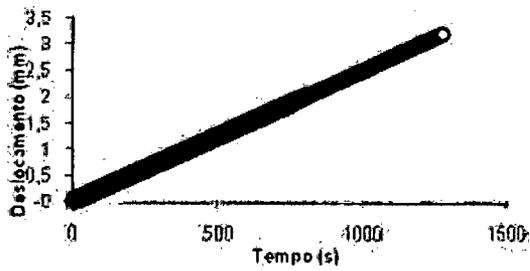
ANEXO C

**PRUEBA DE RESISTENCIA PARA CADA MUESTRA: MIXTO
(ASERRÍN CON CAFÉ)****MUESTRA 1.- 550Kgf/2000PSI = 135 (Carga máxima)****MUESTRA 2.- 550Kgf/2000PSI = 253 (Carga máxima)**

Carga máxima

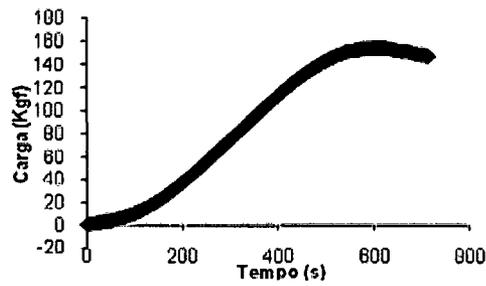


Deslocamento x Tempo

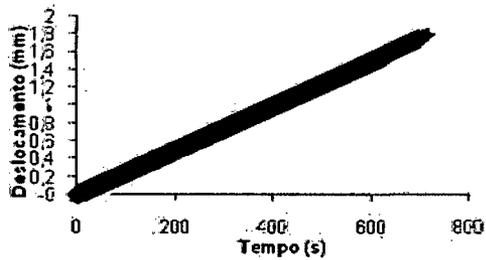


MUESTRA 3.- 550Kgff/2000PSI = 154 (Carga máxima)

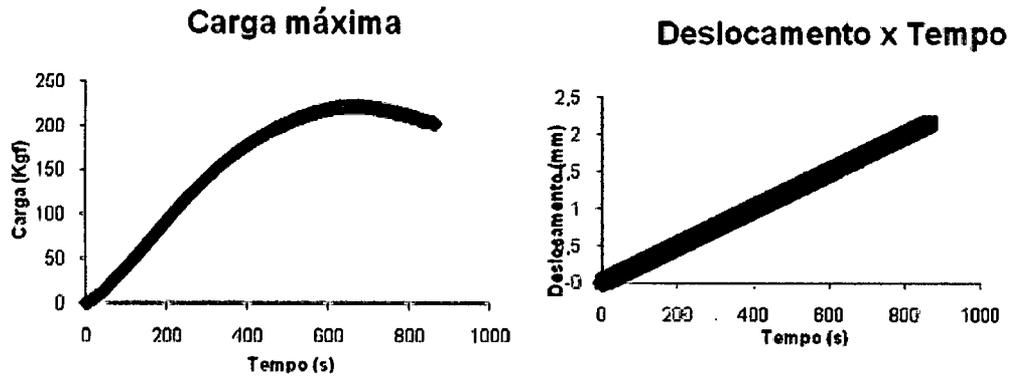
Carga máxima



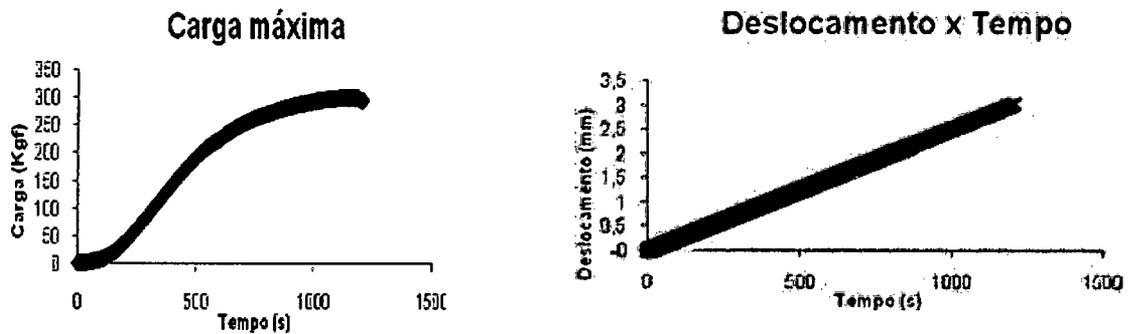
Deslocamento x Tempo



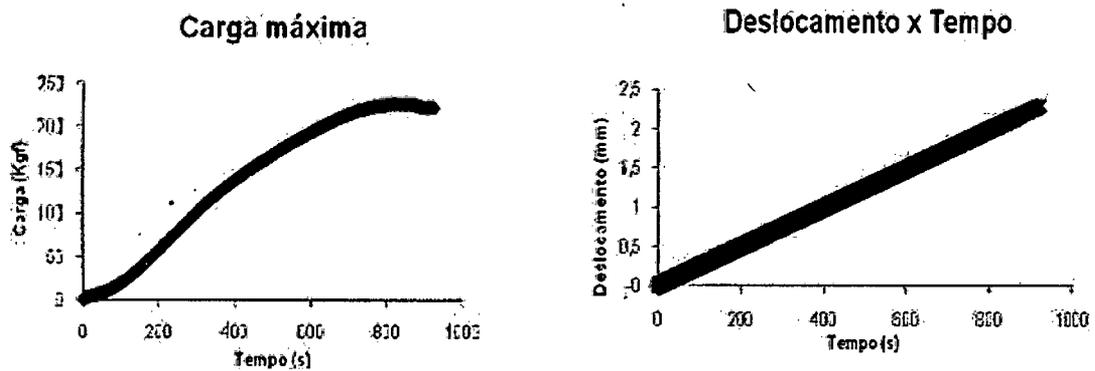
MUESTRA 1.- 770Kgf/2800PSI = 223(Carga máxima)



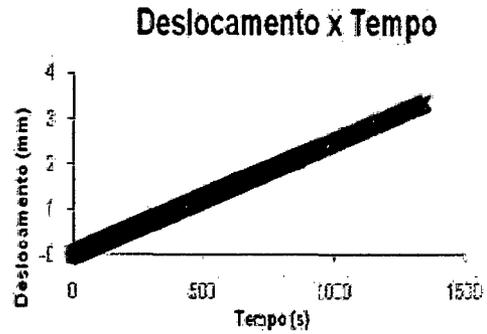
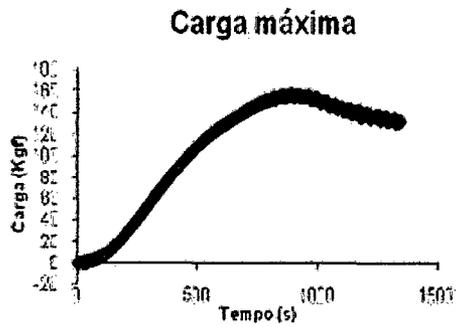
MUESTRA 2.- 770Kgf/2800PSI = 301 (Carga máxima)



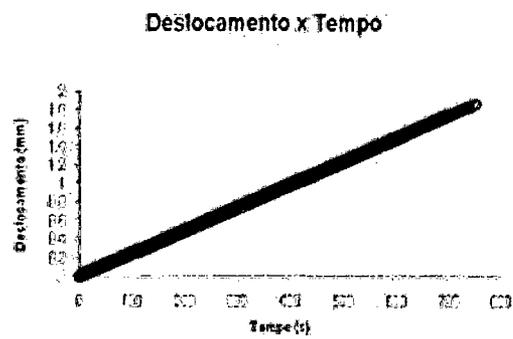
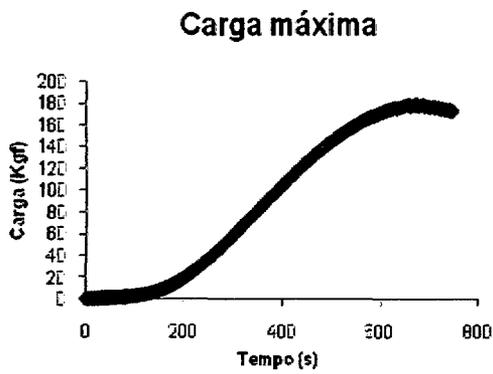
MUESTRA 3.- 770Kgf/2800PSI = 226 (Carga máxima)



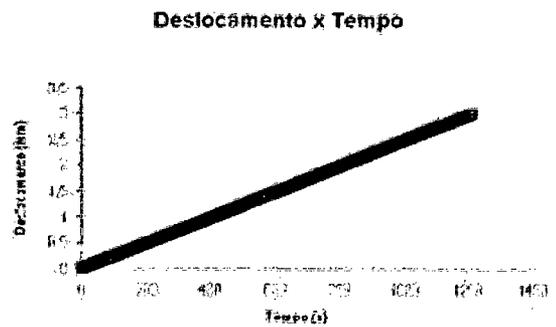
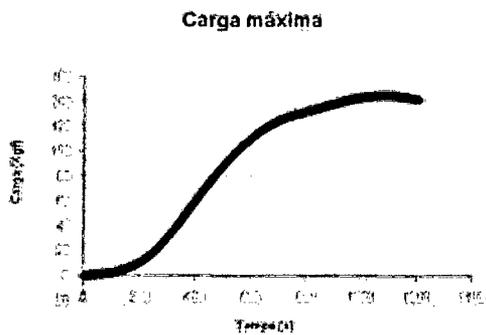
MUESTRA 1.- 990Kgf/3600PSI = 157 (Carga máxima)



MUESTRA 2.- 990Kgf/3600PSI = 180 (Carga máxima)



MUESTRA 3.- 990Kgf/3600PSI = 145 (Carga máxima)



ANEXO D

PANEL FOTOGRÁFICO: EQUIPOS UTILIZADOS EN LABORATORIO

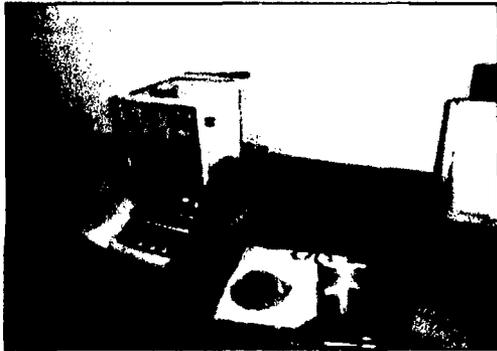


Figura 1. Balanza analítica

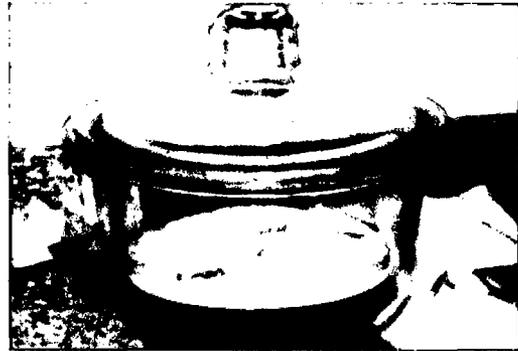


Figura 2. Placas Petri y

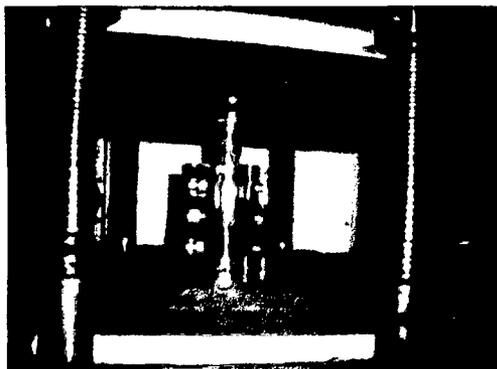


desecador



Figura 3. Termómetro

Figura 4. Mufla



**Figura 5. Compactadora
briqueta**

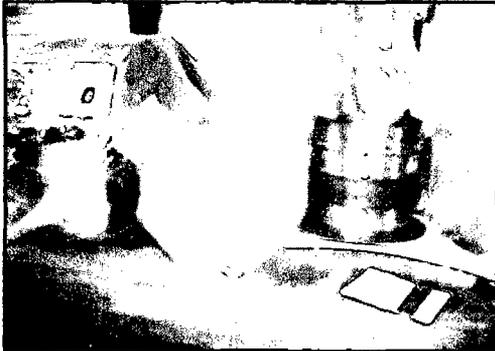


Figura 6. Molde para



Figura 7. Peneiras

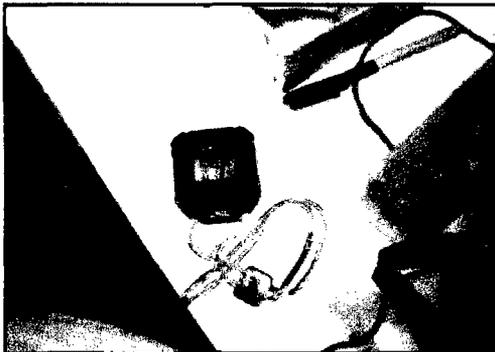
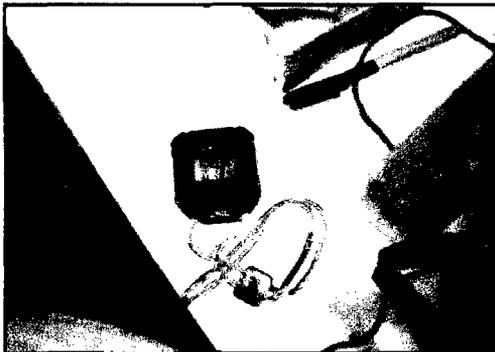


Figura 8. Calorímetro



Figura 9. Cronómetro



**Figura 10. Máquina para
medir
resistencia de
briquetas**

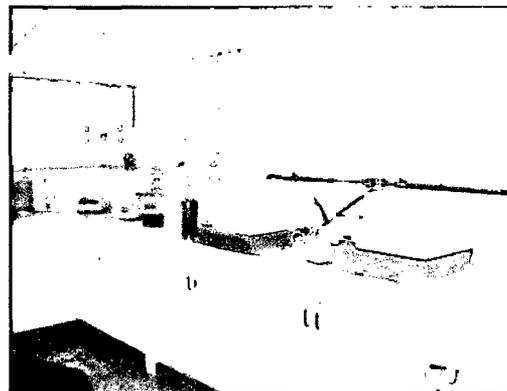


Figura 11 y 12. Instalaciones del Laboratorio de Productos Forestales del Servicio Forestal Brasileiro.

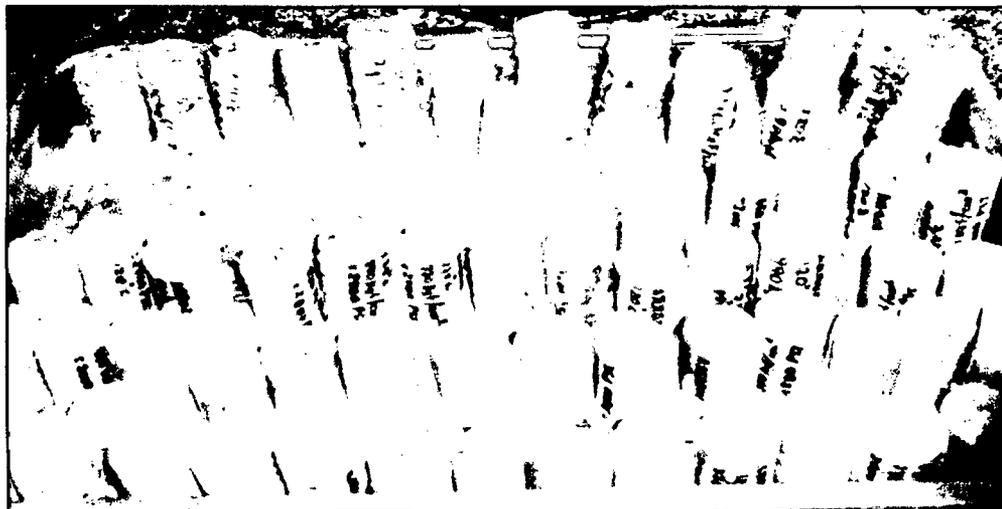
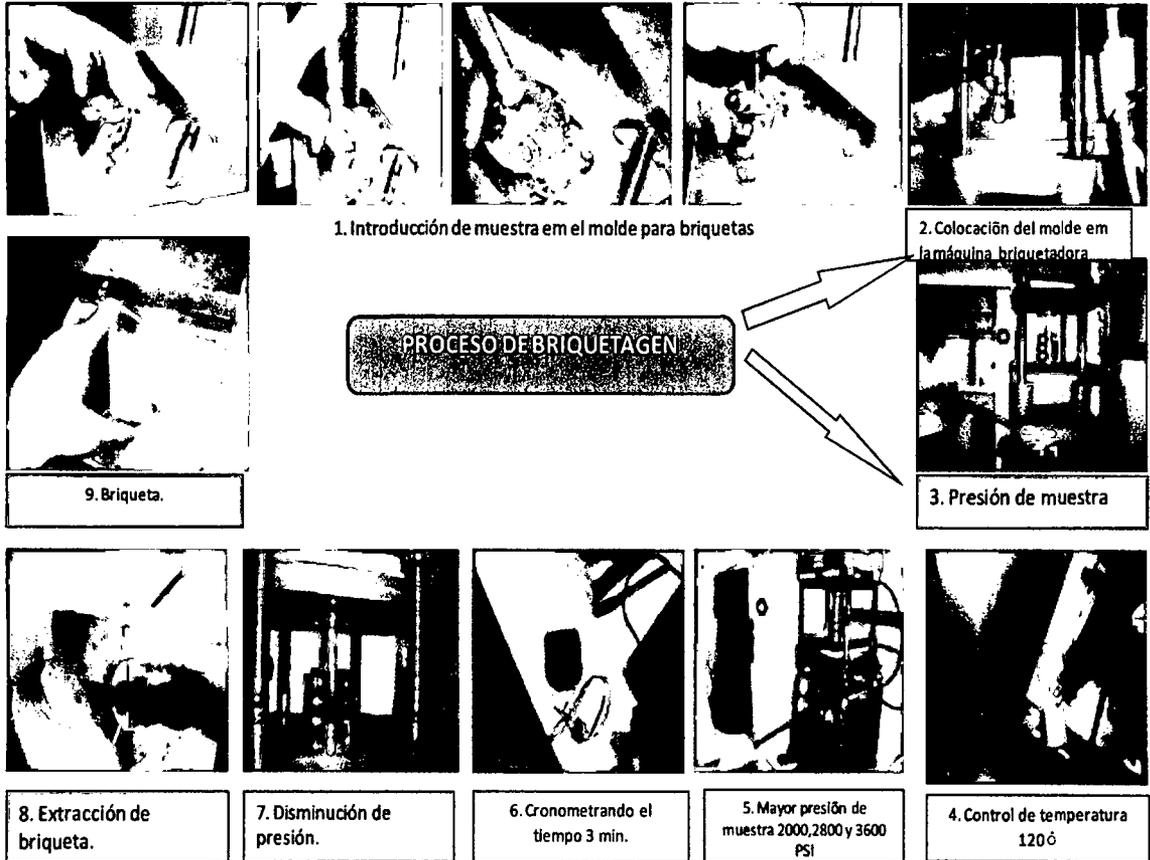


Figura 13. Cronómetro