



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

TEMA:

“ESTUDIO DE COMPACTACIÓN DE LA CÁSCARA DE NUEZ PARA
MEJORAR LA CALIDAD DE BRIQUETAS DE BIOMASA”.

AUTOR: Pablo Andrés Tirado Jijón

TUTOR: Ing. Msc. Germánico López

AMBATO – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor de la presente Tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el “ESTUDIO DE COMPACTACIÓN DE LA CÁSCARA DE NUEZ PARA MEJORAR LA CALIDAD DE BRIQUETAS DE BIOMASA”, ejecutado por el señor Pablo Andrés Tirado Jijón , egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico que la presente tesis fue elaborada en su totalidad por el autor y ha sido concluida en forma total, en apego al plan de tesis aprobado.

Ing. Msc. Germánico López

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Pablo Andrés Tirado Jijón, declaro que soy el único autor del trabajo de investigación titulado: “ESTUDIO DE COMPACTACIÓN DE LA CÁSCARA DE NUEZ PARA MEJORAR LA CALIDAD DE BRIQUETAS DE BIOMASA”, y autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso del mismo.

Pablo Andrés Tirado Jijón

C.I. 1804623849

DEDICATORIA

A la Santa Madre de Dios, María, por haber estado conmigo en cada momento de mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haber sido mi soporte y compañía.

A mis padres por ser el pilar fundamental, por su infinito amor y sacrificio, a mis queridos hermanos por siempre cuidar de mí y preocuparse de que nunca me falte nada.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que a lo largo de cada día, cada semestre, cada año en la universidad, supieron compartir sus conocimientos y experiencias, mostrándome que vale la pena todo el esfuerzo, para llegar a ser un Ingeniero Mecánico.

A mi tutor, el Ing. Germánico López, muchas gracias por su incondicional apoyo y siempre estar dispuesto a guiarme y compartir sus conocimientos.

ÍNDICE

PAGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.....	2
1.2.3 PROGNOSIS	3
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.....	3
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.1.1 ANTECEDENTES.....	6
2.1.2 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	22
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	22

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	23
CAPÍTULO III.....	24
3. METODOLOGÍA	24
3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.2 BIBLIOGRÁFICA.....	24
3.2.2 EXPERIMENTAL	24
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
3.3.1 EXPLORATORIO	24
3.3.2 DESCRIPTIVA.....	25
3.3.3 EXPLICATIVO	25
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	25
3.4.1 POBLACIÓN.....	25
3.4.2 MUESTRA	25
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	26
3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:	26
3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE:	27
3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	27
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	27
CAPITULO IV	29
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	29
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	29
4.3 DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	55
CAPITULO V.....	58
5.1 CONCLUSIONES	58
5.2 RECOMENDACIONES	59
CAPITULO VI	60
6. PROPUESTA.....	60
6.1 DATOS INFORMATIVOS	60
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	60
6.3 JUSTIFICACIÓN	61
6.4 OBJETIVOS	61
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	62

6.6 FUNDAMENTACIÓN	62
6.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO	73
6.8 ADMINISTRACIÓN	91
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	92
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	95
ANEXO A	96
ANEXO B.....	97
ANEXO C.....	100
ANEXO D	110
ANEXO E.....	113
PLANOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características físicas, químicas de los pellets y briquetas.....	13
Tabla 2.2 Poder calorífico de diferentes tipos de Biomasa.....	15
Tabla 2.3 Requisitos de resistencia al aplastamiento.....	18
Tabla 3.1 Variación de temperatura y presión a realizarse en los ensayos.....	26
Tabla 3.2 Variable independiente.....	26
Tabla 3.3 Variable dependiente.....	27
Tabla 4.1 Masa promedio de los componentes de la nuez.....	30
Tabla 4.2 Resultados del análisis de densidad y humedad en las muestras de cáscara de nuez sin tratar.....	33
Tabla 4.3 Densidad promedio de las briquetas.....	37
Tabla 4.4 Porcentaje de humedad de las briquetas de cáscara de nuez.....	38
Tabla 4.5 Porcentaje de cenizas de las briquetas de cáscara de nuez.....	38
Tabla 4.6 Porcentaje de proteínas de las briquetas de cáscara de nuez.....	39
Tabla 4.7 Porcentaje de grasa de las briquetas.....	40
Tabla 4.8 Determinación del poder calorífico aplicando diferentes métodos.....	40
Tabla 4.9 Datos para el cálculo de poder calorífico.....	41
Tabla 4.10 Poder calorífico de las briquetas.....	42
Tabla 4.11 Comparación del poder calorífico de las briquetas con otros restos agroindustriales.....	42
Tabla 4.12 Masa necesaria de biomasa para hervir 1 lt de agua.....	42
Tabla 4.13 Datos de las briquetas a temperatura de 70°C y presión de 500 Kg/cm ²	46
Tabla 4.14 Estadístico descriptivo de las briquetas a temperatura baja (70°C). ...	47
Tabla 4.15 Datos de las briquetas a temperatura de 120°C y presión 500 Kg/cm ²	48

Tabla 4.16 Estadístico descriptivo de las briquetas a temperatura media (120°C).	49
Tabla 4.17 Datos de las briquetas a temperatura de 170°C y presión 500 Kg/cm ²	50
Tabla 4.18 Estadístico descriptivo de las briquetas a temperatura alta (170°C). ...	51
Tabla 4.19 Comparación de la resistencia al aplastamiento mínima y la obtenida	53
Tabla 4.20 Tabla de valores de z según nivel de significancia α	55
Tabla 4.21 Análisis estadístico de las muestras x , y	56
Tabla 6.1 Coeficientes de transferencia de calor.	64
Tabla 6.2 Propiedades térmicas de metales y no metales.	65
Tabla 6.3 Variación de temperatura en la termocupla en función de la temperatura en el interior del cilindro.	72
Tabla 6.4 Simbología diagrama de procesos.....	74
Tabla 6.5 Costos de la investigación.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Nuez de castilla.....	8
Figura 2.2 Partes internas de la nuez.....	9
Figura 2.3 Importación de nuez en el periodo 2000-2014.	9
Figura 2.4 Briquetas de diferentes formas y materiales.	11
Figura 2.5 Briquetas de cáscara de almendra a escala de laboratorio.....	12
Figura 2.6 Conducción de calor en régimen transitorio.....	14
Figura 2.7 Almacenamiento de briquetas en pallets.	18
Figura 2.8 Esquema de densificación.....	19
Figura 2.9 Cilindro sometido a presión interna y externa.....	20

Figura 2.10 Distribución de esfuerzos en un cilindro de pared gruesa sometido a presión interna.....	21
Figura 2.11 Categorías fundamentales.....	23
Figura 4.1 Secciones comunes de briquetas.....	29
Figura 4.2 Forma seleccionada para las briquetas de cáscara de nuez.....	29
Figura 4.3 Masa de los componentes de la nuez.....	30
Figura 4.4 Porcentaje de los componentes de la nuez.....	30
Figura 4.5 Cáscara de nuez encendida.....	31
Figura 4.6 Briquetas con diferentes tamaños de partículas.....	32
Figura 4.7 Muestras de cáscara de nuez para análisis de laboratorio.....	33
Figura 4.8 Compactación de la cáscara de nuez.	34
Figura 4.9 Briquetas compactadas a diferentes temperaturas.	35
Figura 4.10 Unión entre partículas en briquetas compactadas a una presión de 500 kg/cm ² y temperatura de 70 °C. Ampliación 40X.....	35
Figura 4.11 Unión entre partículas en briquetas compactadas a una presión de 500 kg/cm ² y temperatura de 120 °C. Ampliación 40X.....	36
Figura 4.12 Unión entre partículas en briquetas compactadas a una presión de 500 kg/cm ² y temperatura de 170 °C. Ampliación 40X.....	36
Figura 4.13 Determinación de la densidad de las briquetas.....	37
Figura 4.14 Muestras de briquetas en la estufa a temperatura de 105°C.....	38
Figura 4.15 Muestras de briquetas en horno de mufla.....	39
Figura 4.16 Digestión de la proteína de las briquetas.....	39
Figura 4.17 Extracción de grasa de las briquetas.....	40
Figura 4.18 MULTISPEED. Prensa de compresión simple.....	43
Figura 4.19 Briquetas para el ensayo de resistencia al aplastamiento.	43
Figura 4.20 Lectura de la carga aplicada en las briquetas.....	44

Figura 4.21 Aplicación de carga en briquetas formadas a Presión de 500 kg/cm ² y temperatura de 70 °C.	44
Figura 4.22 Aplicación de carga en briquetas formadas a presión de 500 kg/cm ² y temperatura de 120 °C.	44
Figura 4.23 Aplicación de carga en briquetas formadas a presión de 500 kg/cm ² y temperatura de 170 °C.	45
Figura 4.24 Briquetas luego del ensayo de resistencia al aplastamiento.	45
Figura 4.25 Datos de resistencia de las briquetas a temperatura baja (70°C).	47
Figura 4.26 Prueba de normalidad P-P de los datos de resistencia obtenidos a temperatura baja.	47
Figura 4.27 Datos de resistencia de las briquetas a temperatura media (120°C). .	49
Figura 4.28 Prueba de normalidad P-P de los datos de resistencia obtenidos a temperatura media.	49
Figura 4.29 Datos de resistencia de las briquetas a temperatura alta (170°C).	51
Figura 4.30 Prueba de normalidad P-P de los datos de resistencia obtenidos a temperatura alta.	51
Figura 4.31 Resistencia al aplastamiento de las briquetas a diferentes temperaturas de compactación.	52
Figura 4.32 Densidad de las briquetas a diferentes temperaturas de compactación.	53
Figura 4.33 Resistencia de las briquetas a diferentes temperaturas de compactación.	54
Figura 6.1 Esquema de la fuerza de compactación.	63
Figura 6. 2 Modelado de la geometría.	65
Figura 6.3 Contacto entre elementos.	66
Figura 6.4 Elemento de mallado para geometrías 3D.	66
Figura 6.5 Elementos de mallado para geometrías 2D.	67

Figura 6.6 Mallado del modelo.....	67
Figura 6.7 Deformaciones en el molde.....	68
Figura 6.8 Esfuerzos en el molde.....	68
Figura 6.9 Factor de seguridad del molde.....	69
Figura 6.10 Evaluación de las temperaturas en el punto de la termocupla con respecto al interior del cilindro (70°C).....	70
Figura 6.11 Evaluación de las temperaturas en el punto de la termocupla con respecto al interior del cilindro (120°C).....	70
Figura 6.12 Evaluación de las temperaturas en el punto de la termocupla con respecto al interior del cilindro (170°C).....	71
Figura 6.13 Flujo de calor en el sistema.....	71
Figura 6.14 Cáscara de nuez.....	79
Figura 6.15 Muestra para análisis de humedad.....	80
Figura 6.16 Secado de la cáscara de nuez.....	80
Figura 6.17 Triturado de la cáscara de nuez.....	81
Figura 6.18 Tamizado de la cáscara de nuez.....	81
Figura 6.19 Limpieza del molde.....	82
Figura 6.20 Lubricación del molde.....	82
Figura 6.21 Seteo de la temperatura a controlar.....	83
Figura 6.22 Seteo del tipo de termocupla.....	83
Figura 6.23 Seteo del tipo de proceso.....	84
Figura 6.24 Seteo del tipo de control.....	84
Figura 6.25 Seteo de las unidades.....	85
Figura 6.26 Balanza electrónica.....	85
Figura 6.27 Llenado del molde.....	86

Figura 6.28 Colocación de la niquelina.....	86
Figura 6.29 Colocación del molde en la prensa.	87
Figura 6.30 Proceso de calentamiento.	87
Figura 6.31 Proceso de calentamiento.	88
Figura 6.32 Proceso de calentamiento.	88
Figura 6.33 Enfriamiento del molde.	89
Figura 6.34 Desmolde de la briqueta.	89
Figura 6.35 Evaluación de la densidad.	90
Figura 6.36 Encendido de las briquetas.	90

RESUMEN

La investigación se enmarcó en el estudio de la compactación de la cascara de nuez, para formar briquetas, se analizó cómo el incremento de la temperatura en el proceso de compactación a una determinada presión afecta la calidad de las briquetas. Como parámetro para medir la calidad, se realizaron ensayos de resistencia al aplastamiento.

Se formaron briquetas a diferentes temperaturas de compactación: 70 °C, 150 °C, 170 °C y a una presión de 500 Kg/cm², después de evaluar las briquetas mediante el ensayo de resistencia al aplastamiento, se estableció que las briquetas con mayor resistencia al aplastamiento (3598 Kg/cm²), se formaban a una temperatura de 170 °C.

Las briquetas de cáscara de nuez de mejor calidad fueron las formadas a temperatura de 170 °C, las cuales tienen una densidad de alrededor de a 1,328 g/cm³.

El análisis de las briquetas finales muestra que éstas contienen un 7,36 % de humedad, porcentaje de cenizas 1.3% y un poder calorífico de 15512.51 KJ/Kg, lo que indica que pueden ser usadas como un biocombustible sólido.

ABSTRACT

The investigation is mainly about the study of nutshell compaction, to form briquettes, studying how increasing the temperature in the compacting process at a certain pressure, affects the quality of the briquettes. As a parameter to measure the quality, crush strength tests were performed.

At different compaction temperatures, briquettes were formed: 70 °C, 150 °C, 170 °C and a pressure of 500 kg/cm². After briquettes were evaluated by crushing strength test, it was established that briquettes with the higher value of crushing strength, 3598 Kg/cm², were formed at a temperature of 170 °C.

The better nutshell briquettes were formed at a temperature of 170 C° and had a density about of 1,328 g/cm³.

The analysis of the final briquettes showed that these briquettes contained 7.36 % moisture, 1.3% ash content and a calorific value of 15512.51 kJ/kg, indicating that they can be used as a solid biofuel.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

“ESTUDIO DE COMPACTACIÓN DE LA CÁSCARA DE NUEZ PARA MEJORAR LA CALIDAD DE BRIQUETAS DE BIOMASA”.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Según datos del Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en países pobres de América Latina, aún se sigue usando biomasa, específicamente leña, carbón y demás residuos forestales como fuente de energía, a los cuales no se les trata con ningún proceso de transformación para mejorar su calidad y así aprovechar al máximo todo su potencial energético. Además, la biomasa se puede encontrar en grandes cantidades, debido a que son el resultado de los procesos productivos en la Agroindustria, estos residuos resultan ser de mucha importancia porque aun contienen energía.

Los siguientes datos ayudan a entender la cantidad de desechos que se generan en los diferentes tipos de Agroindustrias: la industria de la cerveza solamente utiliza el 8% de los componentes del grano, el resto 92%, es un residuo; la industria del aceite de palma utiliza el 9%, el 91% restante es un residuo; la industria del café utiliza el 9.5%, el 90.5% restante es un residuo y la industria del papel utiliza menos del 30%, el resto es un residuo. (Saval, 2012)

En Ecuador, según datos de INEC en el área rural, el 89,03% de las viviendas cuentan con energía eléctrica y el 6,8% de los hogares usan como principal fuente

de energía la leña, mucho de los pobladores de estos lugares todavía no se dan cuenta de la energía que desperdician, al desechar sus residuos agroindustriales a la basura, los cuales pueden tener un gran potencial energético, que mediante la realización de algunos procesos se los puede convertir en una fuente de energía ecológica de muy buena calidad.

Los residuos de cáscara de nuez producidos después del proceso de transformación, no son aprovechados debido a que no existe una clara conciencia ambiental para su manejo, además de la insuficiencia de recursos tecnológicos y económicos para convertirlos en energía de calidad, así como una legislación específica para promover la gestión de este tipo de residuos, que asegure un buen manejo desde su generación hasta su disposición final. (Bernal, 2004)

En Tungurahua desde muchos años atrás se cultiva la nuez, la cosecha se lo realiza en los meses de marzo, abril y mayo. Uno de estos cultivos se encuentra en la parroquia Huachi Grande, al sur de Ambato, este cultivo tiene alrededor de 130 árboles. Toda la cosecha de estos cultivos se la comercializa en el mercado Mayorista. Otro de los lugares donde se cultiva la nuez se encuentra en la parroquia Constantino Fernández, al norte de Ambato. José Parra, técnico del Ministerio de Agricultura, indica que no existen datos de cuántas personas se dedican a sembrar nuez ni las hectáreas y producción anual. (Redacción Sierra Centro, 2010)

En la provincia se desecha y no se aprovecha la cáscara de nuez, sobre la cual no existen estudios acerca de su transformación en una fuente de energía de calidad, tampoco existe información referente a sus propiedades. Todo esto señala claramente la importancia que tiene realizar un estudio acerca de la cáscara de nuez como una fuente de energía de calidad, competitividad y de fácil obtención, lo cual contribuye al remplazo de productos derivados del petróleo.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Hoy en día la tendencia en el mundo se encamina hacia un considerable consumo de productos agrícolas, y que traen como consecuencia la generación de residuos,

estos pueden ser materiales en estado sólido o líquido, muchos los consideran subproductos sin utilidad, pero son todo lo contrario, son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial o social.

El problema al que se enfrentan los sectores rurales es que no se aplican técnicas para procesar los desechos, darles un valor agregado y mejorar la calidad de la energía de la biomasa.

1.2.3 PROGNOSIS

La creciente demanda de energía, provoca que se busquen nuevas maneras de aprovechar materiales desechados en procesos productivos, que mediante algunos procesos se puede mejorar su calidad. Son de gran importantes ya que se podrá contar con alternativas energéticas ecológicas que puedan ayudar a disminuir la contaminación ambiental y ayudar a cubrir las necesidades energéticas.

Sin el presente estudio no se podrá contar con una alternativa para mejorar la calidad energética de la biomasa y no se podrán aprovechar los desechos de procesos productivos, como es la cáscara de nuez.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En resumen el problema surge debido al poco estudio de procesos para mejorar la calidad de energía de biomasa sólida, y del desconocimiento del potencial energético que tiene la cáscara de nuez como fuente de energía.

¿Mediante incremento de la temperatura en el proceso de compactación, se mejorara la calidad de las briquetas de cáscara de nuez?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Cuál será la temperatura adecuada de compactación del producto?
- ¿Cómo influye la temperatura de compactación en la densidad de las briquetas?

- ¿Se podrá visualizar las superficies de contacto de las partículas de las briquetas?
- ¿Cuál será la resistencia al aplastamiento de las briquetas?
- ¿Cómo variara del poder calorífico en las briquetas?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1 DELIMITACIÓN DEL CONTENIDO

El estudio de compactación de la cáscara de nuez a realizarse está enmarcado dentro del campo de Ingeniería Mecánica, en su mayoría se enfoca en las materias de Transferencia de calor, Diseño Mecánico y Estadística.

1.2.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El estudio se lo realizara en un periodo que comprende los meses de Marzo - Septiembre del 2014, tiempo en el cual se determinara todos los parámetros que sean necesarios para un correcto desarrollo del estudio.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El estudio de compactación de la cáscara de nuez, se lo realizara en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, específicamente en los Laboratorios de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, dentro de la Universidad Técnica de Ambato.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la poca investigación acerca de cómo transformar los subproductos agroindustriales para usarlos como fuente de energía constituyen un problema serio.

Es necesario desarrollar alternativas tecnológicas que permitan mejorar la calidad de la biomasa sólida, y así aprovechar en mayor medida el gran potencial que tienen los desechos agroindustriales, que permitan innovar en el área de energías,

campo en el cual la cáscara de nuez se perfila como un combustible sólido de alto poder energético y de fácil obtención, lo cual contribuye al remplazo de productos derivados del petróleo.

Por todo lo expuesto anteriormente queda justificado el estudio de compactación de la cáscara de nuez para mejorar la calidad de briquetas de biomasa.

1.4 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los parámetros de compactación de la cáscara de nuez para la obtención de briquetas de calidad.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la temperatura de compactación para las briquetas.
- Evaluar cómo se relaciona la temperatura de compactación con la densidad.
- Analizar los puntos de contacto entre las partículas de las briquetas.
- Determinar la resistencia al aplastamiento de las briquetas.
- Determinar el poder calorífico de las briquetas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.1 ANTECEDENTES

En Ecuador y otros países existen algunos trabajos relacionados con la evaluación de las propiedades térmicas de materiales vegetales de desecho, a continuación citaremos los más relevantes.

Juan Diego Fonseca Ashton en su Tesis previa a la obtención del título de Ingeniería Química en la Universidad San Francisco de Quito, bajo el tema: "Elaboración de briquetas de biomasa combustible a partir de desechos de fruta", realizada en el 2010, el cual describe el desarrollo de un proceso que apunta a capturar los desechos orgánicos de frutas mencionados y transformarlos en útiles briquetas combustibles de biomasa. Estas briquetas se pueden utilizar como material de alimentación para procesos de combustión como hornos industriales o aplicaciones caseras.

Rosa Virginia Garcés Paz y Sandra Viviana Martinez Silva, en su Tesis presentada en la Universidad Tecnológica de Pereira, bajo el tema: "Estudio del poder calorífico del bagazo de caña de azúcar en la Industria azucarera de la zona de Risaralda", realizada en 2007, la cual enuncia que actualmente, los biocombustibles son una alternativa más en miras a buscar fuentes de energías sustitutivas que sirvan de transición hacia una nueva tecnología. Cuando el bagazo de caña de azúcar se quema en las calderas, se genera el vapor que necesitan las turbinas para el accionamiento de generadores eléctricos. Es como de esta manera se transforma un combustible renovable en energía eléctrica para el sostenimiento

energético de fábricas y en ocasiones, el excedente de energía eléctrica es entregado a la red de distribución pública. El bagazo es un combustible cuyo componente mayoritario es el agua. La cantidad de agua existente en un biocombustible es la humedad, la cual constituye un factor que afecta de forma decisiva su energía disponible, ya que el poder calorífico del bagazo disminuye a medida que aumenta el porcentaje de humedad debido a que parte del calor desprendido durante la combustión del bagazo, tendrá que utilizarse para evaporar el agua proveniente de la humedad de este.

Ruth Irene Cabezas Arévalo en su Tesis previa a la obtención del título de Ingeniería Química en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, bajo el tema “Diseño de un Sistema de Compactación de Biomasa de Cascarrilla de Arroz y Serrín, en la Producción de Bloques Sólidos Combustibles (Bsc)” realizada en el 2009, en la cual se ha realizado el diseño de una compactadora de biomasa, para la producción de Bloques Sólidos Combustibles (BSC), para ser usados por la Fundación Eco- Sur- Ecuador, en la producción de eco materiales.

La biomasa está compuesta por partes iguales de cascarilla de arroz y serrín, el diseño comprende dos etapas: el análisis físico-químico de la biomasa, por medio de técnicas establecidas, que permiten evaluarla y especificarla en base a las NTE/INEN1160, 652, 160 y la segunda parte, que mediante la deducción se determinaron las dimensiones necesarias que permitan diseñar una compactadora.

2.1.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.2.1 BIOENERGÍA

Se puede entender por bioenergía como la energía producida a partir de biomasa, que es la materia de cada organismo biológico por ejemplo: madera, estiércol etc y que puede ser usado como fuente de energía. La biomasa puede ser todo elemento vivo como plantas o residuos agrícolas, forestales. La biomasa se puede usar como fuente de energía para proveer electricidad, calor y energía. Por lo expuesto anteriormente se puede incluir también la biomasa creada en el mar.

En los últimos años el surgimiento de diferentes tipos de energías renovables, han sido en parte por causas ambientales y también por cuestiones económicas, debido a que, comparando la bioenergía con el petróleo cuyo precio está alrededor de 70 dólares por barril, resulta ser una buena opción para no depender en gran medida de los combustibles fósiles. (Castells, 2012)

2.1.2.2 NUEZ DE CASTILLA

Según el SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) la nuez de Castilla es un fruto monospermo, de una sola semilla, que se forma a partir de un ovario compuesto. Es de cáscara dura, lisa, con dos valvas de color café. Tiene consistencia leñosa y es indehiscente, es decir, no se abre para liberar la semilla. Se separa con facilidad del interior comestible. El mesocarpio es carnososo; la semilla está dividida en dos o en cuatro lóbulos y tiene muchos hoyos. El nogal es muy sensible a las heladas, es decir a las bajas temperaturas. Cuando la temperatura desciende mucho, el frío daña las flores y los frutos, hace que el árbol produzca poco y que no se formen bien las nueces. Por el contrario, si hace calor en exceso, es decir, temperaturas superiores a los 38°C, pueden producirse quemaduras por el sol en las nueces más expuestas, sobre todo si este calor va acompañado de humedad.



Figura 2.1 Nuez de castilla.
Fuente: www.siap.gov.mx

- a) **Endocarpo.** Tejido muy duro e impermeable que se forma en el interior de los frutos carnosos del grupo de las drupas, y cuya función es la de

proteger a la semilla como una especie de cofre. El endocarpo entonces no es la semilla, sino más bien una parte del fruto.



Figura 2.2 Partes internas de la nuez.
Fuente: www.botanical-online.com

2.1.2.3 IMPORTACIÓN DE NUECES CON CÁSCARA

De acuerdo a la información estadística disponible en la página web del Banco Central de Ecuador, el código de subpartida Nandina para las nueces con cáscara es 0802310000, con el cual se puede obtener toda la información acerca de las importaciones de este producto.

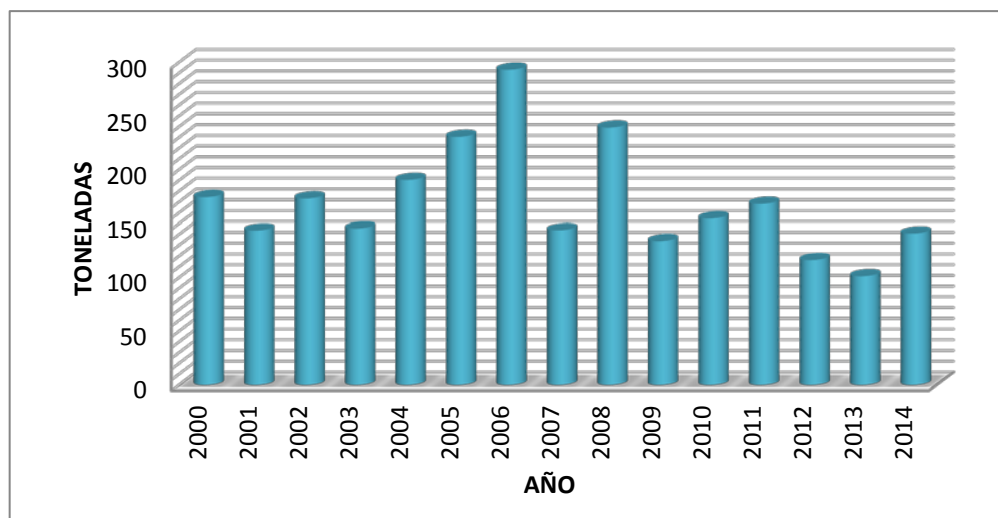


Figura 2.3 Importación de nuez en el periodo 2000-2014.
Fuente: www.portal.bce.fin.ec

Estos datos indican que existe una cantidad importante de nueces en Ecuador, en el año 2014 se importó alrededor de 140 Toneladas de nueces con cáscara, de este

total el componente útil, es decir la semilla ocupa el 49%, y el restante 51% equivale a la cáscara de nuez, lo que indica que se originan alrededor de 71,88 toneladas de cáscara de nuez.

2.1.2.4 BIOMASA

Biomasa, de manera general, y sin ceñir el término a un ámbito científico-técnico específico puede definirse como: las sustancias orgánicas que tienen su origen en los compuestos de carbono formados en la fotosíntesis. Estas sustancias pueden haber sufrido previamente antes de su utilización diferentes procesos, naturales o artificiales de escasa o elevada complejidad.

Bajo esta definición existen multitud de materiales que pueden ser considerados biomasa. Desde el punto de vista de su aprovechamiento energético, la biomasa engloba una serie de recursos muy diversos. Esta variedad en cuanto a origen y propiedades de los diferentes recursos implica formas diferentes de aprovechamiento de los mismos.

Teniendo en cuenta el binomio recurso-tecnología podemos encontrar diferencias tan importantes como las que puede haber entre una planta de generación de electricidad mediante la combustión de paja de cereal o de restos de madera, una planta en la que el combustible puede ser biogás producido mediante la digestión de residuos ganaderos o una planta de producción de bioetanol a partir de granos de cereal. (Nogués, García, & Rezeau, 2010)

2.1.2.5 BRIQUETA

Las briquetas son un tipo de biocombustible sólido, constituidos por biomasa, la cual se somete a un proceso de compactación, en este proceso puede ocurrir transformaciones químicas a causa de las elevadas temperaturas y presiones producidas por la máquina briquetadora. La materia prima utilizada para la fabricación de las briquetas son residuos forestales como: madera, aserrín, cascarilla de arroz etc. Puede existir cierta confusión con el término briquetas a causa de que su fabricación puede ser de diferentes materiales.



Figura 2. 4 Briquetas de diferentes formas y materiales.
Fuente: www.logismarket.es

Las briquetas producidas en España utilizan como materia prima diversos materiales entre ellos tenemos: la madera, corteza, restos de papel, cartón, restos de tableros de fibras, restos de tableros contrachapados, parafina, y polvo de lijado. En otros países se producen briquetas mezcladas con diferentes materiales como: algodón, paja y algunos otros residuos agrícolas.

Una de las principales características de las briquetas es su alta densidad. Pueden tener formas variadas, desde cilíndricas, rectangulares, hasta en forma de polígono. Un ejemplo, son las briquetas de carbón vegetal que se obtienen de la compactación del polvo de carbón tienen forma de ovoide o de avellana de unos 12-20 cm de largo. Las dimensiones y forma dependen del fabricante que las produce. (Marcos, p. 57)

Las briquetas se producen por varios motivos entre ellos son los siguientes:

- Para aprovechar los residuos sólidos orgánicos que pueden producir calor en su combustión.
- Para densificar ciertos biocombustibles que eran muy caros de transportar.
- Para suplir combustibles de origen fósil.
- Para eliminar residuos sólidos de diferentes tipos.

2.1.2.5.1 BRIQUETAS DE CÁSCARA DE ALMENDRA

La cáscara de almendra, con una humedad inicial alrededor de 8-12%, es un material que puede ser usado como un tipo de biocombustible sólido para calderas y, en algunas ocasiones, para uso en hogares como calefacción y barbacoas. Las briquetas de cáscara de nuez empaquetadas tienen buena aceptación, además su transporte, venta y distribución se lo realiza con facilidad.

Se pueden añadir pequeñas cantidades de plantas aromáticas, como romero, brotes de parra, etc. que pueden mejorar su aceptación, además la cáscara de almendra es un material que tiene características que son muy útiles: es limpia, por tanto, la briqueta final es un producto limpio. Las briquetas de cáscara de almendra se producen sin añadir algún tipo de aglutinante, ya que gracias a sus características naturales adquieren fácilmente una forma sólida resistente. Por ende, las briquetas de cáscara de almendra son absolutamente ecológicas, ya que no contienen ningún aditivo o sustancia contaminante.

Las propiedades finales de las briquetas de cáscara de nuez como la densidad supera los 1000 kg/m³, además con buenas características en lo que respecta a las propiedades mecánicas, todo esto dependiendo de un correcto proceso de fabricación. Las briquetas compactadas a 640 kg/cm² de presión y a una temperatura de 180°C, dan como resultado briquetas de 5cm de diámetro y 4cm de altura. La carga de rotura axial para estas briquetas está alrededor de 2500 a 3000 kg y la carga de rotura lateral entre 150 a 300 Kg. (Pérez, 2010)



Figura 2.5 Briquetas de cáscara de almendra a escala de laboratorio.

Fuente: Pérez, V. *Fabricación de briquetas de cáscara de almendra*. Universidad de Alicante.

Igualmente se pueden obtener briquetas fabricar briquetas de cáscara de almendra a menores temperaturas entre 70-80°C y aplicando una presión de 640 kg/cm². En este caso, los valores de fuerza de rotura lateral para este caso están alrededor de 150-300 kg.

El tamaño de las briquetas obtenidas depende de la máquina que las fabrica. En estas máquinas, se introduce el material fresco en los moldes, donde se somete a una elevada fuerza de compresión durante unos segundos, obteniendo así las mencionadas briquetas. (Pérez, 2010)

2.1.2.6 CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DE PELLETS Y BRIQUETAS

Las principales características físicas, químicas y físico-químicas que influyen en el comportamiento energético de los pellets y briquetas son las recogidas en la siguiente tabla. (Michelena & Marcos, 2008)

Tabla 2.1 Características físicas, químicas de los pellets y briquetas.

Propiedades	Categoría	Unidades
Físicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forma. 2. Tamaño. 3. Aspecto (color, brillo). 4. Densidades. 5. Humedades. 6. Friabilidad. 	<p>****</p> <p>****</p> <p>****</p> <p>Kg/dm^3</p> <p>%</p> <p>Índice</p>
Químicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Composición química elemental. 2. Composición química por compuestos. 3. Poderes caloríficos. 	<p>%</p> <p>%</p> <p>KJ/Kg,</p>
Físico Químicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coeficiente de conductividad térmica. 2. Combustibilidad e inflamabilidad: Temperatura y tiempos de combustión e inflamación. 3. Temperatura máxima de llama 4. Potencia calorífica 5. Densidad emergentica 	<p>$W/m.s$</p> <p>°C, s</p> <p>°C</p> <p>$J/(Kg.s) = W/Kg$</p>

Fuente: Michelena, M., Marcos, F. (2008). *Los biocombustibles*. España.

Fuente: Tienda biomasa.com

2.1.2.7 CONDUCCIÓN DE CALOR EN RÉGIMEN TRANSITORIO

En general, la temperatura de un cuerpo varía con el tiempo así como con la posición. En coordenadas rectangulares, esta variación se expresa como $T(x,y,z,t)$, en donde (x,y,z) indica la variación en las direcciones x,y y z , respectivamente, y t indica la variación con el tiempo. A diferencia de la conducción de calor en condiciones estacionarias, para las cuales la temperatura de un cuerpo en cualquier punto no cambia con el tiempo. Con certeza, esto simplifica el análisis, en especial cuando la temperatura varió sólo en una dirección y se pueden obtener soluciones analíticas.

La conducción de calor en régimen transitorio considera la variación de la temperatura con el tiempo así como con la posición, en sistemas unidimensionales y multidimensionales. (Cengel, 2004, p. 209)

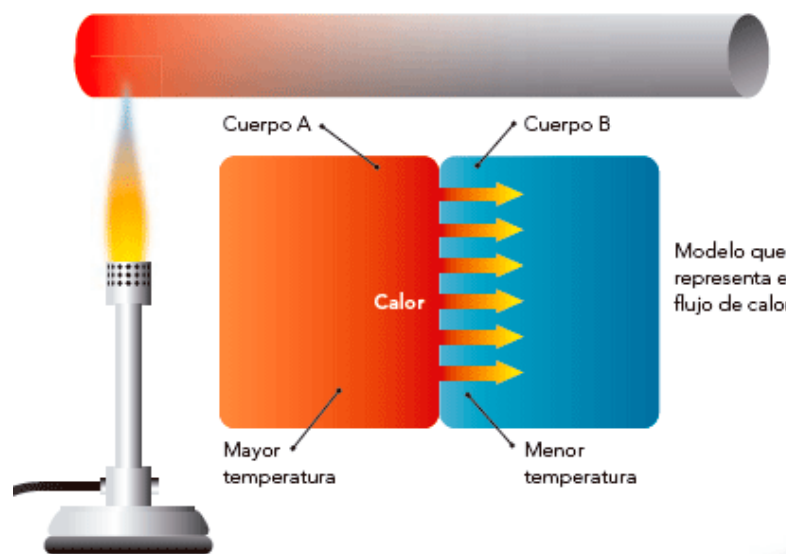


Figura 2.6 Conducción de calor en régimen transitorio.

Fuente: www.wordpress.com

2.1.2.8 PODER CALORÍFICO

La principal característica de un combustible es su poder calorífico. El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía que se produce en la combustión. El poder calorífico depende de las características químicas del combustible y se clasifica como superior (PCS) e inferior (PCI).

El poder calorífico superior considera el calor que proviene de la condensación del vapor de agua presente en los productos de combustión; el poder calorífico inferior no considera ese calor. Por el hecho que el agua está contenida en los productos de combustión en estado de vapor, se usa generalmente el poder calorífico inferior. (Burschel, Hernández, & Lobos, 2003)

Tabla 2. 2 Poder calorífico de diferentes tipos de Biomasa.

TIPO DE BIOMASA	PCI		PCS	
Contenido de humedad (%)	0	10	15	0
RESTOS DE CULTIVOS HERBÁCEOS				
Paja de cereales	4060	3630	3300	4420
Tallos de girasol	3700	3310	3090	4060
Contenido de humedad (%)	0	20	40	0
RESTOS DE CULTIVOS LEÑOSOS				
Sarmientos de vid	4200	3280	2310	4560
Ramas de podad de olivo	4240	3190	2135	4600
Contenido de humedad (%)	0	20	40	0
RESIDUOS FORESTALES				
Leñas y ramas				
Coníferas	4590	3590	2550	4950
Frondosas	4240	3310	2340	4600
Cortezas				
Coníferas	4670	3650	2650	5030
Frondosas	4310	3370	2380	4670
Contenido de humedad (%)	0	10	15	0
RESTOS DE AGROINDUSTRIAS				
Cáscara de Almendra	4400	3940	3690	4760
Cáscara de Avellana	4140	3710	3470	4500
Cáscara de Piñón		4570	4090	3830 4930
Cáscara de Cacahuete	3890	3480	3260	4250
Cáscara de arroz		3770	3370	3150 4130
Contenido de humedad (%)	0	15	35	0
RESTOS DE INDUSTRIAS FORESTALES Serrines y virutas				
Coníferas	4880	4520	3796	4880
Frondosas de clima templado	4630	4270	3580	4630
Frondosas tropicales	4870	4520	3780	4870
PCS: poder calorífico superior (en kcal/kg)				
PCI: poder calorífico inferior (en kcal/kg).				

Fuente: Fernandez,J.(2010). Biomasa. *Energías renovables para todos*.

2.1.2.9 DENSIDAD

La determinación de la densidad es un parámetro que indica el grado de compactación de las briquetas, para estudios es importante evaluar en las materias primas, es decir en los elementos sin tratar y en los productos finales, los que ya han sido densificados.

La principal característica de los pellets y briquetas frente a las astillas es que son más densas que éstas con lo que facilita el transporte, manipulación y almacenaje. El inconveniente es que resultan más caras que las astillas, pues requieren un proceso industrial de fabricación.

El objetivo final de los procesos de peletización y briquetado es siempre el mismo: obtener un producto final de mayor densidad que los productos iniciales. Al tener mayor densidad este producto se transportará ocupando menos volumen (a igualdad de peso) que las leñas y astillas y será más sencilla su manipulación.

La presión ejercida por la prensa en el proceso de fabricación y el correcto diseño y manipulación de la misma. Las presiones de compactación son variables, dependiendo de la maquinaria empleada. Para determinar la densidad de las briquetas deben realizarse ensayos de laboratorio en los que basta evaluar su masa (en una balanza) y su volumen (cálculos geométricos) para obtener la densidad aproximada.

Existen dos tipos de densidad la densidad real y la densidad aparente:

- a) **Densidad real.** La densidad real es el cociente entre la masa real y el volumen real de los pellets.

$$d_r = \frac{\text{Masa real}}{\text{Volumen Real}} \quad \text{Ec(2.1)}$$

- b) **Densidad aparente.** La densidad aparente es el fracción entre la masa aparente (que es igual a la masa real) y el volumen aparente (que es el volumen real más el volumen de los huecos entre los pellets).

Como el volumen aparente es mayor que el volumen real, la densidad aparente es menor que la densidad real. (Michelena & Marcos, 2008)

$$d_a = \frac{\text{Masa aparente}}{\text{Volumen aparente}} = \frac{\text{Masa real}}{\text{Volumen real} + \text{Huecos}} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

2.1.2.10 HUMEDAD

La humedad es la cantidad de agua presente en la biomasa. La determinación de este parámetro se basa en el método gravimétrico, el cual consiste en colocar las muestras en capsulas con tapa en la estufa a una temperatura de 105 °C durante un tiempo recomendado de 5 horas, luego de esto dejar secar de 30 a 45 minutos.

Este método es aplicable a sólidos, líquidos o pastosos no susceptibles de degradación al ser sometidos a temperaturas superiores a 105 °C.

$$\% \text{Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Dónde:

m₁: Masa de la cápsula vacía y de su tapa (g).

m₂: Masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado (g).

m₃: Masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada (g).

2.1.2.10.1 RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

Uno de los criterios de la calidad de las briquetas es la Resistencia al Aplastamiento, briquetas con una baja durabilidad mecánica, pueden tener problemas durante su transporte, pueden generar polvo o simplemente romperse.

Briquetas con una adecuada resistencia al aplastamiento, puede prevenir fallos en sistemas de alimentación, además de evitar atascos.



Figura 2.7 Almacenamiento de briquetas en pallets.
Fuente: www.briquetasbriec.com

La Resistencia al Aplastamiento mínima que deben cumplir las briquetas, se específica en la siguiente tabla.

Tabla 2.3 Requisitos de resistencia al aplastamiento.

Masa de casa briqueta en g/briqueta	Rm, mínimo en N (kgf)
60 o más	784,31 (80)
40	588,23 (60)
30	490,19 (50)
20	392,15 (40)

Fuente: NTC 2060, Briquetas combustibles para uso doméstico

2.1.2.11 PRESIÓN DE COMPACTACIÓN

La compactación, densificación o briquetación de biomasa representa a todo un conjunto de tecnologías para la conversión de la materia prima en combustible, presenta ventajas de manejo, transporte, almacenamiento del material, etc. Esta tecnología ayuda a expandir el uso de la biomasa como fuente productora de energía.

La compactación de la materia prima mejora sus características como combustible, por ejemplo aumenta su poder calorífico, reduce el costo de transporte y puede ser fuente fundamental de uso en las zonas rurales en donde no se tiene acceso a otros tipos de combustibles.

La briquetación es una de varias técnicas de aglomeración que existen, cuyo propósito es obtener combustibles con mayor densidad que la materia prima original para fines energéticos. Son considerados como materia prima para la fabricación de briquetas, a los residuos antes mencionados, mayormente de la industria forestal, desperdicios agrícolas y otros desechos con características combustibles.

Teniendo como base la compactación de la biomasa, las tecnologías empleadas para fabricación de briquetas se pueden clasificar en:

- De altas presiones de compactación (>100 MPa).
- De medianas presiones de compactación con dispositivos de calentamiento (5–100 MPa).
- De bajas presiones de compactación con el uso de aglutinantes (<5 MPa).

La presión en el proceso de compactación tiene un gran efecto en el comportamiento de las partículas, estas tienden a comportarse como sólidos frágiles o material fibroso dependiendo del caso, se acomodan progresivamente y se fracturan sucesivamente hasta que los fragmentos son capaces de soportar la presión externa aplicada. El proceso de la compactación, que se esquematiza en la siguiente figura, implica el flujo de carbonizado dentro de los intersticios debido al movimiento de los fragmentos que siguen una fractura. Esto conduce a varias capas horizontales compactadas que se presionan unas a otras, desarrollando fuerzas de compresión laterales dentro del compacto. Todos estos fenómenos junto con la adición de calor de una fuente externa, provoca se forme la aglomeración de las partículas.(Kaķītis, Nulle, & Ancāns, 2011)

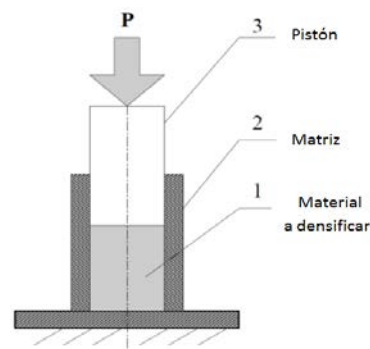


Figura 2.8 Esquema de densificación.

Fuente: Grover, P., & Mishra, S. (1996). BIOMASS BRIQUETTING: TECHNOLOGY AND PRACTICES. Bangkok.

2.1.2.12 ESFUERZOS EN CILINDROS

En los recipientes cilíndricos presurizados, cilíndricos hidráulicos, cañones y tubos de conducción de fluidos a altas presiones se desarrollan esfuerzos radiales y tangenciales con magnitudes que dependen del radio del elemento bajo consideración.

Al determinar el esfuerzo radial σ_r y el esfuerzo tangencial σ_t se supone que la elongación longitudinal es constante alrededor de la circunferencia del cilindro. En otras palabras, una sección recta (plana) del cilindro permanece plana después de ser sometida a un esfuerzo.

Con referencia a la figura el radio del cilindro se designa como r_i el radio exterior como r_o , la presión interna como p_i y la presión externa como p_o . Entonces se prueba que los esfuerzos tangencial y radial existen, y que sus magnitudes son. (Richard & Keith, 2008)

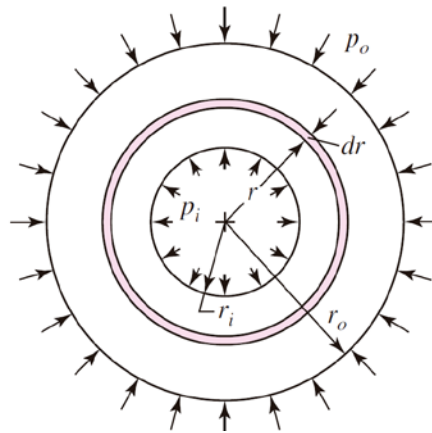


Figura 2.9 Cilindro sometido a presión interna y externa.

Fuente: Richard, B., & Keith, N. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: Mc Graw Hill

$$\sigma_t = \frac{p_i r_i^2 - p_o r_o^2 - r_i^2 r_o^2 (p_o - p_i) / r^2}{r_o^2 - r_i^2} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

$$\sigma_r = \frac{p_i r_i^2 - p_o r_o^2 + r_i^2 r_o^2 (p_o - p_i) / r^2}{r_o^2 - r_i^2} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

Dónde:

σ_t : Esfuerzo tangencial

σ_r : Esfuerzo radial

p_i : Presión interna

r_i : Radio interno

p_o : Presión externa

r_o : Radio externo

Para definir el estado tensional en un cilindro de pared gruesa, se debe considerar el equilibrio estático y la compatibilidad geométrica para finalmente resolver la ecuación diferencial que lo define. Además se debe estudiar la relación del espesor y el radio del cilindro, de tal manera que si se cumple con una relación práctica conservativa de $\frac{t}{r} \leq \frac{1}{10}$ se trata de un elemento de pared delgada. (Mary, 2011)

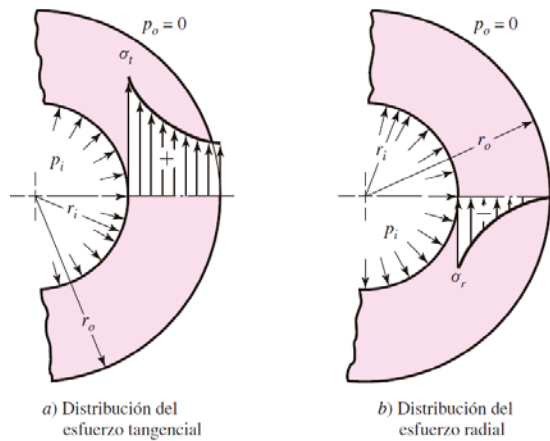


Figura 2.10 Distribución de esfuerzos en un cilindro de pared gruesa sometido a presión interna.
Fuente: Richard, B., & Keith, N. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw Hill

Como es usual, los valores positivos indican tensión y los negativos compresión.

El caso especial de $p_o = 0$.

$$\sigma_t = \frac{r_i^2 \cdot P_i}{r_o^2 - r_i^2} \left(1 + \frac{r_o^2}{r^2} \right) \quad \text{Ec. (2.6)}$$

$$\sigma_r = \frac{r_i^2 \cdot P_i}{r_o^2 - r_i^2} \left(1 - \frac{r_o^2}{r^2} \right) \quad \text{Ec. (2.7)}$$

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se enmarca en el paradigma Neopositivista, ya que se centra en datos cuantitativos como son la temperatura, presión, densidad que pueden ser medidas mediante el uso de instrumentos, que sirven para explicar y predecir el comportamiento del fenómeno.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación estará fundamentada en las siguientes normas:

- NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 14588:2010. Biocombustibles sólidos. Terminología, definiciones y descripciones. Esta norma establece los términos técnicos de residuos y subproductos para formar biocombustibles sólidos. Los términos y definiciones están armonizadas en lo posible con el lenguaje actual utilizado en la gestión, así como en las actividades de regulación.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-2060. Combustible Sólido. Briquetas combustibles para uso doméstico. Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse las briquetas combustibles para uso doméstico.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

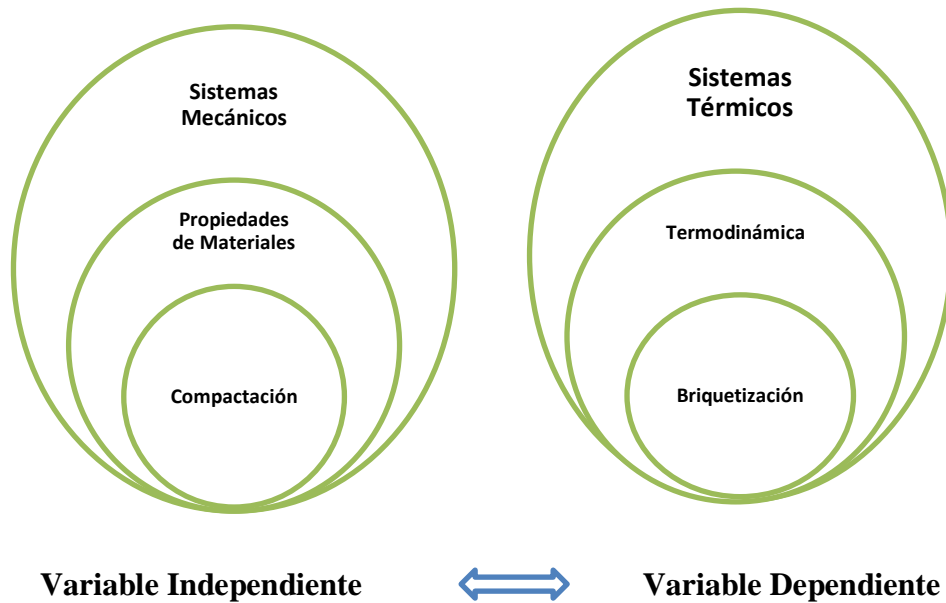


Figura 2.11 Categorías fundamentales.
Fuente: Pablo Tirado

2.5 HIPÓTESIS

El incremento de la temperatura en el proceso de compactación, mejorará la calidad de las briquetas de cáscara de nuez.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.6.1 VARIABLE DEPENDIENTE:

Calidad de las briquetas.

2.6.2 VARIABLE INDEPENDIENTE:

Incremento en la temperatura.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

En el siguiente estudio se utilizará las modalidades bibliográfica y experimental.

3.2 BIBLIOGRÁFICA

El presente estudio será de tipo bibliográfico, ya que explorará lo que se ha escrito en la comunidad científica sobre el problema planteado, esta información es muy necesaria para desarrollar el estudio y será obtenida de libros, tesis e información de la web.

3.2.2 EXPERIMENTAL

El presente estudio será de tipo experimental ya que para la determinación de los parámetros de compactación de la cáscara de nuez, se integraran un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar información y datos necesarios sobre el problema planteado.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 EXPLORATORIO

El nivel fue exploratorio ya que el presente estudio se encarga de investigar los parámetros de compactación de la cáscara de nuez para la obtención de briquetas, el cual ha sido poco estudiado en nuestro medio.

3.3.2 DESCRIPTIVA

Constituye muy fundamental debido a que permite la descripción total y detallada del fenómeno de estudio, mide variables o conceptos con el fin de especificar las propiedades importantes del tema de análisis, además hace énfasis en el estudio independiente de cada característica, con el fin de determinar cómo afectan al fenómeno de estudio.

3.3.3 EXPLICATIVO

Resulta vital ya que se trata de un problema, que da lugar a que la teoría se correlacione con la práctica, y por lo tanto se verifique todos aquellos datos obtenidos por medio de cálculos matemáticos.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.4.1 POBLACIÓN

Abarca todos los diferentes tipos de biomasa, que tienen relación con la investigación.

3.4.2 MUESTRA

Para la muestra se considera específicamente la cascara de nuez como biomasa, además, ya que la investigación se enmarca en un estudio de casos, el número de observaciones que se deben tomar para alcanzar los objetivos de la investigación, la cantidad depende de las circunstancias de la investigación como: factibilidad tecnológica, económica y tiempo, además de investigaciones previas y de la experiencia del investigador

Para la investigación se plantea realizar 15 observaciones o probetas para cada caso, con lo que será suficiente para obtener resultados concluyentes.

Tabla 3.1 Variación de temperatura y presión a realizarse en los ensayos.

PRESIÓN 500 Kg/cm ² TEMPERATURA 70 ° C	PRESIÓN 500 Kg/cm ² TEMPERATURA 120 ° C	PRESIÓN 500 Kg/cm ² TEMPERATURA 170 ° C
Resistencia al aplastamiento	Resistencia al aplastamiento	Resistencia al aplastamiento

Fuente: Pablo Tirado

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

INCREMENTO EN LA TEMPERATURA.

Tabla 3.2 Variable independiente.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La temperatura y presión son factores científicos que se relacionan con la compactación de la biomasa, y que al variar estos pueden afectar las propiedades de las briquetas.	Propiedades de compactación	Presión de compactación. 500kg/cm ²	$\frac{Kg}{cm^2}$	Ensayos de laboratorio. Hoja de toma de datos.
		Temperatura de compactación.	° C	Ensayos de laboratorio. Hoja de toma de datos.

Fuente: Pablo Tirado

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

CALIDAD DE LAS BRIQUETAS

Tabla 3.3 Variable dependiente.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Un parámetro de la calidad de las briquetas, es la resistencia al aplastamiento el cual mide la resistencia que tienen las briquetas bajo una carga.	Durabilidad Mecánica	Masa de cada briqueta en g/briqueta	Fuerza de aplastamiento mínima	Ensayos de laboratorio.
		20 g/Briqueta	> 40 Kgf	Hoja de toma de datos.
		30 g/Briqueta	> 50Kgf	Ensayos de laboratorio.
		40 g/Briqueta	> 60Kgf	Hoja de toma de datos.
		60 g/Briqueta	> 80 Kgf	Ensayos de laboratorio. Hoja de toma de datos.

Fuente: Pablo Tirado

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información de presión y temperatura de compactación serán recolectados mediante los ensayos en la prensa hidráulica, usando para la presión un manómetro y para la temperatura un termómetro laser.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento y análisis de resultados se planifico lo siguiente.

- Organizar la información obtenida de manera que sea más fácil su interpretación.

- Procesar los datos usando las diferentes técnicas estadísticas.
- Relacionar los datos con los objetivos y la hipótesis.
- Comprobar la hipótesis.
- Establecer conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1 FORMA Y TAMAÑO DE LAS BRIQUETAS.

Existen diversas formas y tamaños de las briquetas como: cilíndricas, prisma hexagonal, prisma cuadrangular etc. Las briquetas más comunes son las cilíndricas cuyo diámetro varía entre los 2 a 20 cm y longitudes entre 15 a 50 cm.

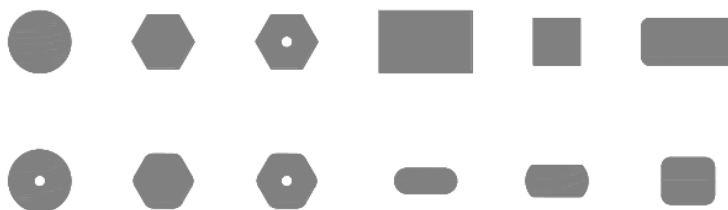


Figura 4. 1 Secciones comunes de briquetas.

Fuente: CAMPS, M. Los Biocombustibles. 2da.ed. España: Mundi-Prensa, 2008.

Para la investigación, por factibilidad se producirán briquetas de laboratorio de forma cilíndrica de 32 mm de diámetro, debido a que si el diámetro es mayor se necesitaría una considerable fuerza para compactar dicha área.

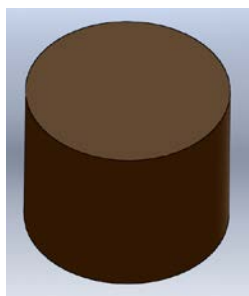


Figura 4. 2 Forma seleccionada para las briquetas de cáscara de nuez.

Fuente: Pablo Tirado

4.1.2 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE LA NUEZ

Determinación del porcentaje ocupado por la cáscara y la semilla.



Figura 4.3 Masa de los componentes de la nuez.
Fuente: Pablo Tirado

Para dicho análisis se tomó como datos la masa de la cáscara de nuez, la masa de la semilla y la masa total de la nuez, de una muestra de 40 nueces. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis de la masa de los componentes de la nuez.

Tabla 4. 1 Masa promedio de los componentes de la nuez.

n	Masa promedio de la nuez	Masa promedio de la cáscara de nuez	Masa promedio de la semilla
40	10,8 g	5,5 g	5,3 g

Fuente: Pablo Tirado.

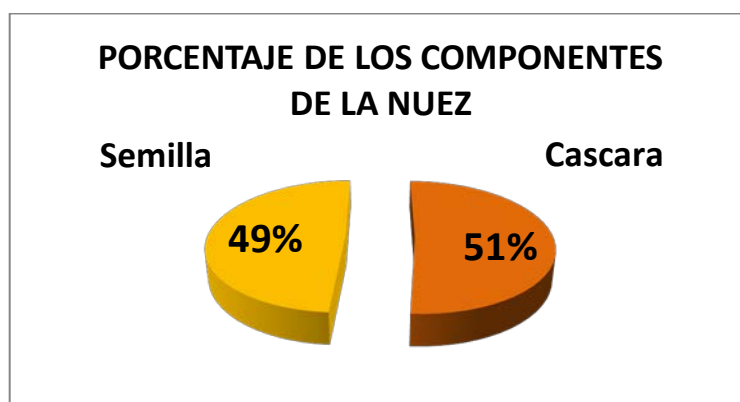


Figura 4.4 Porcentaje de los componentes de la nuez.
Fuente: Pablo Tirado

La Figura 4.4 muestra el porcentaje de masa que ocupa la cáscara sobre la masa total de la nuez, el cual es un parámetro que ayuda a entender que solo el 49% de la nuez se aprovecha y que el restante 51% son desechos.

4.1.3 PRUEBAS INICIALES

a) Pruebas de encendido

Al realizar las pruebas iniciales de encendido de la cáscara de nuez sin tratar, muestra las siguientes características.

- Encendido rápido: en contacto con una flama y sin la ayuda de ningún aditivo, después de varios segundos las muestras se encendieron con facilidad.
- Flama constante: después de encendidas las muestras, las características de la flama como color y altura se mantienen constantes. Después de que la llama se extinguía, aún se notaban brasas que duraron varios minutos (4 min).
- Olor agradable: Durante la combustión, las muestras no emitían olores desagradables, también se observó que las muestras observaban una baja emisión de humo.



Figura 4. 5 Cáscara de nuez encendida
Fuente: Pablo Tirado.

b) Pruebas de compactación con diferentes tamaños de partículas

El tamaño de las partículas es un parámetro muy importante para la formación y propiedades de las briquetas. Para esto se formaron briquetas con diferentes tamaños de partículas, mostrando una disminución de la fuerza de unión entre partículas a medida que aumenta el tamaño de partícula. Cuanto menor es el tamaño de partícula, las briquetas tienen mayor homogeneidad, con lo cual se establece un tamaño óptimo de partícula de 2 mm.

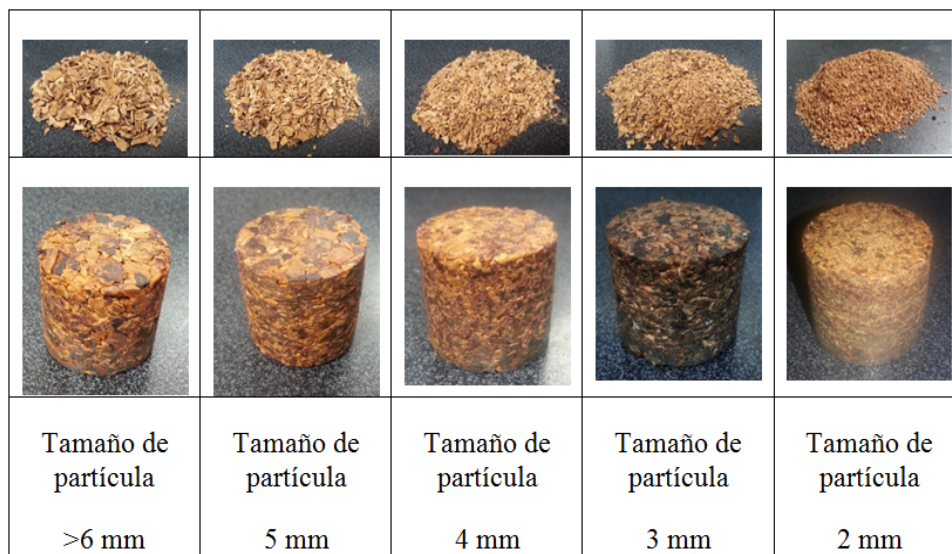


Figura 4.6 Briquetas con diferentes tamaños de partículas.

Fuente: Pablo Tirado.

4.1.4 ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE CÁSCARA DE NUEZ

Los análisis de las muestras de cáscara de nuez así como las briquetas se realizaron en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, el cual cuenta con los equipos necesarios, para la realización de los análisis de humedad, poder calorífico y cenizas.



Figura 4. 7 Muestras de cáscara de nuez para análisis de laboratorio.
Fuente: Pablo Tirado.

a) Humedad

Para producir briquetas con una calidad estándar es necesario conocer el porcentaje de humedad de la materia prima. Todo esto es preciso para entender el comportamiento de la humedad del material durante el proceso de fabricación de briquetas. La humedad del material depende del tipo de material y además tiene influencia en poder clarifico. (Informe de laboratorio-Anexo B1)

b) Densidad

Es preciso determinar la densidad de la materia prima utilizada, este factos es importante ya que cuanto mayor sea la densidad de la materia prima mayor será la densidad de los productos finales. (Informe de laboratorio-Anexo B1)

Tabla 4.2 Resultados del análisis de densidad y humedad en las muestras de cáscara de nuez sin tratar.

RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del Laboratorio	Código cliente	Ensayos Solicitados	Métodos Utilizados	Unidades	Resultados
Cáscara de nuez	22514571	Ninguno	Humedad	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 925.10	%	13.4
			Densidad	Interno	g/cm ³	0.9474
Conds. Ambientales: 19.1 °C: 51% HR						

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

4.1.5 FABRICACIÓN DE BRIQUETAS

a) Presión de Compactación

La presión de compactación es uno de los parámetros más importantes en el proceso de fabricación de las briquetas, tiene una gran influencia en la resistencia final de las briquetas.

Varios parámetros influyen en la presión de compactación como: la temperatura en el interior de la cámara de prensado, la forma y dimensiones de las briquetas y la forma del molde de compactación.



Figura 4. 8 Compactación de la cáscara de nuez.
Fuente: Pablo Tirado.

b) Temperatura de compactación

La temperatura de compactación tiene un gran impacto en la calidad de las briquetas, ya que provoca la liberación de la lignina de la cáscara de nuez. La lignina actúa uniendo las partículas provocando mejoras en las propiedades mecánicas de las briquetas. Es importante mantener la temperatura de compactación constante durante todo el proceso de prensado.



Figura 4.9 Briquetas compactadas a diferentes temperaturas.
Fuente: Pablo Tirado.

4.1.6 ANÁLISIS UNIÓN ENTRE PARTÍCULAS

La unión entre partículas, engloba una serie de aspectos físicos y químicos que produce la fusión o adhesión de las superficies de las partículas en contacto. Todo esto ocurre a un nivel microscópico.

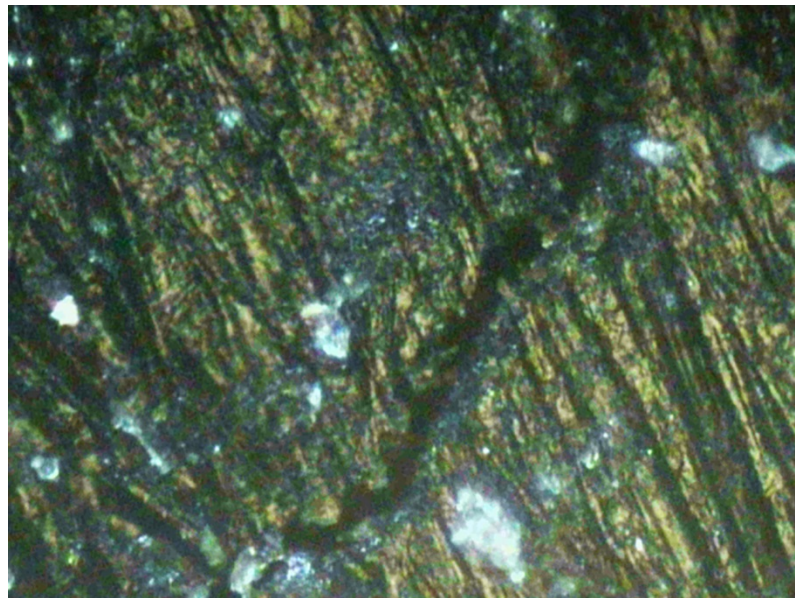


Figura 4.10 Unión entre partículas en briquetas compactadas a una presión de 500 kg/cm² y temperatura de 70 °C. Ampliación 40X
Fuente: Pablo Tirado.

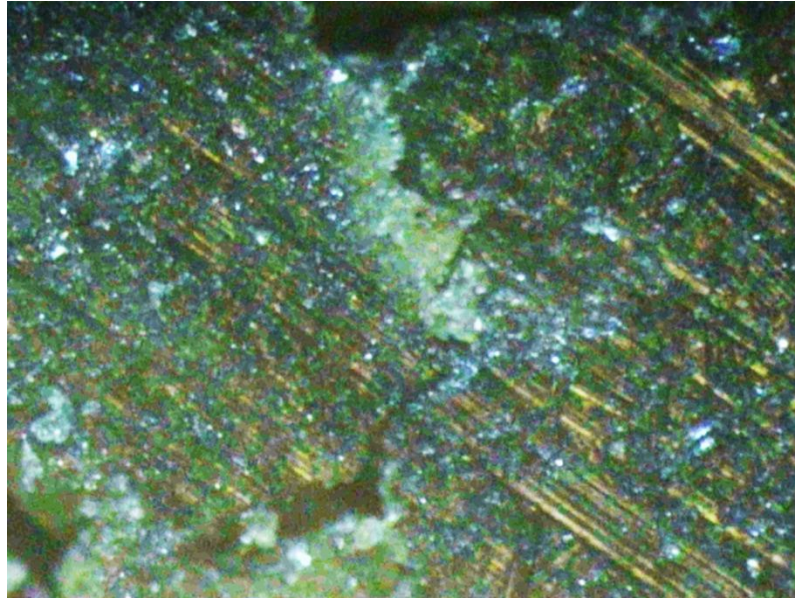


Figura 4.11 Unión entre partículas en briquetas compactadas a una presión de 500 kg/cm^2 y temperatura de 120 °C . Ampliación 40X
Fuente: Pablo Tirado.

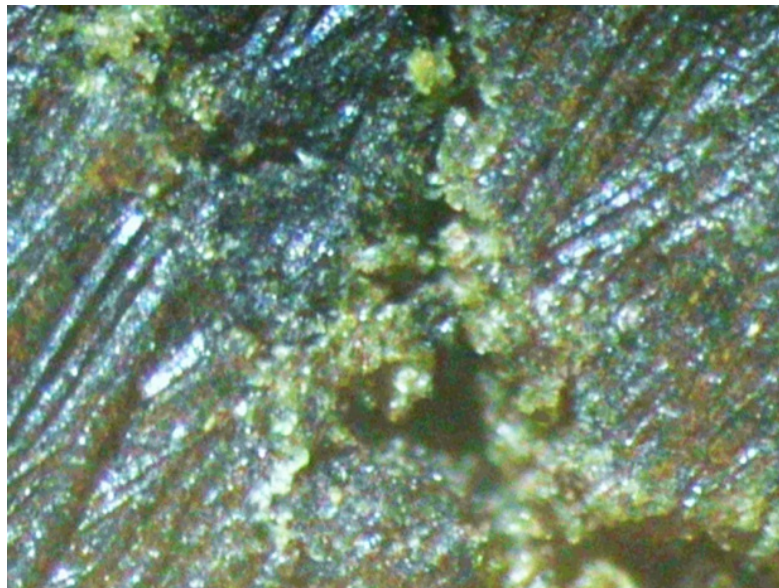


Figura 4.12 Unión entre partículas en briquetas compactadas a una presión de 500 kg/cm^2 y temperatura de 170 °C . Ampliación 40X
Fuente: Pablo Tirado.

Luego de visualizar las briquetas en el microscopio óptico, este análisis indica que existe material depositado entre las uniones de las partículas, el cual produce una fusión parcial entre los puntos de contacto de las partículas, esto se debe a presiones elevadas y especialmente a las altas temperaturas.

4.1.7 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS BRIQUETAS DE CÁSCARA DE NUEZ.

4.1.7.1 DENSIDAD

Para determinar la densidad de las briquetas de cáscara de nuez, se pesan estas y se toman sus dimensiones, este método se aplica solo si las briquetas tienen un forma geométrica regular.

$$d = \frac{m}{v} = \frac{\text{masa de las briquetas}}{\text{Volumen de la briquetas}}$$

Tabla 4.3 Densidad promedio de las briquetas.

Briqueta	Longitud (mm)	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
P:500 kg/cm ² y T:70°C	26,43	23,1	21,28	1,086
P:500 kg/cm ² y T:120°C	23,20	22,9	18,66	1,23
P:500 kg/cm ² y T:170°C	20,97	22,4	16,87	1,328

Fuente: Pablo Tirado



Figura 4.13 Determinación de la densidad de las briquetas.

Fuente: Pablo Tirado.

4.1.7.2 HUMEDAD

Para determinar el porcentaje de humedad se emplea el método de pérdida de peso con estufa, el cual se basa en la pérdida de masa de la muestra seca, comparada con la masa inicial.

Tabla 4.4 Porcentaje de humedad de las briquetas de cáscara de nuez.

Briqueta	Contenido de humedad
P:500 kg/cm ² y T:70°C	11,1 %
P:500 kg/cm ² y T:120°C	10,6 %
P:500 kg/cm ² y T:170°C	7,36 %

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).



Figura 4.14 Muestras de briquetas en la estufa a temperatura de 105°C.

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

4.1.7.3 CENIZAS

Este método consiste en colocar las muestras en un horno de mufla hasta que se quemé toda la materia sólida combustible, producto de la combustión se generan cenizas, la diferencia entre la masa inicial y la masa de las cenizas, se usan para calcular el porcentaje de cenizas de las briquetas.

Tabla 4.5 Porcentaje de cenizas de las briquetas de cáscara de nuez.

Briqueta	Porcentaje de cenizas
P:500 kg/cm ² y T:70°C	1,82 %
P:500 kg/cm ² y T:120°C	1,49 %
P:500 kg/cm ² y T:170°C	1,3 %

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).



Figura 4.15 Muestras de briquetas en horno de mufla
Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

4.1.7.4 PROTEÍNA

El método para la determinación del porcentaje de proteínas, consiste en someter la muestra a una solución de ácido sulfúrico para determinar el nitrógeno orgánico de la muestra para luego transformarlo en proteína mediante un factor.

Tabla 4.6 Porcentaje de proteínas de las briquetas de cáscara de nuez.

Briqueta	Proteína
P:500 kg/cm ² y T:70°C	1,52 %
P:500 kg/cm ² y T:120°C	1,56 %
P:500 kg/cm ² y T:170°C	1,56 %

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).



Figura 4.16 Digestión de la proteína de las briquetas.
Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

4.1.7.5 GRASA

Para determinar el porcentaje de grasa de las briquetas, se empleó el equipo de extracción de grasa “DET-GRAS N” el cual mediante la adición de solventes en la muestra, arrastra la grasa de la muestra hacia un matraz para después ser pesado y comparado con la masa inicial.

Tabla 4.7 Porcentaje de grasa de las briquetas.

Briqueta	Contenido de grasa
P:500 kg/cm ² y T:70°C	3,28 %
P:500 kg/cm ² y T:120°C	2,09 %
P:500 kg/cm ² y T:170°C	1,03 %

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).



Figura 4.17 Extracción de grasa de las briquetas.

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

4.1.7.6 PODER CALORÍFICO

Para determinar el poder calorífico, el equipo recomendado para realizar este ensayo es usar una bomba calorimétrica, pero por falta de este tipo de equipos en la universidad, se aplica el método bromatológico, el cual tiene poca variación en comparación con el método de bomba calorimétrica según la siguiente tabla.

Tabla 4.8 Determinación del poder calorífico aplicando diferentes métodos.

Poder Calorífico de la cascarilla de arroz	
PCS (Bomba calorimétrica) MJ/Kg	12,7
PCS (Análisis bromatológico) MJ/Kg	12,04
PCS (Análisis último) MJ/Kg	15,58

Fuente: Echeveria, M., & López, O. (2010). *Caracterización energética de la cascarilla de arroz para su aplicación en la generación de energía termoeléctrica*. Quito.

Tabla 4.9 Datos para el cálculo de poder calorífico

RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del Laboratorio	Código cliente	Ensayos Solicitados	Métodos Utilizados	Unidades	Resultados
Briquetas	9315248	P500 T70	Cenizas	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 923.03	%	1.82
			Proteína	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 2001.11	%(Nx6.25)	1.52
			Humedad	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 925.10	%	11.1
			Grasa	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 2003.06	%	3.28
			Fibra Cruda	INEN 522	%	51.7
Briquetas	9315247	P500 T120	Cenizas	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 923.03	%	1.49
			Proteína	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 2001.11	%(Nx6.25)	1.56
			Humedad	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 925.10	%	10.6
			Grasa	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 2003.06	%	2.09
			Fibra Cruda	INEN 522	%	51.9
Briquetas	4915130	P500 T170	Cenizas	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 923.03	%	1.3
			Proteína	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 2001.11	%(Nx6.25)	1.56
			Humedad	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 925.10	%	7.36
			Grasa	PE02-5.4-FQ.AOAC Ed 19,2012 2003.06	%	1.03
			Fibra Cruda	INEN 522	%	41.4
Conds. Ambientales: 19.2 °C: 49% HR						

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

Carbohidratos Totales

$$= 100 - (\%Humedad + \%Proteinas + \%Grasas + \%Cenizas)$$

$$Poder\ calorífico\left(\frac{kcal}{100g}\right) = A + B + C$$

Dónde: $A = 4 \text{ kilocalorías} * \% \text{ Carbohidratos totales}$

$B = 9 \text{ kilocalorías} * \% \text{ Grasa}$

$C = 4 \text{ kilocalorías} * \% \text{ Proteína}$

Tabla 4.10 Poder calorífico de las briquetas

Briqueta	PCS (KJ/Kg)
P:500 kg/cm ² y T:70°C	15270,09
P:500 kg/cm ² y T:120°C	15159,98
P:500 kg/cm ² y T:170°C	15512,51

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

Tabla 4.11 Comparación del poder calorífico de las briquetas con otros restos agroindustriales.

Contenido de humedad (%)	10
RESTOS DE AGROINDUSTRIAS	
Cáscara de Almendra	3940
Cáscara de Avellana	3710
Cáscara de Piñón	4570
Cáscara de Cacahuete	3480
Cáscara de arroz	3770
Briquetas de Cáscara de nuez P:500 kg/cm ² y T:170°C	3704,97
PCS: poder calorífico (en kcal/kg)	

Fuente: Fernandez,J.(2010). Biomasa. *Energías renovables para todos*.

Tabla 4.12 Masa necesaria de biomasa para hervir 1 lt de agua.

Biomasa	Cantidad
Madera seca	18 g
Madera verde	23,75 g
Cascarilla de arroz (7,4% humedad)	26,51 g
Paja seca	27,36 g
Briquetas de cáscara de nuez	22,04 g

Fuente: cadascu.wordpress.com

4.1.8 ENSAYO DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

Los análisis de resistencia al aplastamiento, consiste en la aplicación de carga axial sobre las briquetas de cáscara de nuez, para determinar la tensión de ruptura de las briquetas.



Figura 4.18 MULTISPEED. Prensa de compresión simple.
Fuente: www.controls-group.com



Figura 4.19 Briquetas para el ensayo de resistencia al aplastamiento.
Fuente: Pablo Tirado.



Figura 4.20 Lectura de la carga aplicada en las briquetas
Fuente: Pablo Tirado.

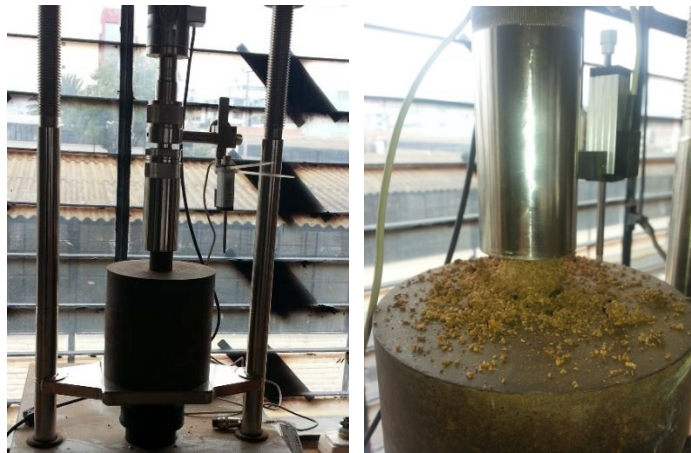


Figura 4.21 Aplicación de carga en briquetas formadas a presión de 500 kg/cm^2 y temperatura de $70 \text{ }^\circ\text{C}$.
Fuente: Pablo Tirado.

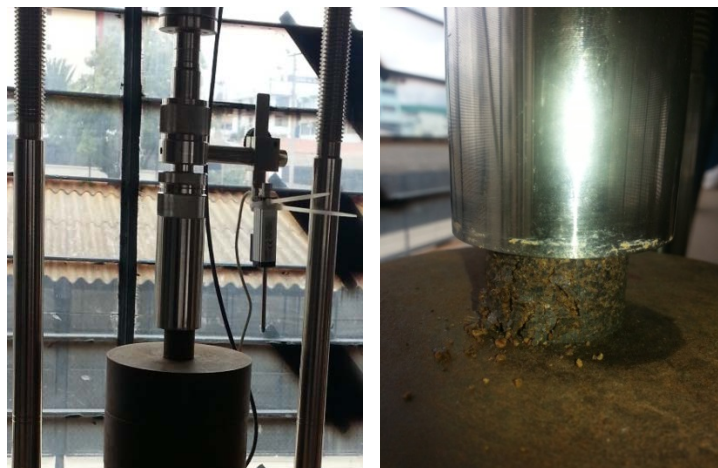


Figura 4.22 Aplicación de carga en briquetas formadas a presión de 500 kg/cm^2 y temperatura de $120 \text{ }^\circ\text{C}$.
Fuente: Pablo Tirado.



Figura 4.23 Aplicación de carga en briquetas formadas a presión de 500 kg/cm^2 y temperatura de $170 \text{ }^\circ\text{C}$.



Fuente: Pablo Tirado.



Figura 4.24 Briquetas luego del ensayo de resistencia al aplastamiento.

Fuente: Pablo Tirado.

Tabla 4.13 Datos de las briquetas a temperatura de 70°C y presión de 500 Kg/cm².

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO DE RESISTENCIA AL PLASTAMIENTO					
DATOS INFORMATIVOS					
Autorizado por	Ing. Germánico López	Realizado por	Pablo Tirado		
Temperatura Ambiente	22 °C	Fecha de Ejecución	04/03/2015		
Lugar de realización	Laboratorio Mecánica de Suelos				
Tipo de ensayo	Compresión				
Briquetas comprimidas a 500 Kg/cm ² y Temperatura de 70 °C					
RESULTADOS DEL ENSAYO					
Briqueta	Longitud(mm)	Masa(g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Carga Ultima(kg)
1	25,69	22,8	20,66	1,104	306,753
2	24,95	22,6	20,07	1,126	382,977
3	26,90	23,2	21,63	1,072	182,589
4	25,77	23,3	20,73	1,124	554,536
5	25,87	22,7	20,81	1,091	413,48
6	26,58	23,3	21,38	1,090	396,002
7	27,32	23,4	21,97	1,065	434,194
8	27,44	23,5	22,07	1,065	508,671
9	27,01	23,3	21,72	1,073	221,356
10	27,12	23,4	21,81	1,073	480,278
11	24,96	22,3	20,07	1,111	308,937
12	26,60	23,2	21,39	1,084	487,594
13	27,45	23,7	22,08	1,074	423,492
14	25,90	22,6	20,83	1,085	411,698
15	27,34	23,2	21,99	1,055	363,102
Promedio	26,46	23,1	21,28	1,086	391,711

Fuente: Pablo Tirado

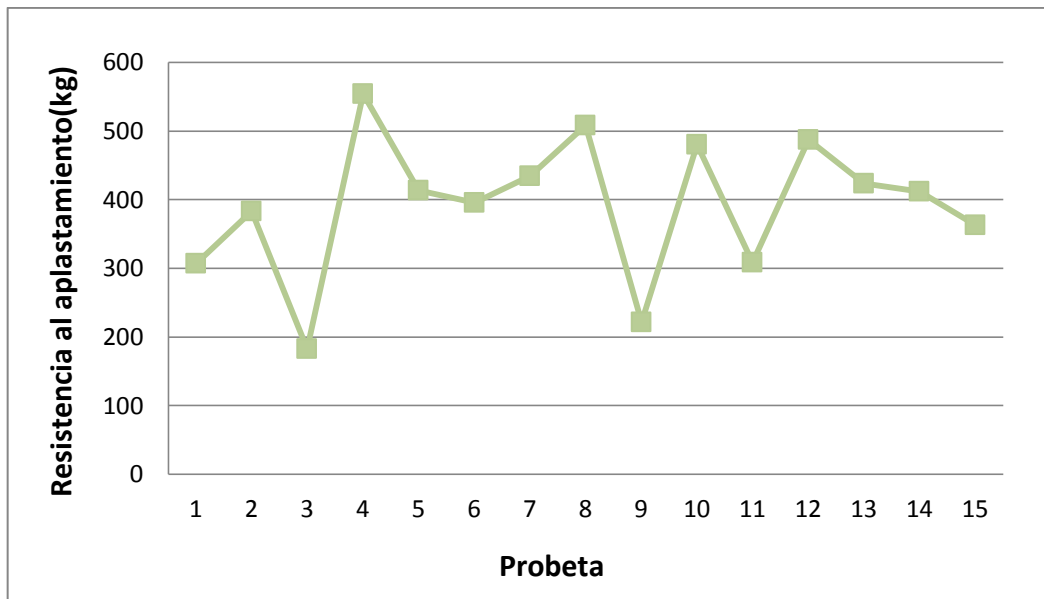


Figura 4.25 Datos de resistencia de las briquetas a temperatura baja (70 °C).
Fuente: Pablo Tirado.

Tabla 4.14 Estadístico descriptivo de las briquetas a temperatura baja (70 °C).

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Coef. Vari
RESISTENCIA@P500T70	15	182,59	554,54	391,7106	103,04399	26,3%
N válido (según lista)	15					

Fuente: Pablo Tirado

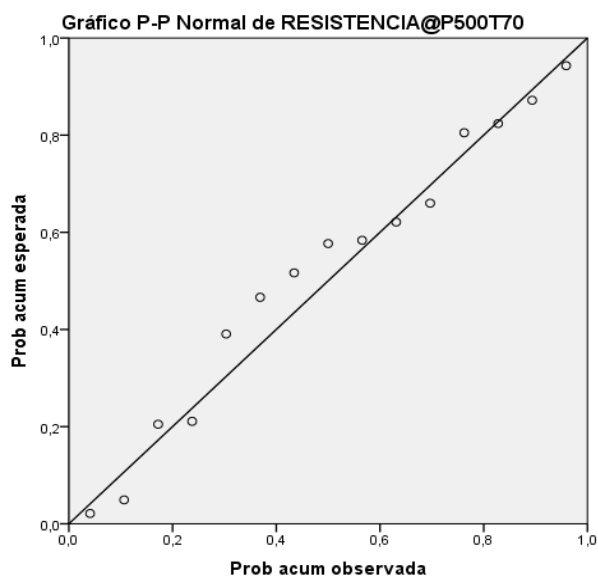




Figura 4.26 Prueba de normalidad P-P de los datos de resistencia obtenidos a temperatura baja.
Fuente: Pablo Tirado.

Tabla 4.15 Datos de las briquetas a temperatura de 120°C y presión 500 Kg/cm²

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO DE RESISTENCIA AL PLASTAMIENTO					
DATOS INFORMATIVOS					
Autorizado por	Ing. Germánico López		Realizado por	Pablo Tirado	
Temperatura Ambiente	22 °C		Fecha de Ejecución	04/03/2015	
Lugar de realización	Laboratorio Mecánica de Suelos				
Tipo de ensayo	Compresión				
Briquetas comprimidas a 500 Kg/cm² y Temperatura de 120 °C					
RESULTADOS DEL ENSAYO					
Briqueta	Longitud(mm)	Masa(g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Carga Ultima(kg)
1	23,17	22,2	18,63	1,191	2186,585
2	21,37	22,4	17,19	1,303	3154,895
3	23,74	22,6	19,09	1,184	2051,064
4	23,62	22,6	19,00	1,190	2172,717
5	23,60	23,1	18,98	1,217	2258,005
6	23,15	23,2	18,62	1,246	2281,702
7	21,51	22,4	17,30	1,295	2082,187
8	21,86	22,8	17,58	1,297	2219,893
9	23,80	23,4	19,14	1,222	3011,62
10	23,17	23,1	18,63	1,240	1609,553
11	23,73	22,9	19,08	1,200	2076,399
12	21,85	22,4	17,57	1,275	2242,389
13	24,90	23,9	20,03	1,193	2174,355
14	23,31	23	18,75	1,227	2725,178
15	25,27	23,7	20,32	1,166	2065,806
Promedio	23,20	22,9	18,66	1,230	2287,490

Fuente: Pablo Tirado.

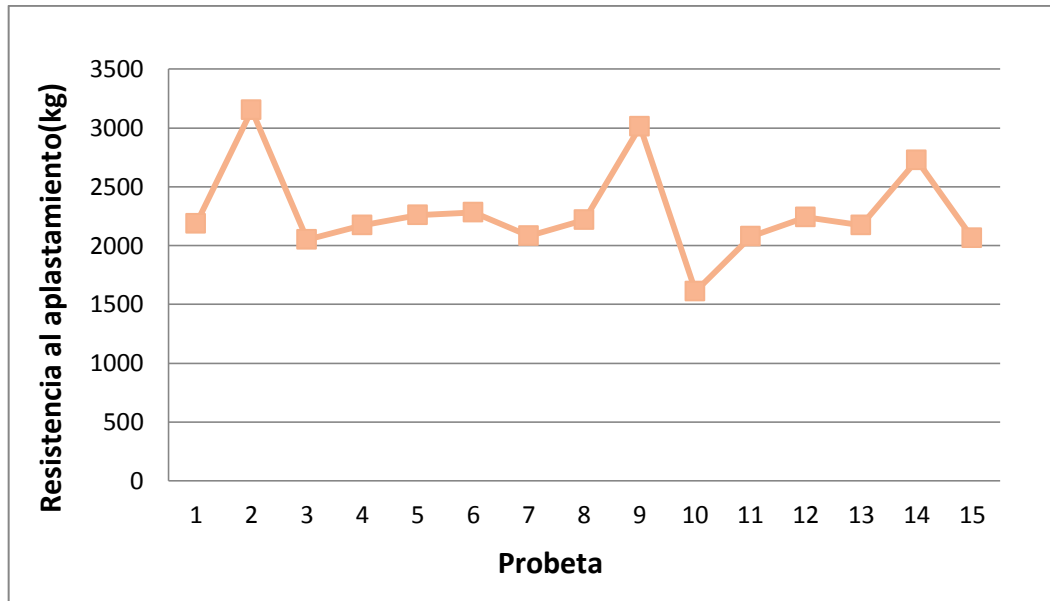


Figura 4.27 Datos de resistencia de las briquetas a temperatura media (120°C).
Fuente: Pablo Tirado.

Tabla 4.16 Estadístico descriptivo de las briquetas a temperatura media (120°C).

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Coef. Vari
RESISTENCIA@P500T120	15	1609,55	3154,90	2287,48	393,09	17,1%
N válido (según lista)	15					

Fuente: Pablo Tirado

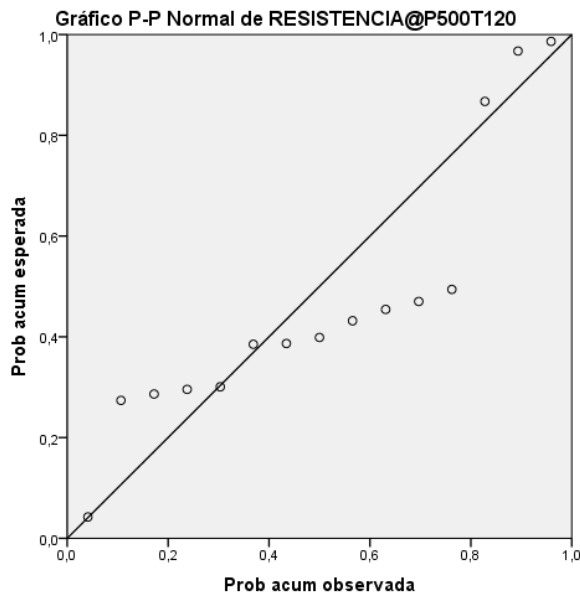




Figura 4.28 Prueba de normalidad P-P de los datos de resistencia obtenidos a temperatura media.
Fuente: Pablo Tirado.

Tabla 4.17 Datos de las briquetas a temperatura de 170°C y presión 500 Kg/cm²

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> 					
ENSAYO DE RESISTENCIA AL PLASTAMIENTO					
DATOS INFORMATIVOS					
Autorizado por	Ing. Germánico López		Realizado por	Pablo Tirado	
Temperatura Ambiente	22 °C		Fecha de Ejecución	04/03/2015	
Lugar de realización	Laboratorio Mecánica de Suelos				
Tipo de ensayo	Compresión				
Briquetas comprimidas a 500 Kg/cm² y Temperatura de 170 °C					
RESULTADOS DEL ENSAYO					
Briqueta	Longitud(mm)	Masa(g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Carga Ultima(kg)
1	20,92	22,7	16,82	1,349	3708,994
2	20,47	22,1	16,46	1,342	3990,084
3	20,86	22,3	16,78	1,329	4158,804
4	21,36	22,8	17,18	1,327	3517,997
5	20,92	22,5	16,82	1,337	4059,64
6	21,14	22,6	17,00	1,329	3650,8
7	21,31	22,9	17,14	1,336	3907,745
8	20,76	22,6	16,70	1,354	4423,733
9	20,61	22,6	16,58	1,363	3221,4
10	20,45	22	16,45	1,338	3296,423
11	21,02	22,6	16,91	1,337	3870,397
12	21,08	22,6	16,95	1,333	4397,96
13	20,70	22	16,65	1,321	3098,546
14	20,80	22,5	16,73	1,345	3850,674
15	22,19	21,1	17,85	1,182	3645,137
Promedio	20,97	22,4	16,87	1,328	3786,556

Fuente: Pablo Tirado.

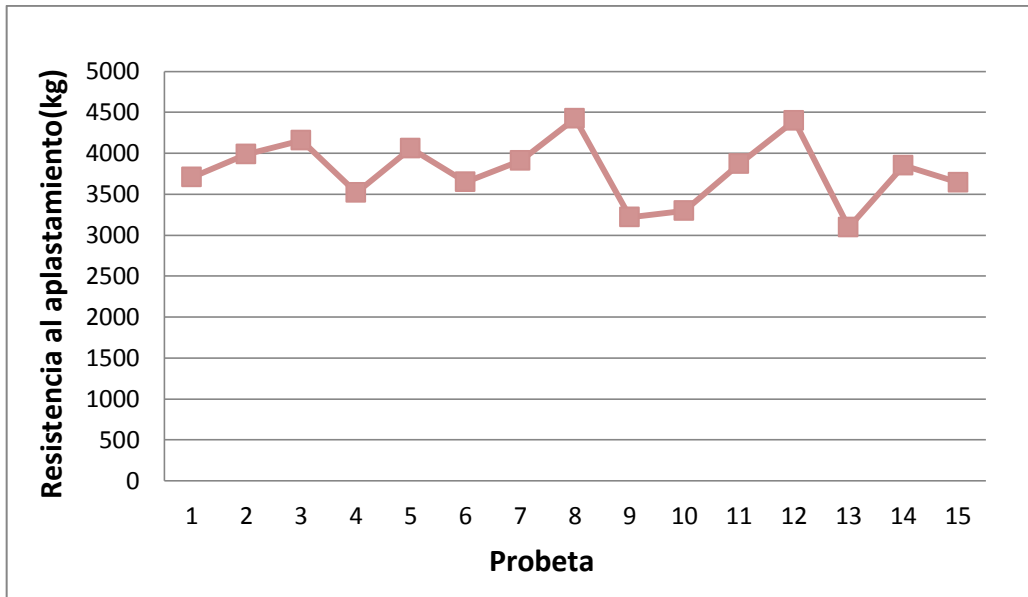


Figura 4.29 Datos de resistencia de las briquetas a temperatura alta (170°C).

Fuente: Pablo Tirado.

Tabla 4.18 Estadístico descriptivo de las briquetas a temperatura alta (170°C).

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Coef. Vari
RESISTENCIA@P500T170	15	3098,55	4423,73	3786,55	397,29	10,4%
N válido (según lista)	15					

Fuente: Pablo Tirado

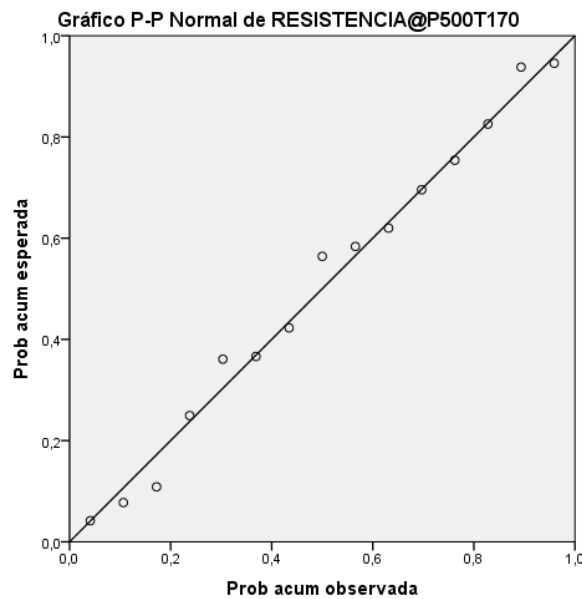


Figura 4.30 Prueba de normalidad P-P de los datos de resistencia obtenidos a temperatura alta.

Fuente: Pablo Tirado.

4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISIS ENSAYO DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

Para un análisis confiable, las briquetas se sometieron a un periodo de estabilización de 24 horas, como establece la norma DIN 52182. En la siguiente figura se muestra la variación de la resistencia al aplastamiento de las briquetas en función de la temperatura de compactación, donde se establece que la temperatura de compactación es un factor que influye notablemente en la resistencia de las briquetas.

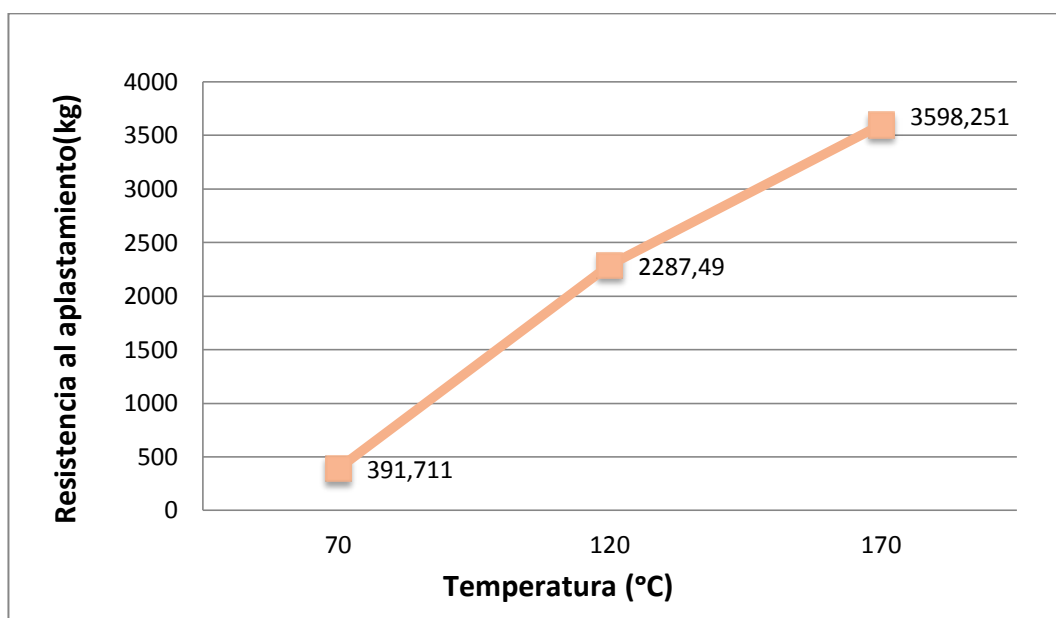


Figura 4.31 Resistencia al aplastamiento de las briquetas a diferentes temperaturas de compactación.

Fuente: Pablo Tirado.

Las briquetas formadas a temperaturas de 70 °C, a pesar de que obtuvieron una resistencia que cumple el mínimo requerido, estas tienden a desmoronarse con facilidad, por lo que no son una buena opción.

Mientras que las briquetas formadas a una temperatura de 120°C, tuvieron una resistencia de 2287,49 Kg el incremento en la temperatura, aumento la resistencia en 483%. Sin embargo los valores más altos de resistencia se obtuvieron a una

temperatura de 170 °C cuya resistencia se encuentra alrededor de 3786,55 Kg, registrándose un aumento del 57% con respecto a la resistencia anterior.

Tabla 4.19 Comparación de la resistencia al aplastamiento mínima y la obtenida

Briqueta	Resistencia mínima (NTC-2060)	Resistencia promedio Obtenida (Kg-f)	Porcentaje de aumento
P:500 kg/cm ² y T:70°C	50 Kg-f	391,71	683 %
P:500 kg/cm ² y T:120°C	50 Kg-f	2287,49	4474 %
P:500 kg/cm ² y T:170°C	50 Kg-f	3598,25	7096 %

Fuente: Pablo Tirado.

4.2.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD Y TEMPERATURA

Las briquetas con una alta densidad, benefician la relación entre la energía y el volumen de las briquetas, esto quiere decir que, cuanto más alto sea la densidad de las briquetas, se requiere menos espacio de almacenamiento, facilitando su transporte y evitando problemas con sistemas de alimentación.

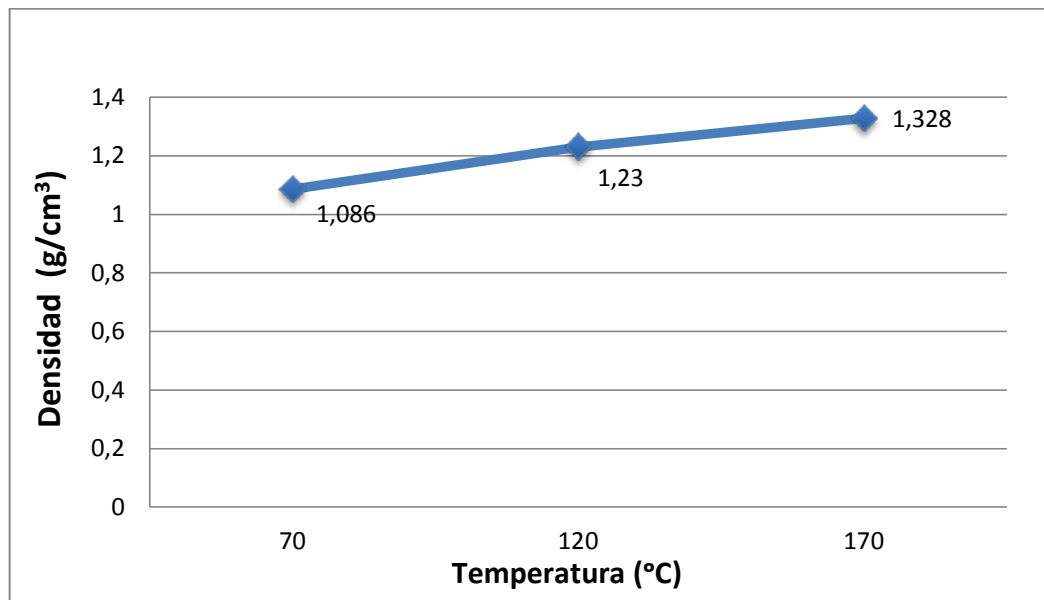


Figura 4.32 Densidad de las briquetas a diferentes temperaturas de compactación.

Fuente: Pablo Tirado.

4.2.3 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO Y LA DENSIDAD

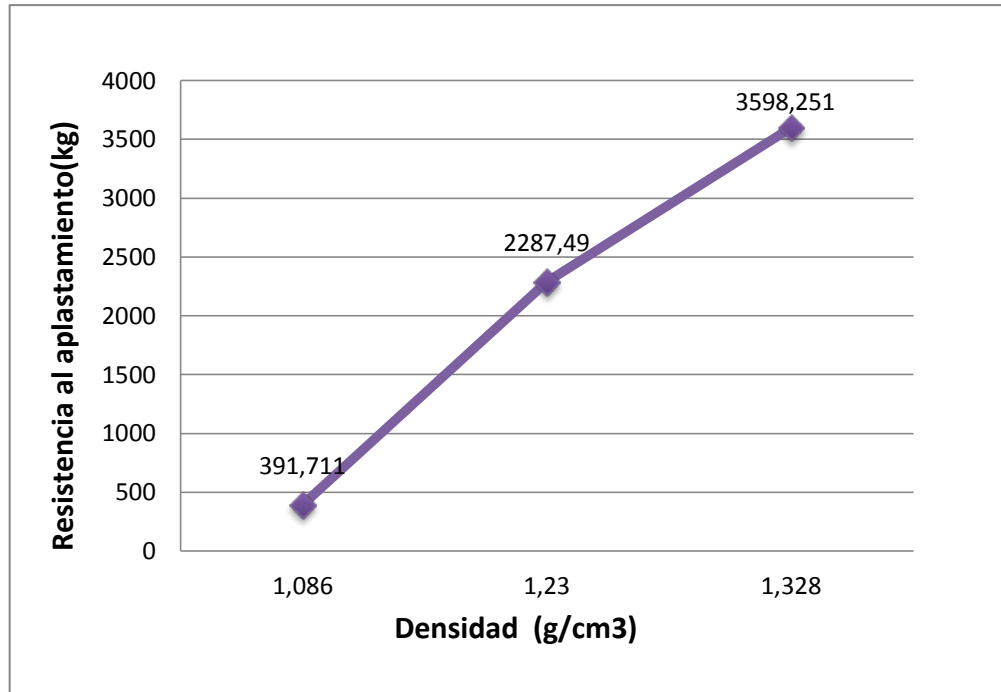


Figura 4.33 Resistencia de las briquetas a diferentes temperaturas de compactación.
Fuente: Pablo Tirado.

Mediante el proceso de compactación, el cual consiste en la aplicación de presión y temperatura, estos provocan la disminución del volumen de las partículas de cáscara de nuez, aumentando la densidad de las briquetas.

El análisis de los resultados indica claramente que existe una correlación entre la densidad y la resistencia al aplastamiento, es decir estos parámetros varían sistemáticamente. En la Figura se muestra que al aumentar los valores de densidad, estos provocan un aumento en los valores de resistencia al aplastamiento.

Los valores de densidad, pueden ayudar a estimar el comportamiento de la resistencia al aplastamiento de las briquetas.

4.3 DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para afirmar o rechazar la hipótesis, se usaron métodos estadísticos, los cuales usan la información proveniente de las muestras con el propósito de discutir la validez de la hipótesis.

El incremento de la temperatura en el proceso de compactación, mejorará la calidad de las briquetas de cáscara de nuez.

H_O: La resistencia al aplastamiento en las briquetas tratadas a temperatura alta, es mayor a la de las briquetas tratadas temperatura baja.

H_A: La resistencia al aplastamiento en las briquetas tratadas a temperatura alta, es menor o igual a la de las briquetas tratadas temperatura baja.

$$H_O: Z_{cal} > Z_{\alpha}$$

$$H_A: Z_{cal} \leq Z_{\alpha}$$

En la práctica, es frecuente usar un nivel de significancia de 0.05, esto quiere decir que tenemos un 95% de probabilidad de que hemos aceptado la hipótesis correcta.

Tabla 4.20 Tabla de valores de z según nivel de significancia α .

Nivel de significación α	0.10	0.05	0.01	0.005	0.002
Valores críticos de z para tests unilaterales	-1.28 o 1.28	-1.645 o 1.645	-2.33 o 2.33	-2.58 o 2.58	-2.88 o 2.88
Valores críticos de z para tests bilaterales	-1.645 o 1.645	-1.96 o 1.96	-2.58 o 2.58	-2.81 o 2.81	-3.08 o 3.08

Fuente: Murray, R. (1997). *Estadística*. Madrid: Mac Graw Hill.

Tabla 4.21 Análisis estadístico de las muestras x, y.

n	x	y	$(X_1 - \bar{X})^2$	$(Y_1 - \bar{Y})^2$
	P=500Kg/cm ² T=170°C	P=500Kg/cm ² T=70°C		
1	3708,994	306,753	12263,953	10833960,839
2	3990,084	382,977	153532,891	10337988,610
3	4158,804	182,589	314219,367	11666748,720
4	3517,997	554,536	6440,747	9264202,625
5	4059,64	413,48	212879,563	10142768,021
6	3650,8	396,002	18429,583	10254400,366
7	3907,745	434,194	95786,371	10011258,387
8	4423,733	508,671	681420,092	9545506,224
9	3221,4	221,356	142016,877	11403421,642
10	3296,423	480,278	91100,303	9721757,292
11	3870,397	308,937	74063,3	10819588,345
12	4397,96	487,594	639534,058	9676188,631
13	3098,546	423,492	249705,354	10079096,401
14	3850,674	411,698	63717,236	10154121,721
15	3645,137	363,102	2198,272	10466190,778
MEDIA	3786,55	391,711		

Fuente: Pablo Tirado.

$$S_1 = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{2209761,92}{15}} \quad S_1 = 397,29$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2}{n}}$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{148652,896}{15}} \quad S_2 = 103,04$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$Z = \frac{3786,55 - 391,71}{\sqrt{\frac{(833,58)^2}{15} + \frac{(99,54)^2}{15}}}$$

$$Z_{cal} = 15,66$$

Como $Z_{cal} > 1.64$

Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

La evidencia estadística permite concluir que: La resistencia al aplastamiento en las briquetas tratadas a temperatura alta, es mayor a la de las briquetas tratadas temperatura baja.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Al ser briquetas, formadas a escala de laboratorio se estableció como forma principal briquetas cilíndricas de 32 mm de diámetro y 21 mm de altura.
- De acuerdo a los análisis realizados, a temperaturas bajas no se obtuvieron briquetas de buena calidad, sin embargo al incrementar la temperatura la calidad mejora, examinado los resultados se determinó que el valor óptimo de temperatura es de 170 °C, con el cual se obtuvieron briquetas de cáscara de nuez con las mejores propiedades.
- Se determinaron los valores de resistencia al aplastamiento de las briquetas a diferentes temperaturas de compactación, obteniéndose como resistencia mínima 391,711 Kg y máxima 3786,55 Kg.
- Las briquetas de cáscara de nuez de mejor calidad fueron las formadas a temperatura de 170 °C, las cuales tienen una densidad de alrededor de 1,328 g/cm³ y una resistencia al aplastamiento promedio de 3786,55 Kg, sometidas a una presión de 500 Kg/cm².
- Las briquetas muestran una buena cohesión entre partículas y una buena resistencia mecánica, por lo cual no resulta necesario al adición de sustancias aglutinantes para la formación de las briquetas.

- No se pueden formar briquetas de cáscara de nuez a temperaturas bajas (70 °C), estas tienden a desmenuzarse con facilidad al momento de la manipulación.
- El poder calorífico de las briquetas tratadas a temperatura alta (170 °C) es de 15972,642 KJ/Kg, el cual resulta ser superior al poder calorífico de 15270,09 KJ/Kg, de las briquetas tratadas a temperatura baja (70 °C).
- El porcentaje de grasa de las briquetas, es un factor que disminuye con el aumento de temperatura, y el cual tiene una considerable incidencia en el poder calorífico de las briquetas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario someter las briquetas a un periodo de estabilización de 24 horas, después del desmolde de las mismas, para poder evaluar sus propiedades o realizar ensayos y así obtener datos confiables.
- Mantener la presión y temperatura de compactación constante, para obtener briquetas con las mismas propiedades.
- Para obtener briquetas con la misma calidad, es necesario primero determinar el contenido de humedad de la materia prima.
- Para mejorar el poder calorífico de las briquetas, es recomendable mantener constante el contenido de grasa de las briquetas.
- Para facilitar la obtención de las briquetas, se recomienda aplicar los parámetros y datos obtenidos en la investigación para diseñar un molde para la fabricación de briquetas de cáscara de nuez.

CAPITULO VI

6. PROPUESTA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE COMPACTACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE FORMA CILÍNDRICA A PARTIR DE CÁSCARA DE NUEZ”

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Todos los ensayos, recolección de datos así como la obtención de las muestras se los realizo en la ciudad de Ambato, específicamente en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica así como también en el laboratorio de Control y Análisis de Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Los residuos sólidos orgánicos, son la fuente de materia prima principal en la fabricación de briquetas. Como ya se mostró anteriormente en la investigación se pueden obtener briquetas de buenas propiedades físicas y mecánicas, usando cáscara de nuez.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Existen diversas investigaciones sobre el uso de Residuos Orgánicos como Fuente de Energía, que buscan obtener información técnica con la finalidad de usarlas para mejorar el proceso de elaboración de briquetas, tales como:

Investigación desarrollada en el Centro de Desarrollo e Investigación en Termo fluidos CEDIT, bajo el tema, “BRIQUETAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

ORGÁNICOS COMO FUENTE DE ENERGÍA CALORÍFICA EN COCINAS NO CONVENCIONALES”, en el cual se elaboran briquetas de residuos orgánicos, usando como aglutinantes: aserrín, cal, arcilla y para la mezcla usando agua estiércol de cuy. Además se plantea una metodología para la fabricación de las briquetas.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La mayor parte de la cáscara de los frutos secos, se producen durante su proceso de transformación y no son de utilidad por lo cual son desechados como basura. Estos desperdicios pueden ser de utilidad, sometiéndolos a ciertos procesos.

Como resultado del estudio de compactación de la cáscara de nuez, se obtuvieron parámetros de mucha importancia tales como: presión y temperatura óptimas para la fabricación de briquetas. Además de parámetros físicos que nos ayudan a entender de mejor manera como aprovechar estos residuos.

Resulta importante aplicar esta información, en el desarrollo de un procedimiento para la fabricación de briquetas de cáscara de nuez, que permita la obtención de briquetas de una manera técnica y con fundamentos.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

- Diseñar y construir un molde de compactación para la fabricación de briquetas de forma cilíndrica a partir de cáscara de nuez.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los esfuerzos generados en los elementos del molde de compactación.
- Determinar las deformaciones producidas en los elementos del molde de compactación.

- Establecer el factor de seguridad del molde de compactación.
- Determinar la distribución de temperaturas en el molde.
- Establecer los pasos a seguir para la obtención de briquetas de cáscara de nuez.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

AMBIENTAL

La legislación Ecuatoriana, en su artículo 15 de la constitución, incentiva tanto al sector público como privado el uso de energías alternativas no contaminantes, por lo tanto resulta realizable, la fabricación de briquetas de cáscara de nuez, al ser un tipo de biocombustible sólido de origen 100% ecológico con varias aplicaciones.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL MOLDE DE COMPACTACIÓN

Para el análisis, se empleara la técnica de análisis por elementos finitos que básicamente consiste en dividir la geometría o el sistema, en pequeños elementos para poder resolver las ecuaciones diferenciales.

Esta técnica resulta ser muy poderosa a la hora de resolver problemas complejos, además con el avance de la tecnología, ésta técnica se encuentra automatizada en un software que tienen una interfaz gráfica que es amigable con el usuario y que pueden ser ejecutadas en ordenadores de alto poder de procesamiento.

Para la realización del análisis se ha utilizado un software especializado, que tiene capacidad para realizar un análisis de transferencia de calor en estado transitorio y análisis estático estructural de manera combinada.

6.6.1.1 DECISIONES PRELIMINARES

Esta etapa tiene por objetivo, analizar qué tipos de fenómenos están involucrados en el diseño, además se debe considerar las características del modelo, si es un ensamble o un elemento único, y por último encontrar maneras de simplificar el diseño si aplicando suposiciones o por simetría del modelo, etc

a) Tipo de análisis

Ya que el molde estará sometido a un proceso de calentamiento, y deberá soportar altas presiones, el tipo de análisis será: Estático y transferencia de calor.

b) Consideraciones del modelo

Para obtener resultados que se asemejen en mayor medida a la realidad, se analizará el modelo como un ensamble, es decir con todos sus elementos.

c) Tipo de elementos

Ya que el modelo no es muy complejo, se lo analizará como cuerpos sólidos.

d) Definir las cargas y fenómenos que inciden en el análisis

Como resultado de la investigación se determinó la presión apropiada para la compactación en $500 \frac{Kg}{cm^2}$, por lo tanto el molde deberá resistir esta presión sin comprometer su integridad estructural.

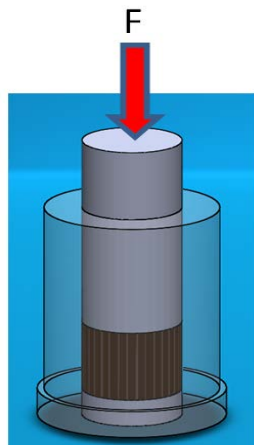


Figura 6.1 Esquema de la fuerza de compactación.
Fuente: Pablo Tirado.

- **Área del embolo**

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad \text{Ec(6.1)}$$

$$A = \frac{\pi \cdot (3,175 \text{ cm})^2}{4} \quad A = 7,92 \text{ cm}^2$$

- **Fuerza**

$$F = P \cdot A \quad \text{Ec(6.2)}$$

$$F = 500 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 7,92 \text{ cm}^2 ; F = 3958,65 \text{ Kg}$$

- **Cálculo de la potencia efectiva de la resistencia eléctrica.**

Para lograr resultados mucho más reales, calculamos la potencia efectiva de la resistencia eléctrica.

$$P = V \cdot I \quad \text{Ec(6.3)}$$

Intensidad: 5.92 A

Voltaje: 117.9 V

Resistencia: 20.7 Ω

$$P = 117.9 \text{ V} \times 5.92 \text{ A} ; P = 697.96 \text{ W}$$

- **Coefficiente de transferencia de calor por convección**

Tabla 6.1 Coeficientes de transferencia de calor.

Medio	h(w/m ² .K)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor súper calentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60.000
Vapor (en condensación)	6000-120.000

Fuente: help.solidworks.com

e) Materiales

La elevada conductividad térmica del aluminio, su resistencia a la corrosión y su buena resistencia mecánica al ser aleado con otros metales hace que este material sea muy útil para este tipo de aplicaciones.

Tabla 6.2 Propiedades térmicas de metales y no metales.

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Acero	7850	460	47-58	13,01-16,06
Agua	1000	4186	0,58	0,139
Aire	1,2	1000	0,026	21,67
Alpaca	8,72	398	29,1	8384,8
Aluminio	2700	909	209-232	85,16-94,53
Amianto	383-400	816	0,078-0,113	0,250-0,346

Fuente: www.miliarium.com

6.6.1.2 PROCESAMIENTO

a) Modelado de la geometría del modelo

Es importante tener en cuenta que el modelo CAD, es una idealización del modelo físico.

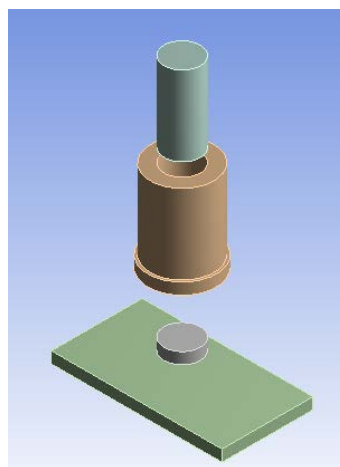


Figura 6. 2 Modelado de la geometría.
Fuente: Pablo Tirado.

b) Contactos

Definir los contactos es muy importante, ya que sin los contactos los elementos del modelo no podrán interactuar unos con otros.

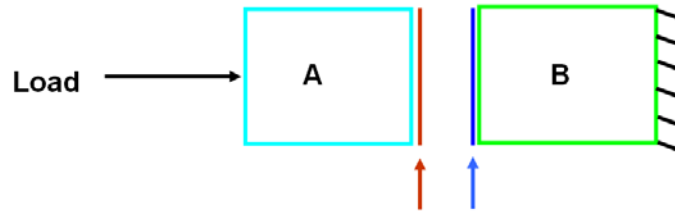


Figura 6.3 Contacto entre elementos.
Fuente: www.ansys.com

c) Mallado

Existen diferentes elementos para el mallado, que se clasifican en dos tipos: los usados en cuerpos 3D y 2D como se muestran en la siguiente figura

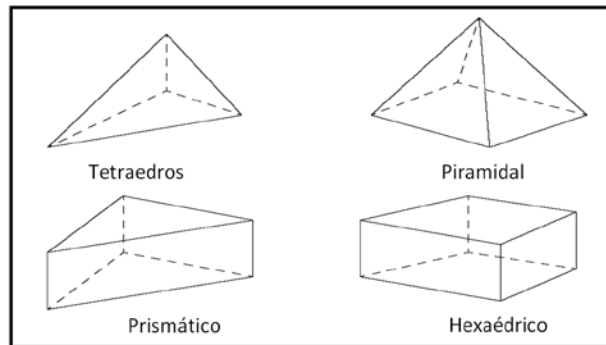


Figura 6.4 Elemento de mallado para geometrías 3D.
Fuente: www.ansys.com

Para el diseño del molde, según las lecturas de entrenamiento de Ansys, se recomienda usar, para cuerpos con amplios volúmenes interiores y cuya forma no sea muy compleja, un método de mallado hexa-dominante.

Elementos usados para el mallado en geometrías 2D.

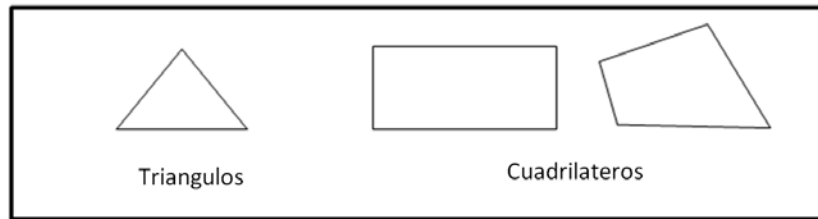


Figura 6.5 Elementos de mallado para geometrías 2D.

Fuente: www.ansys.com

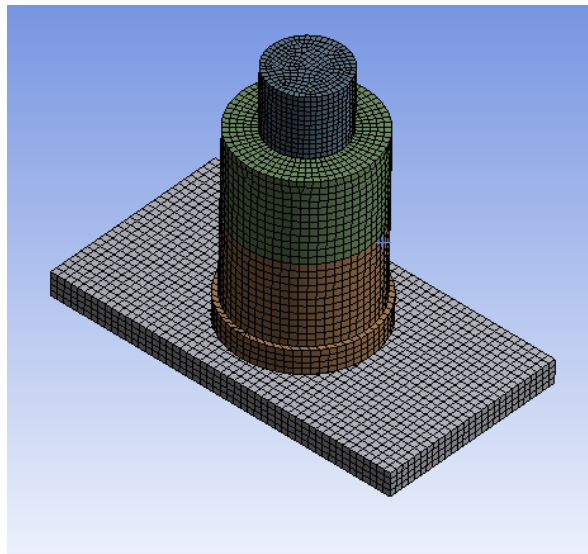


Figura 6.6 Mallado del modelo.

Fuente: Pablo Tirado.

6.6.1.3 POS-PROCESAMIENTO

6.6.1.3.1 REVISIÓN DE LOS RESULTADOS

a) Análisis de la Deformación total

Esta deformación se produce, debidos a los esfuerzos internos generados, como resultado de las presiones internas aplicadas en el cilindro.

Al diseñar un elemento mecánico, el análisis de los esfuerzos no es lo único que hay que tener en cuenta, determinar las deformaciones es igual de importante para que el diseño cumpla con todas las especificaciones.

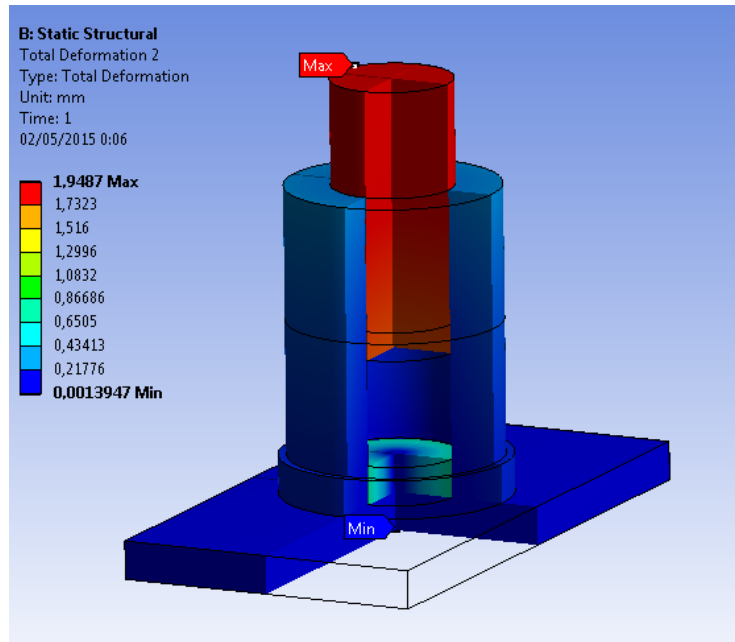


Figura 6.7 Deformaciones en el molde.
Fuente: Pablo Tirado.

b) Análisis de Esfuerzos

De acuerdo a los resultados del análisis, la mayor concentración de esfuerzos se generan en las paredes internas del cilindro, debido al aplastamiento de la cascara de nuez, provocado por la fuerza que se le aplica al émbolo.

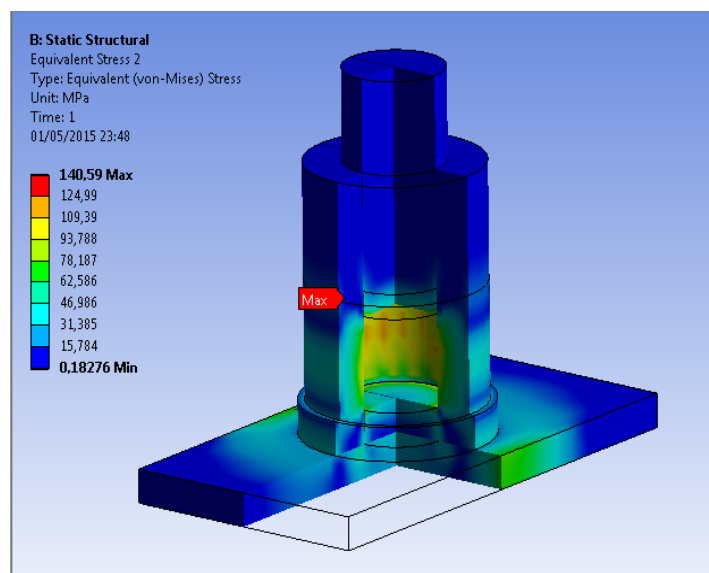


Figura 6.8 Esfuerzos en el molde
Fuente: Pablo Tirado.

c) Factor de Seguridad

El factor de seguridad, es un parámetro que relaciona los esfuerzos que un elemento mecánico es capaz de soportar y los esfuerzos a los que va a estar sometido dicho elemento. Como se puede observar el factor de seguridad obtenido es de 1,99 lo que indica que el molde no se ve comprometido estructuralmente y soportara sin problemas la presión aplicada.

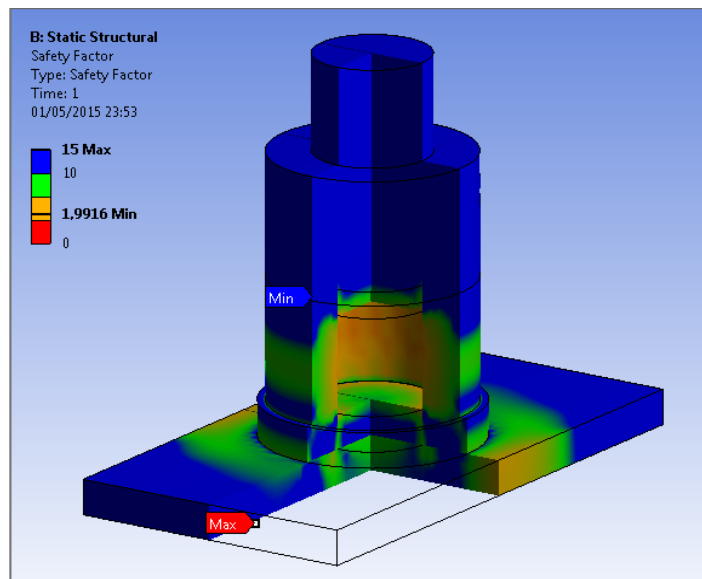


Figura 6.9 Factor de seguridad del molde.
Fuente: Pablo Tirado.

6.6.1.4 DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL MOLDE

La primera temperatura a la que se evaluarán las briquetas es a 70 °C en el interior del molde, como la termocupla está localizada en la parte superior del molde los datos que esta indica no son los correctos, por lo que para corregir este problema se efectuara la simulación de la transferencia de calor en el molde, de modo que se obtenga una aproximación de la temperatura en el interior del molde con respecto al punto donde se localiza la termocupla.

En la siguiente figura se muestran los resultados del análisis, en el cual se muestra cuando la temperatura en el interior de cilindro llega a 70 °C, en el punto donde se encuentra la termocupla estará a una temperatura de 49.4 °C.

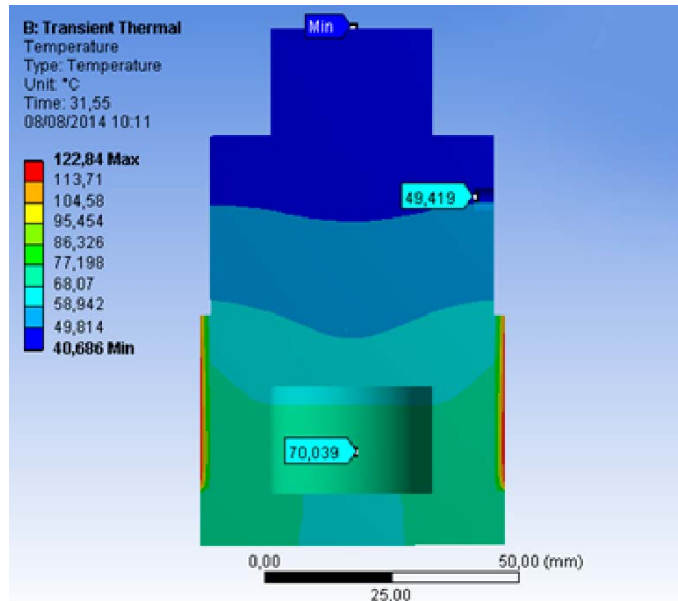


Figura 6.10 Evaluación de las temperaturas en el punto de la termocupla con respecto al interior del cilindro (70°C).
Fuente: Pablo Tirado.

Para una temperatura de 120 °C en el interior del molde, el punto en donde se encuentra la termocupla debe estar a 98.6 °C.

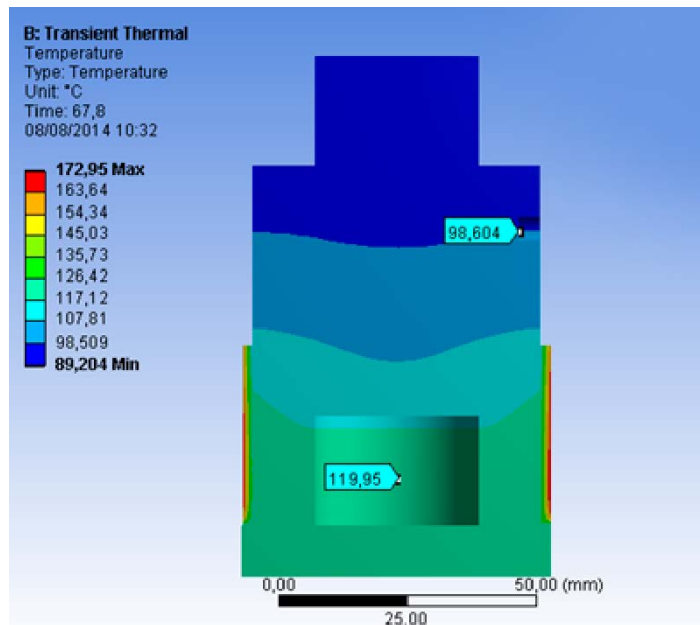


Figura 6.11 Evaluación de las temperaturas en el punto de la termocupla con respecto al interior del cilindro (120°C).
Fuente: Pablo Tirado.

Para una temperatura de 120 °C en el interior del molde, el punto en donde se encuentra la termocupla debe estar a 98.6 °C

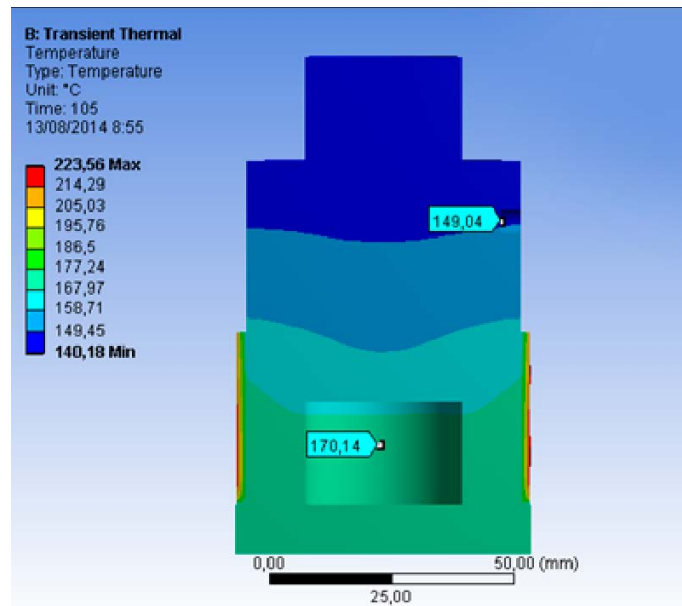


Figura 6.12 Evaluación de las temperaturas en el punto de la termocupla con respecto al interior del cilindro (170°C).

Fuente: Pablo Tirado.

La siguiente figura muestra cómo se comporta el flujo de calor durante la transferencia de calor. El calor se transfiere mediante conducción, debido al contacto físico entre los elementos que conforman el molde de compactación.

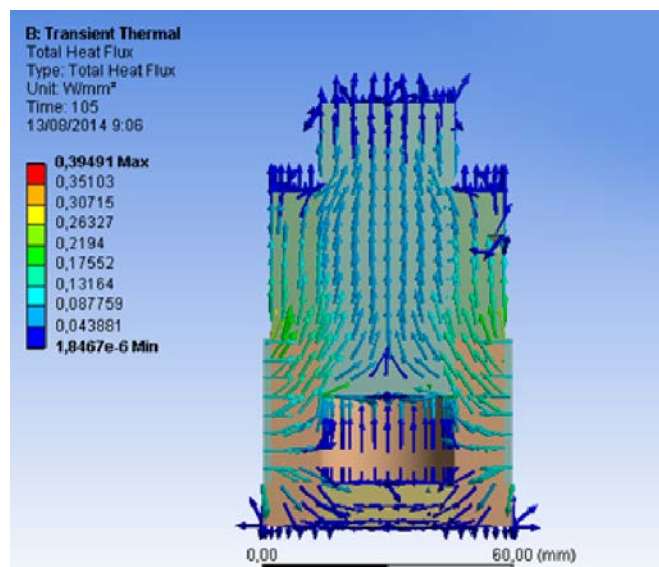


Figura 6.13 Flujo de calor en el sistema.

Fuente: Pablo Tirado.



Resumiendo, los resultados obtenidos de la simulación de la transferencia de calor en el sistema, se muestra en la siguiente tabla, estos datos son muy importantes debido a que de estos depende la configuración de los parámetros del control de temperatura.



Tabla 6.3 Variación de temperatura en la termocupla en función de la temperatura en el interior del cilindro.

Temperatura en el interior del molde	Temperatura en la termocupla
70 °C	50 °C
120 °C	98 °C
170 °C	149 °C

Fuente: Pablo Tirado

6.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Procedimiento para la Fabricación de Briquetas a partir de Cáscara de Nuez		
<p>1. OBJETIVO: Establecer los diferentes pasos a seguir para la fabricación de briquetas a partir de cáscara de nuez.</p> <p>2. ALCANCE: El presente procedimiento está desarrollado para la realización de briquetas, usando cáscara de nuez de castilla de forma cilíndrica de 32 mm de diámetro y 21 mm de altura.</p> <p>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA</p> <p>4. GENERALIZACIÓN:</p> <p>El proceso de fabricación de la cáscara de nuez, no es fácil, se lo realiza a elevadas presiones y temperaturas, obteniendo como resultado briquetas con una buena resistencia mecánica.</p> <p>La briquetas de cáscara de nuez, son uno de los diferentes tipos de biocombustibles sólidos que existen, producidos de forma ecológica sin usar ningún tipo de aditivo o aglutinantes. En este caso las briquetas producidas son de forma cilíndrica y de superficie lisa. Las briquetas de cáscara de nuez pueden ser usadas en parrilladas, sistemas de calefacción, chimeneas y calderos etc.</p>			
Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Procedimiento para la Fabricación de Briquetas a partir de Cáscara de Nuez	
---	--	---






5. REALIZACIÓN

5.1 Actividades a realizar para la obtención de briquetas de cáscara de nuez.

1. Recolección de la materia prima (cáscara de nuez)
2. Preparación de la materia prima.
3. Preparación del sistema de compactación.
4. Proceso de moldeo
5. Desmolde de las briquetas
6. Evaluación y almacenamiento de las briquetas

5.2 Diagrama de procesos para la fabricación de briquetas de cáscara de nuez

Tabla 6.4 Simbología diagrama de procesos.

Símbolo	Descripción	Indica	Significado
	Círculo	Operación	Ejecución de un trabajo en una parte de un producto
	Cuadrado	Inspección	Utilizado para trabajo de control de calidad
	Flecha	Transporte	Utilizado al mover material
	Triángulo	Almacenamiento	Utilizado para almacenamiento a largo plazo
	D grande	Retraso	Indica demora entre operaciones

Fuente: Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Mexico: Pearso Education.

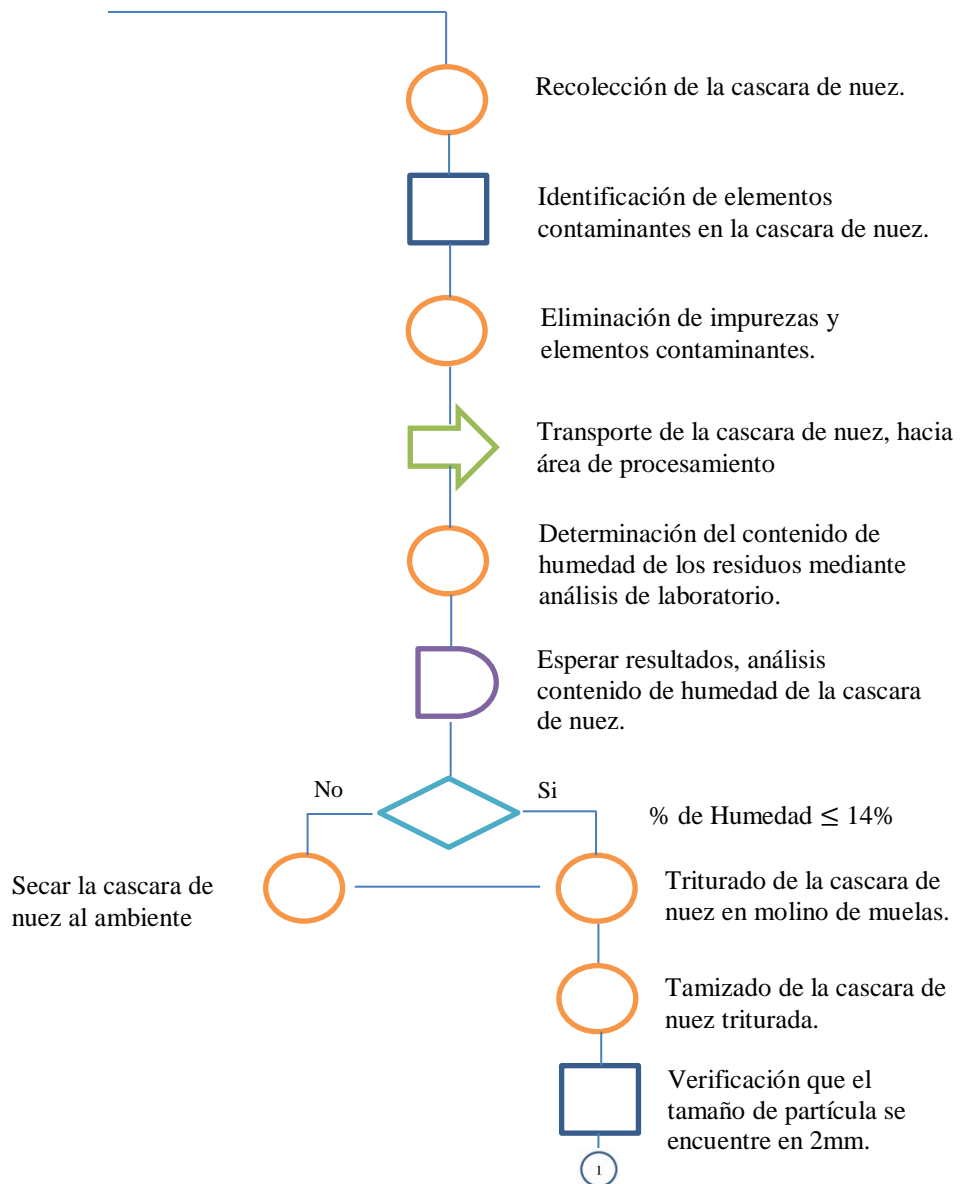
Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



Fabricación de Briquetas de cáscara de nuez



Elaborado por (Nombre/Firma):
Pablo Tirado

Fecha:
31/03/2015

Verificado por (Nombre/Firma):
Ing.Msc Germánico López

Fecha:
31/03/2015




Revisado por (Nombre/Firma):
Pablo Tirado

Fecha:
31/03/2015

Validado por (Nombre/ Firma):
Ing.Msc Germánico López

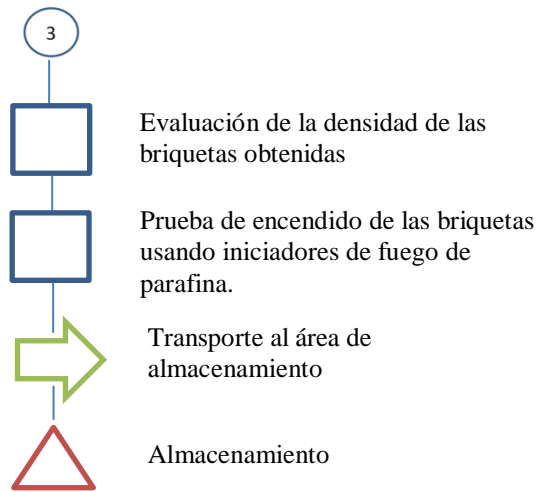
Fecha:
31/03/2015

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Procedimiento para la Fabricación de Briquetas a partir de Cáscara de Nuez		
			
Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Procedimiento para la Fabricación de Briquetas a partir de Cáscara de Nuez		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>2</p>  <p>3</p> </div> <div style="width: 80%;"> <p>Pesar 23 g de partículas de cascara de nuez triturada.</p> <p>Verter las partículas de cascara de nuez en el molde de compactación.</p> <p>Verificar que las partículas se hayan depositado de forma homogénea.</p> <p>Enrollar la niquelina alrededor del molde</p> <p>Transporte del molde de compactación hacia la prensa</p> <p>Inicio del calentamiento de la niquelina</p> <p>Elevar la presión gradualmente bajando el pistón de la prensa hasta llegar a 500Kg/cm² .</p> <p>Mantener la presión y temperatura constante durante 15 min</p> <p>Esperar que el molde se enfríe y llegue a una temperatura de 50 °C</p> <p>Desmolde de las briquetas, aplicado presión en el embolo.</p> </div> </div>			
Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing. Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing. Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



5.3 Procedimiento

5.3.1 Recolección de la materia prima

El personal que recolecte la materia prima debe asegurarse de que el material recogido concuerde con el material necesitado.

Observar si los residuos de cáscara de nuez se encuentra con rastros de descomposición.



Si en la materia prima se encuentra con rastros de lo descrito anteriormente deberá ser rechazada o eliminarse usando los métodos más adecuados.

Si se acepta la materia prima se deberá registrar sus datos principales como fecha de recepción, masa total de la materia prima y si existiera observaciones.



Figura 6.14 Cáscara de nuez.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Procedimiento para la Fabricación de Briquetas a partir de Cáscara de Nuez	
---	--	---

5.3.2 Preparación de la materia prima

a) Determinación del contenido de humedad

Para obtener briquetas con calidad estándar, determinar el contenido de humedad de la materia prima (cáscara de nuez) y verificar que este no sobrepase el 14%.



Figura 6.15 Muestra para análisis de humedad.
Fuente: Pablo Tirado.

Si el contenido de humedad sobrepasa el 14%, secar la cáscara de nuez al ambiente en un lugar ventilado y protegido de la lluvia.



Figura 6.16 Secado de la cáscara de nuez.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



b) Proceso de Triturado

El proceso de triturado de la cáscara de nuez se lo realiza en un molino manual, ajustando las regulaciones de las muelas para reducir su tamaño hasta obtener partículas de alrededor de 2 mm.



Figura 6.17 Triturado de la cáscara de nuez.
Fuente: Pablo Tirado.



c) Tamizado

Para separar las partículas que son mayores a 2mm, hacer pasar la cáscara de nuez triturada por un tamiz y así obtener un tamaño de partícula homogéneo.



Figura 6.18 Tamizado de la cáscara de nuez.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Procedimiento para la Fabricación de Briquetas a partir de Cáscara de Nuez	
---	--	---

5.3.3 Preparación del sistema de compactación

a) Preparación del molde de compactación

Antes de iniciar con el llenado de los residuos de la cáscara de nuez en el molde, es necesario verificar si este contiene partículas o elementos extraños, que puedan afectar la formación de las briquetas.



Figura 6.19 Limpieza del molde.
Fuente: Pablo Tirado.

Lubricar el interior del molde de compactación, con aceite vegetal para facilitar el desmolde.



Figura 6.20 Lubricación del molde.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



b) Ajuste de parámetros del control de temperatura.

Temperatura.

Presionando botón SET por más de 3 segundos, ingresamos al menú, seleccionamos la opción AL1, en esta opción digitamos la temperatura a la que queremos que se mantenga el molde.



Figura 6.21 Seteo de la temperatura a controlar.
Fuente: Pablo Tirado.

Tipo de Termocupla.

Presionando botón SET por más de 3 segundos, ingresamos al menú, presionamos de nuevo el botón SET hasta llegar a la opción InP, presionando AT en esta opción escogemos el tipo de termocupla a usar, en este caso termocupla tipo K.



Figura 6.22 Seteo del tipo de termocupla.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



Tipo de Proceso.

Presionando botón SET por más de 3 segundos, ingresamos al menú, presionamos de nuevo el botón SET hasta llegar a la opción oUd, presionando AT en esta opción escogemos el tipo de proceso: **HEAT**- Calentamiento, **COOL**-Enfriamiento.



Figura 6.23 Seteo del tipo de proceso.
Fuente: Pablo Tirado.

Tipo de Control.

Como tipo de control se selecciona un control Proporcional Integral PI, con el cual se puede controlar la temperatura con una gran precisión.



Figura 6.24 Seteo del tipo de control.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por(Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



Unidades de la Temperatura.

Presionando botón SET por más de 3 segundos, ingresamos al menú, presionamos de nuevo el botón SET hasta llegar a la opción C-F, presionando AT en esta opción escogemos las unidades con las que se desea trabajar: **C**- Grados Centígrados, **F**- Grados Fahrenheit , en este caso usamos grados centígrados.



Figura 6.25 Seteo de las unidades.
Fuente: Pablo Tirado.

5.3.4 Proceso de Moldeo

a) Pesaje de la cáscara de nuez triturada

Usando una balanza electrónica, pesar 23g de cáscara de nuez triturada.



Figura 6.26 Balanza electrónica.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



Después de esto verter en el molde las partículas de cáscara de nuez, con la ayuda de un embudo.



Figura 6.27 Llenado del molde.
Fuente: Pablo Tirado.

Colocar el embolo, acoplar la termocupla y enrollar la niquelina alrededor del molde.



Figura 6.28 Colocación de la niquelina.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



Colocar el molde en la prensa y bajar el pistón hasta que esté centrado con el embolo del molde.



Figura 6.29 Colocación del molde en la prensa.
Fuente: Pablo Tirado.

b) Moldeo

Iniciar el calentamiento encendiendo la niquelina y el control de temperatura.



Figura 6.30 Proceso de calentamiento.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



Después de que el control de temperatura marque unos 70 °C, elevar la presión gradualmente hasta llegar a 500Kg/cm² y mantener la presión constante.



Figura 6.31 Proceso de calentamiento.
Fuente: Pablo Tirado.

Mantener la temperatura a 149°C y la presión a 500Kg/cm², durante 15min.



Figura 6.32 Proceso de calentamiento.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



5.3.5 Desmolde

Antes de desmoldar las briquetas, es necesario enfriar el molde, manteniendo la presión constante hasta alcanzar una temperatura de 50°C, todo esto para evitar la deformación de la briqueta.



Figura 6.33 Enfriamiento del molde.
Fuente: Pablo Tirado.

Para desmoldar la briqueta, colocar bases a cada lado del molde de manera que permita la expulsión de la briqueta, después de esto ejercer presión sobre el embolo del molde, para desmoldar la briqueta.



Figura 6.34 Desmolde de la briqueta.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Procedimiento para la Fabricación de Briquetas
a partir de Cáscara de Nuez



5.3.6 Evaluación y almacenamiento

Documentar la densidad de las briquetas obtenidas, y verificar si concuerdan con los datos de los datos obtenidos en el capítulo 4



Figura 6.35 Evaluación de la densidad.
Fuente: Pablo Tirado.

El encendido de las briquetas, se lo puede realizar con usando iniciadores de fuego de parafina, colocándolos debajo de las briquetas hasta que estas se enciendan.



Figura 6.36 Encendido de las briquetas.
Fuente: Pablo Tirado.

Elaborado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Verificado por (Nombre/Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015
Revisado por (Nombre/Firma): Pablo Tirado	Fecha: 31/03/2015	Validado por (Nombre/ Firma): Ing.Msc Germánico López	Fecha: 31/03/2015

6.8 ADMINISTRACIÓN

6.8.1 ANÁLISIS DE COSTOS

En esta sección se detalla todos los valores generados, para la el desarrollo de la investigación, como costo de los materiales y equipos utilizados, mano de obra y gastos varios.

Tabla 6.5 Costos de la investigación.

#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
MATERIALES						
1	Elementos importados	Control de temperatura AGPtek® K-Type SNR PID	1	u	\$ 32,99	\$ 32,99
2		Relé de estado solido Sodial 250V 25A	1	u	\$ 4,90	\$ 4,90
3		Indicador de presión de 10000 Psi 2-1/2"	1	u	\$ 14,99	\$ 14,99
4		Aceite Hidráulico Bar's Leaks HJ12 12.5 oz.	1	u	\$ 8,14	\$ 8,14
5		Pistón hidráulico de 10 Ton	1	u	\$ 84,48	\$ 84,48
6		Termómetro infrarrojo -Nubee	1	u	\$ 16,98	\$ 16,98
Costos de manejo y envío					\$ 59,30	
Total materiales importados					\$ 221,78	
7	Prensa Hidráulica de 10 Ton-Century	1	u	\$180	\$ 180	
8	Niquelina 600 W	1	u	\$ 6,50	\$ 6,50	
9	Cable Flexible AWG #12	5	m	\$ 0,65	\$ 3,25	
10	Switch eléctrico 6A 125V AC COOPER	1	u	\$ 1,25	\$ 1,25	
11	Conector eléctrico 15A 125V COOPER	2	u	\$ 1,50	\$ 3,00	
12	Eje de aluminio 2-1/2"	1	Kg	\$ 25	\$ 25	
14	Materia prima(Cáscara de nuez)	25	Kg	\$ 0	\$ 0	
15	Balanza electrónica 5 kg	1	u	\$ 13	\$ 13	
TOTAL DE LOS MATERIALES					\$ 232	
MANO DE OBRA						
16	Análisis de Laboratorio	4	u	\$82	\$328	
17	Torneado del molde	1	u	\$ 25	\$ 25	
18	Adaptación Medidor de presión	1	u	\$ 30	\$ 30	
TOTAL DE LA MANO DE OBRA					\$ 55	
VARIOS						
19	Materiales de oficina	-	-	\$ 14	\$ 14	
20	Impresiones	-	-	\$ 40	\$ 40	
21	Copias	-	-	\$10	\$10	
TOTAL ELEMENTOS VARIOS					\$ 64	
TOTAL					\$ 900,78	

Fuente: Pablo Tirado

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

En un futuro con la adquisición de equipos especializados para análisis de biomasa, se podría realizar un monitoreo continuo de la propuesta, con el fin de mejorarla o modificarla.

Existen varios análisis que por falta de los equipos necesarios, aún no se los puede realizar, uno de estos análisis, es el de Fusibilidad de Cenizas, el cual muestra si las cenizas de un biocombustible, permanecen en estado sólido o se funden durante su combustión, si se funden se adhieren a las paredes de los equipos empleados para su combustión, lo que causa un gran problema, por ejemplo en un caldero en el cual las cenizas se adhieren a las paredes de la tubería, ocasiona problemas de corrosión, disminución de la eficiencia del caldero entre otros.

Con el desarrollo de una Norma Técnica Ecuatoriana sobre biocombustibles sólidos, que establezca los requisitos necesarios que deben cumplir las briquetas, se podrá evaluar los resultados de la propuesta para verificar que las briquetas de cáscara de nuez cumplan con los requisitos mínimos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar- Barojas, S. (2005). Fórmulas para el calculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, enero-agosto 333-338.
- Bernal, M. (2004, Julio 24). La macadamia, alternativa de diversificación en el país. *Diario El Universo*.
- Burschel, H., Hernández, A., & Lobos, M. (2003). *Leña una fuente energetica renovable para Chile*. Santiago: Universitaria.
- Castells, X. (2012). *Biomasa y Bioenergía*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Cengel, Y. (2004). *Transferencia de Calor*. Mexico: McGraw-Hill.
- Echeveria, M., & López, O. (2010). *Caracterizacion energetica de la cascarilla de arroz para su aplicacion en la generacion de energia termoelectrica*. Quito.
- Fernandez, J. (2010). Biomasa. *Energias renovables para todos*, pag 4.
- Grover, P., & Mishra, S. (1996). *BIOMASS BRIQUETTING: TECHNOLOGY AND PRACTICES*. Bangkok.
- Kaķītis, A., Nulle, I., & Ancāns, D. (2011). *MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE BIOMASS BRIQUETTES*. Rēzekne.
- Lozano, W. (2011). DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÍNIMO DE OBSERVACIONES EN INVESTIGACIÓN. *Revista de didáctica ambiental*, 57-59.
- Marcos, F. (n.d.). Pélets y Briquetas. *Ecología* , 57.
- Mary, V. (2011). Cilindro de Pared Gruesa. Merida, Venezuela.
- Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Mexico: Pearso Education.

- Michelena, M., & Marcos, F. (2008). *Los Biocombustibles*. Madrid: Mundi Prensa.
- Murray, R. (1997). *Estadística*. Madrid: Mac Graw Hill.
- Murray, S. (1997). *Estadística*. Chile: MacGraw Hill.
- Nogués, F., García, D., & Rezeau, A. (2010). *Energía de la Biomasa*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Pérez, V. (2010). Fabricación de briquetas de cascara de almendra. *Universidad de Alicante*.
- Redacción Sierra Centro. (2010, Mayo 25). Ambato cosecha las nueces dulces. *Disrio El Comercio*.
- Richard, B., & Keith, N. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales. *BioTecnología*.
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales. *BioTecnología*, 14-16.

ANEXOS

ANEXO A

TABLA 1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE MÉTALES NO FERROSOS.

Tabla A-24

Propiedades mecánicas de tres metales no ferrosos (*continuación*)

b) Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio

[Éstas son propiedades típicas de tamaños de alrededor de ½ pulg; se pueden obtener propiedades similares al usar especificaciones de compra apropiadas. Los valores de la resistencia a la fatiga corresponden a 50(10⁷) ciclos de esfuerzo completamente reversible. Las aleaciones de aluminio no tienen un límite de resistencia a la fatiga. Las resistencias a la fluencia se obtuvieron mediante el método del corrimiento de 0.2%]


Número de la Aluminum Association	Temple	Fluencia, $S_{y,2}$ MPa (kpsi)	Resistencia		Elongación en 2 pulg, %	Dureza Brinell, H_B
			A la tensión, S_u , MPa (kpsi)	A la fatiga, S_f , MPa (kpsi)		
Forjado:						
2017	O	70 (10)	179 (26)	90 (13)	22	45
2024	O	76 (11)	186 (27)	90 (13)	22	47
	T3	345 (50)	482 (70)	138 (20)	16	120
3003	H12	117 (17)	131 (19)	55 (8)	20	35
	H16	165 (24)	179 (26)	65 (9.5)	14	47
3004	H34	186 (27)	234 (34)	103 (15)	12	63
	H38	234 (34)	276 (40)	110 (16)	6	77
5052	H32	186 (27)	234 (34)	117 (17)	18	62
	H36	234 (34)	269 (39)	124 (18)	10	74
Fundido:						
319.0*	T6	165 (24)	248 (36)	69 (10)	2.0	80
333.0†	T5	172 (25)	234 (34)	83 (12)	1.0	100
	T6	207 (30)	289 (42)	103 (15)	1.5	105
335.0*	T6	172 (25)	241 (35)	62 (9)	3.0	80
	T7	248 (36)	262 (38)	62 (9)	0.5	85

*Vaciado en arena.


†Vaciado en molde permanente.

ANEXO B

TABLA 1. ANÁLISIS DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE LA CÁSCARA DE NUEZ




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400998 Correo: laconal@hotmail.com

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Certificado No:14-225		R01-5.10 06				
Solicitud Nº: 14-225		Pág.:1 de 2				
Fecha recepción: 24 julio 2014		Fecha de ejecución de ensayos: 25-28 de julio 2014				
Información del cliente:						
Empresa: Particular		C.I./RUC: 1804623849				
Representante: Pablo Andrés Tirado Jijón		Tlf:				
Dirección: Av. Víctor Hugo y Acosta Solís		Celular: 0987696706				
Ciudad: Ambato		E mail:ptiradojijon@yahoo.es				
Descripción de las muestras:						
Producto: Cáscara de nuez		Peso: 400g				
Marca comercial: n/a		Tipo de envase: Envases plástico				
Lote: n/a		No de muestras: Una				
F. Elb.: n/a		F. Exp.: n/a				
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: 30 días				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 24 julio 2014				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Cáscara de nuez	22514571	Ninguno	Humedad	PE02-5.4-FQ, AOAC Ed 19, 2012 925.10	%	13.4
			*Densidad	Ínterno	g/cm ³	0.9474
Conds. Ambientales: 19.1° C; 51% HR						
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p style="margin: 0;">DIRECTOR TÉCNICO</p> <p style="margin: 0;">Ing. Gladys Risueño</p> <p style="margin: 0;">Directora Técnica</p> </div>						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si GR						

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente."

TABLA 2. ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO DE LAS BRIQUETAS DE CÁSCARA DE NUEZ



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Teléfono: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE C 10-008

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO
Certificado No: 15- 049

Solicitud N°: 15-049		R01-5.10 06				
Fecha recepción: 04 marzo 2015		Pág. 1 de 1				
Fecha de ejecución de ensayos: 05-09 marzo 2015						
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 1804623849					
Representante: Pablo Andrés Tirado Jijón	Tlf: 0987696706					
Dirección: Av. Victor Hugo y Acosta Solís	Email: ptiradojijon@yahoo.es					
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Briquetas	Peso: 60 g					
Marca comercial:	Tipo de envase: plástico					
Lote: n/a	No de muestras: una					
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: n/a					
Criterios seguridad: ninguno: X Muestras: Rotas:	Muestreo por el cliente: 04 marzo 2015					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Briquetas	4915130	P500 T170	Cenizas	PE01-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 923.03	%	1.3
			Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	% (Nx6.25)	1.56
			Humedad	PE02-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 925.10	%	7.36
			Grasa	PE13-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 2003.06	%	1.03
			*Fibra cruda	INEN 522	%	41.4
			*Carbohidratos Totales	Cálculo	%	47.4
			*Energía	Cálculo	Kcal/100g	205
Conds. Ambientales: 19.2 °C; 49%HR						
Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE						
			 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad			
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Sí						


Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente. "La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

TABLA 3. ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BRIQUETAS DE CÁSCARA DE NUEZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Teléfono: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com
"Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N°: OAE LE C 10-008"
CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 15- 093


Solicitud N°: 15-093		ROI-5.10 06				
Fecha recepción: 27 abril 2015		Pág.: 1 de 1				
Fecha de ejecución de ensayos: 27 abril-04 mayo 2015						
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 1804623849					
Representante: Pablo Andrés Tirado Jijón	TIF: 0987696706					
Dirección: Av. Victor Hugo y Acosta Solís	Email: ptiradojijon@yahoo.es					
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Briquetas	Peso: 60 g					
Marca comercial:	Tipo de envase: plástico					
Lote: n/a	No de muestras: una					
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: n/a					
Cierres seguridad: ninguno: X intactos: rotos:	Muestreo por el cliente: 27 abril 2015					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Briquetas	9315247	P500 T120	Cenizas	PE01-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 923.03	%	1.49
			*Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	% (Nx6.25)	1.56
			Humedad	PE02-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 925.10	%	10.6
			*Grasa	PE13-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 2003.06	%	2.09
			*Fibra cruda	INEN 522	%	51.9
			*Carbohidratos Totales	Cálculo	%	32.4
			*Energía	Cálculo	Kcal/100g	154
Briquetas	9315248	P500 T70	Cenizas	PE01-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 923.03	%	1.82
			*Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	% (Nx6.25)	1.52
			Humedad	PE02-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 925.10	%	11.1
			*Grasa	PE13-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 2003.06	%	3.28
			*Fibra cruda	INEN 522	%	51.7
			*Carbohidratos Totales	Cálculo	%	30.6
			*Energía	Cálculo	Kcal/100g	158
Conds. Ambientales: 18.9 °C; 49%HR						
Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE						
						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.
No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.
"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

ANEXO C

HOJAS DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

1) Hoja De Datos Técnicos Jack Oil

 ISO 9001 CERTIFIED	BAR'S LEAKS TECHNICAL BULLETIN	
	Tech Bulletin #: TB-HJ12-2	Page 1 of 1
	Date 1 st issued: May 31, 2006	Date Revised: July 23, 2013
	Bar's Leaks Jack Oil With Stop Leak	Part #: HJ12

JACK OIL WITH STOP LEAK

Bar's Leaks[®] Jack Oil with Stop Leak is specially designed to stop seal and o-ring leaks caused by normal jack wear and age. If you are having to add oil to your jack, it has a leak. Easy fill cap is great for topping fluid off.

Brings life back to old jacks and prevents leaks & seepage on newer jacks. Premium formulation reconditions seals to stop current and future leaks.

- Mixes All Approved Hydraulic Jack Oils
- Non-Corrosive, Non-Clogging & Non-Foaming
- Works in All Floor and Bottle Jacks
- Also Works With All Snow Plow Fluids



INSTRUCTIONS

Clean area around filler cap. Fill jack to proper level. Do not overfill. Cycle jack by lifting and releasing a few times to release any air caught in system. Leaks usually stop in a few days of normal use. If leak continues, a second application may be required or mechanical attention is needed.

DOSAGE

One bottle treats 2 to 3 quarts of oil. For larger systems use one bottle for every 2 quarts of oil capacity.

Part Number:	HJ12
UPC Item:	0 46087 00044 1
UPC Case:	1 00 46087 00044 8
Bottle Size:	12 fl. oz. (355 ml)
Bottle Dimensions:	3.4 x 3.6 x 6.6
Bottle Cube:	81
Case Pack:	6 bottles
Case Size:	7.1 x 5.9 x 9.7
Case Cube:	406
Case Weight:	4.92 pounds
Pallet:	TI 35 HI 6 Total 210
Pallet Height:	63 inches

Bar's Products, 10386 N. Holly Rd., Holly MI 48442 USA
E-mail: info@barsproducts.com Web: www.barsleaks.com Phone: (800)345-6572

2) Instrucciones De Operación Ariete Hidráulico

**Central
Hydraulics®**

**5, 10, 20, & 30 TON HYDRAULIC
SHORT BODY RAMS**

Models	95978 95979
	95980 95981

OPERATING INSTRUCTIONS



Visit our website at: <http://www.harborfreight.com>



**Read this material before using this product.
Failure to do so can result in serious injury.
SAVE THIS MANUAL.**

Copyright© 2007 by Harbor Freight Tools®. All rights reserved. No portion of this manual or any artwork contained herein may be reproduced in any shape or form without the express written consent of Harbor Freight Tools. Diagrams within this manual may not be drawn proportionally. Due to continuing improvements, actual product may differ slightly from the product described herein. Tools required for assembly and service may not be included.

For technical questions or replacement parts, please call 1-800-444-3353.

Revised Manual 09f, 09h

SAVE THIS MANUAL

Keep this manual for the safety warnings and precautions, assembly, operating, inspection, maintenance and cleaning procedures. Write the product's serial number in the back of the manual near the assembly diagram (or month and year of purchase if product has no number). Keep this manual and the receipt in a safe and dry place for future reference.

IMPORTANT SAFETY INFORMATION

In this manual, on the labeling, and all other information provided with this product:



This is the safety alert symbol. It is used to alert you to potential personal injury hazards. Obey all safety messages that follow this symbol to avoid possible injury or death.



DANGER indicates a hazardous situation which, if not avoided, will result in death or serious injury.



WARNING indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in death or serious injury.



CAUTION, used with the safety alert symbol, indicates a hazardous situation which, if not avoided, could result in minor or moderate injury.

NOTICE

NOTICE is used to address practices not related to personal injury.

CAUTION

CAUTION, without the safety alert symbol, is used to address practices not related to personal injury.



WARNING Read all safety warnings and instructions. Failure to follow the warnings and instructions may result in electric shock, fire and/or serious injury. Save all warnings and instructions for future reference.

WORK AREA

1. Keep your work area clean and well lit. Cluttered benches and dark areas invite accidents.
2. Keep children and visitors away while operating rams. Distractions can cause you to lose control.

PERSONAL SAFETY

1. Stay alert. Watch what you are doing, and use common sense when operating a ram. Do not use a ram while tired or under the influence of drugs, alcohol, or medication. A moment of inattention while operating rams may result in serious personal injury.
2. Wear ANSI-approved safety goggles during service and use.

RAM USE AND CARE

1. Do not force the ram. Use the correct ram for your application. The correct ram will do the job better and safer at the rate for which it is designed. Do

not force the ram and do not use the ram for a purpose for which it is not intended.

2. Store idle rams out of reach of children and other untrained persons. Rams are dangerous in the hands of untrained users.
3. Maintain rams with care. Keep rams clean. Properly maintained rams are less likely to bind, break or malfunction. Do not use a damaged ram. Tag damaged rams "Do not use" until repaired.
4. Check for misalignment or binding of moving parts, breakage of parts, and any other condition that may affect the ram's operation. If damaged, have the ram serviced before using. Many accidents are caused by poorly maintained rams.
5. Use only accessories that are recommended by the manufacturer for your model. Accessories that may be suitable for one ram may become hazardous when used on another ram.
6. Check all hydraulic connections and hoses before applying pressure to the Ram.
7. Do not leave the ram unattended when it is pressurized. Release pressure on the ram before leaving work area.
8. Do not exceed working pressure or lift loads heavier than the maximum capacity of the Ram being used.
9. If lifting, support load properly when finished.
10. Follow hydraulic pump instructions.
11. Do not use for aircraft purposes.

SERVICE

1. Ram service must be performed only by qualified repair personnel. Service or maintenance performed by unqualified personnel could result in a risk of injury.
2. When servicing a ram, use only identical replacement parts. Follow instructions in the "Inspection, Maintenance, And Cleaning" section of this manual. Use of unauthorized parts or failure to follow maintenance instructions may create a risk of electric shock or injury.
3. Maintain labels and nameplates on the ram. These carry important information. If unreadable or missing, contact Harbor Freight Tools for a replacement.
4. Repairs or adjustments to hydraulic systems should only be performed by a qualified technician.

SKU
95978-81

For technical questions, please call 1-800-444-3353.

Page 3

UNPACKING

When unpacking, check to make sure that the item is intact and undamaged. If any parts are missing or broken, please call Harbor Freight Tools at the number shown on the cover of this manual as soon as possible.

ASSEMBLY INSTRUCTIONS

1. Using appropriate, grade 8 hardware (not supplied) bolt Base either to the machinery to be moved or against a fixed surface with the piston facing the machinery.
2. If mounted to a fixed surface, that surface and hardware must be able to withstand the force exerted without failing.

SPECIFICATIONS

Model	95978	95979	95980	95981
Capacity	5 Ton	10 Ton	20 Ton	30 Ton
Ram Diameter	25.5 mm	38 mm	50 mm	63.5 mm
Working Pressure	9150 PSI	9250 PSI	9250 PSI	9250 PSI
Stroke	0.23"	0.43"	0.43"	0.47"
Height Range	1.3" – 1.53"	1.73" – 2.16"	2.05" – 2.48"	2.36" – 2.83"
Mounting Hole Diameter	0.2"	0.2"	0.35"	0.35"
Dimensions	3.875" L x 1.875" W x 1.25" H	4.8" L x 2.25" W x 1.7" H	5.7" L x 3" W x 2" H	6.4" L x 3.7" W x 2.4" H

OPERATION INSTRUCTIONS

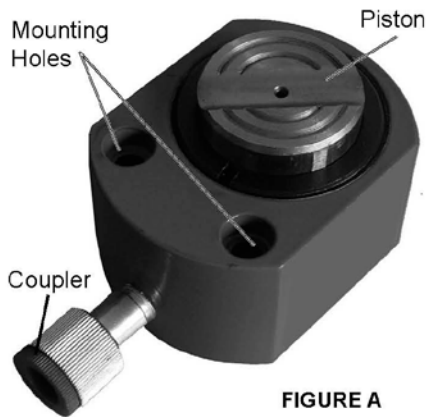


FIGURE A

1. Connect the high pressure hydraulic hose connector to the Coupler.
2. Check the connections between the hydraulic hose, the power source, and Coupler for tightness. These connections must be tight before using the Ram.
3. To operate, apply proper amount of hydraulic pressure to the Ram.
4. When the machinery has moved to the desired location, remove the pressure.
5. After use, wipe with a clean cloth.

INSPECTION, MAINTENANCE, AND CLEANING

1. Before performing any maintenance, be certain that all hydraulic pressure has been removed and any machinery is turned OFF.
2. Before each use, inspect the general condition of the Ram. Check for misalignment or binding of moving parts, cracked or broken parts, and any other condition that may affect its safe operation. If abnormal noise or vibration occurs, have the problem corrected before further use. Check for leaks from the Ram during operation. **Do not use damaged equipment.**

SKU
95978-81

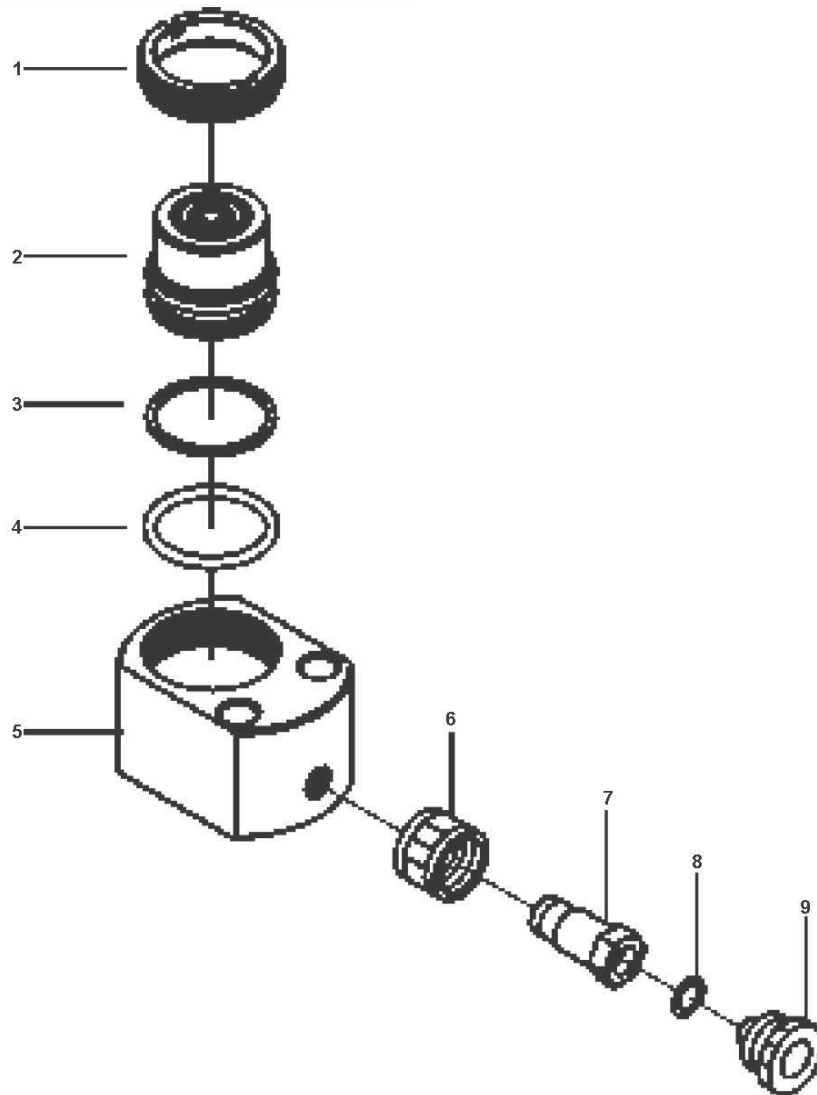
For technical questions, please call 1-800-444-3353.

Page 5

PARTS LIST AND ASSEMBLY DIAGRAM

Part	Description	QTY
R01	Nut	1
R02	Ram	1
R03	Seal Washer	1
R04	O-ring	1
R05	Cylinder Base	1

Part	Description	QTY
R06	Coupling Ring	1
R07	Coupling Bolt	1
R08	O-ring	1
R09	Dust Cap	1



**PLEASE READ THE
FOLLOWING CAREFULLY**

THE MANUFACTURER AND/OR DISTRIBUTOR HAS PROVIDED THE PARTS LIST AND ASSEMBLY DIAGRAM IN THIS MANUAL AS A REFERENCE TOOL ONLY. NEITHER THE MANUFACTURER OR DISTRIBUTOR MAKES ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OF ANY KIND TO THE BUYER THAT HE OR SHE IS QUALIFIED TO MAKE ANY REPAIRS TO THE PRODUCT, OR THAT HE OR SHE IS QUALIFIED TO REPLACE ANY PARTS OF THE PRODUCT. IN FACT, THE MANUFACTURER AND/OR DISTRIBUTOR EXPRESSLY STATES THAT ALL REPAIRS AND PARTS REPLACEMENTS SHOULD BE UNDERTAKEN BY CERTIFIED AND LICENSED TECHNICIANS, AND NOT BY THE BUYER. THE BUYER ASSUMES ALL RISK AND LIABILITY ARISING OUT OF HIS OR HER REPAIRS TO THE ORIGINAL PRODUCT OR REPLACEMENT PARTS THERETO, OR ARISING OUT OF HIS OR HER INSTALLATION OF REPLACEMENT PARTS THERETO.

LIMITED 90 DAY WARRANTY

Harbor Freight Tools Co. makes every effort to assure that its products meet high quality and durability standards, and warrants to the original purchaser that this product is free from defects in materials and workmanship for the period of 90 days from the date of purchase. This warranty does not apply to damage due directly or indirectly, to misuse, abuse, negligence or accidents, repairs or alterations outside our facilities, criminal activity, improper installation, normal wear and tear, or to lack of maintenance. We shall in no event be

REV 09f
SKU
95978-81

For technical questions, please call 1-800-444-3353.

Page 7

liable for death, injuries to persons or property, or for incidental, contingent, special or consequential damages arising from the use of our product. Some states do not allow the exclusion or limitation of incidental or consequential damages, so the above limitation of exclusion may not apply to you. THIS WARRANTY IS EXPRESSLY IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS.

To take advantage of this warranty, the product or part must be returned to us with transportation charges prepaid. Proof of purchase date and an explanation of the complaint must accompany the merchandise. If our inspection verifies the defect, we will either repair or replace the product at our election or we may elect to refund the purchase price if we cannot readily and quickly provide you with a replacement. We will return repaired products at our expense, but if we determine there is no defect, or that the defect resulted from causes not within the scope of our warranty, then you must bear the cost of returning the product.

This warranty gives you specific legal rights and you may also have other rights which vary from state to state.

**3491 Mission Oaks Blvd. • PO Box
6009 • Camarillo, CA 93011 • (800)
444-3353**

Record Product's Serial Number Here: _____

Note: If product has no serial number, record month and year of purchase instead.

Note: Some parts are listed and shown for illustration purposes only, and are not available individually as replacement parts.

3) Manual De Instrucciones Control De Temperatura Serie Ta

SAHYOU
TA Series of Temperature Controller
Instruction Manual

Thanks a lot for selecting Sanyou products!
 Before operating this instrument, please carefully read this manual and fully understand its contents. If have problems, please contact our sales or distributors whom you buy from. This manual is subject to change without prior notice.

Warning
 Please do not turn on the power supply until all of the wiring is completed. Otherwise electrical shock, fire or malfunction may result. Do not wire when the power is on. Do not connect the unused terminals. Do not turn on the power supply when cleaning this instrument. Do not disassemble, repair or modify the instrument. This may cause electrica shock, fire or malfunction. Use this instrument in the scope of its specifications. Otherwise fire or malfunction may result. The use life of the output relay is quite different according to its capacity and conditions. If use out of its scope, fire or malfunction may result.

Caution
 This instrument should be installed in a domestic environment. Otherwise electrica shock, fire or malfunction may result. The operating temperature environment should between 0°C (32°F) to 50°C (122°F).
 To avoid using this instrument in environment full of dust or caustic gas.
 To avoid using this instrument in environment of strong shock or concussion.
 To avoid using this instrument in environment of overflow water or explosive oil.
 The power supply wire should not put together with large current wire to avoid electromagnetic radiation. If it must to put together, we suggest to use a individual pipe.
 In case the instrument is used in environment of strong noise, (such as motor, transformer, solenoid, etc.) A current suppresser or noise filter should be used.

Applications
 TA series of temperature controller is available for many TC or RTD input, adopt some advanced technology such multi digital filter circuit, autotune PID, fuzzy PID that make it is very precise, stable, strong anti-interference and simple operation. The instrument is widely applied to

automation systems of mechanism, chemical industrial, chinaware, light industrial, metallurgy and petroleum chemical industrial. It is also applied to the production line of foodstuff, packing, printing, dry machine, metal heat process equipment to control the temperature.

Name of parts

1. Measured value (PV) Various parameter symbols
 2. Set value (SV) Various parameters set value
 3. Indication lamps
 OUT1: Heating/Main control output lamp On: Output
 OFF: No output
 OUT2: Cooling/Alarm2 output lamp On: Output OFF: No output
 AT: Autotune lamp On: Autotune OFF: Non-autotune
 AL: Alarm 1 output lamp On: Alarm Off: No Alarm
 4. Set key Parameter Setting/Changing
 5. Shift/Autotune key Press this key to shift digit of parameter value setting. Or hold this key for more than 3 seconds can enter/quit autotune estate. When enter autotune estate, AT lamp on. When quit autotune estate, AT lamp off.
 6. Up key Used to increase numerals
 7. Down key Used to decrease numerals

Models

Input signals: Default: K, J, T, E, S.
 P: PT100, Cu50, ... etc
 AL1, R: RELAY S: SSR/Logic T: SCR
 OUT2/AL2: R: RELAY S: SSR/Logic
 T: SCR N: Non
 Set function: Default: Key set
 K: Thumb switch set
 Power supply: Default 90-260V AC/DC
 E: 24V DC
 Sizes: 4: 48H x 48H 6: 66H x 48H
 7: 72H x 72H 8: 48H x 96H 9: 66H x 96H
 TA series of temperature controller

Specifications

Power supply	90-260V AC/DC 50/60Hz
Consumption	≤5VA
Display range	-199~1800°C
Accuracy	0.3% S ±2digit
Sampling cycle	≤300ms
Main output	RELAY: normal open AC 250V/3A DC 30V/3A 0.08s c=1 TA7/TA9: 12V ±1V/ 20mA
Alarm	SSR/Logic: TA4/TA8: 24V DC ±2V/ 20mA TA7/TA9: 12V ±1V/ 20mA
Input	RELAY: normal open AC 250V/3A DC 30V/3A 0.08s c=1 TA7/TA9: 12V ±1V/ 20mA
T/C	K 0~999.9/0~1200°C J 0~999.9/0~1200°C T -199~400°C (Special order) S 0~1600°C
PH	Pt100 -199~600°C Cu50 -50~150°C
Others	Please mention when ordering.
Insulated voltage strength	1500V 50Hz (Between power terminal and the housing)
Insulation resistance	Min 50MΩ (500V DC) (Between power terminal and the housing)
Storage temperature	0~50°C
Service temperature	10~80°C
Environment humidity	35~85%RH
Weight	TA4: ≤250g TA6: TA7: TA8: TA9: ≤350g

Parameter setting
 Setting steps
 A: Select the parameter you want to modify
 B: Press the <</> key or <<</>> key to select the digit you want to modify
 C: Press ↑ key and ↓ key to modify the numerals
 D: Press SET key to confirm

In Non-autotune estate, press and hold ↑ / ↓ key for more than 3 seconds can enter/quit the under menu. (Normally the program will refresh the value of the parameters by itself, the user no need make modifications.)

Low limit value, it is adjustable by the input signal.
 Up limit value, it is adjustable by the input signal.
 ALL hysteresis setting value. Range ± 90, factory setting 1.0

Mounting and Sizes

Model	A	B	C	D	E	F	G	H
TA4	44.5±0.5	45±0.5	65	65	48	48	8	80
TA6	45.5±0.5	91±0.5	65	115	48	96	12	100
TA7	67.5±0.5	67.5±0.5	65	95	72	72	12	100
TA8	91±0.5	45.5±0.5	65	115	96	48	12	100
TA9	91±0.5	91±0.5	115	115	96	96	12	100

The values on down line are the factory setting values

HY2	AL2 hysteresis setting value.
1.00	Range ± 90, factory setting 1.0
dP	Decimal point setting:
0	0: No decimal 1: One decimal
5cP	Password setting.
015	Factory setting 015
RL1	AL1 set range: -1999-9999
900.0	
R01	AL1 mode: 0: Deviation HI alarm 1: Deviation LO alarm 2: Absolute value HI alarm
2	
RL2	AL2 set range: -1999-9999. If no AL2, it is for OUT2.
900	
R02	AL2 mode: The same as AL1.
3	
PVF	Modification value. Range: ± 100.
0.00	Display value = Measured value - Modification value
InP	Input signal selection TC: K, J, TE, S
2	RTD: Pt100, Cu50 The factory setting is K
P	Proportional band (% range) 0.1-3600.
300	If P=OFF, it means ON/OFF control
I	Integral time range 0.1-3600. F=OFF means cancel integral time.
2400	
D	Derivative time range 0.1-3600. D=OFF means cancel derivative time.
OFF	
OUd	Control directions: HEAT: heating
HEAT	COOL: cooling
H95	Control hysteresis, range: ± 100.
1.00	It is not available when P ≠ OFF
CL1	The output control mode value 1-150.
1-3	CL=20 means relay output. CL=1-3 means SSR control output.

Application examples

1. Relay output control (for TA9)

Malfunction estimate

- No Display: Check all the connection and wiring if it is all correct. Specially pay attention to the power supply terminals and signal input terminals.
- Incorrect Display: Check if the input signal is conformity with the selected symbol.
For TC input, please use the relative compensation cable. For RTD input, please use low impedance cable. The 3 wires should at the same length.
- Incorrect Control: If the instrument has been used for a long time, the user find that the displaying float or the temperature is hard to rise up to the set value, meanwhile the outside/stem running well, there must be something wrong with the parameters of the instrument.
The user need to re-autotuning the instrument. If the instrument lost control, please check if the connection of the control is correct.
If external load is shorted, broken, wrong connection or components is damaged, it will cause lost control as well. When it is necessary, please push out the PCB to check the if the output terminals is damaged and not available.
- Display malfunction: "UUUU": The input signal exceed the measured HI range. "LLLL": The input signal exceed the measured LO range. or input signal terminal connection is contrary.

TA7

TA6/TA9

ON/OFF control: ▲ Set value
Heating ON FHS OFF Cooling OFF FHS ON HI
Alarm mode ▲ Set value ▲ Alarm value AL
OFF HI
LO ▲
0: Deviation HI alarm
1: Deviation LO alarm
2: Absolute value HI alarm
3: Absolute value LO alarm
4: Section outside alarm
5: Section inside alarm

Note:
All the factory setting value of deviation alarm is 1.0. If the user want to change, please contact us or our distributors.

Proportional band range (If cooling output is available) 0.1-3600.

Cooling output gap: ± 90.0.

Cooling output control mode value 1-150.
C=1-20 means relay output. C=1-3 means SSR control output.

Temperature unit. C means C degree, F means F degree.

Parameter lock code setting. LCK=000 means unlocked. LCK=010 means locked.

Note:
1. OUT2 and AL2 use the same output channel. It is for the user's option. Set by the factory.
When the user operate the instrument at first time, please operate according to the processes of this instruction manual. Let the instrument in autotuning, if the running conditions keep not change (eg. Running the same equipment), the user no need to let it autotuning again. Because the instrument has recorded the previous PID parameters. When the instrument is used for huge capacity heating equipments, the user should set autotuning value lower 5%-10% than the normal control value, in order to decrease the exceed-tuning caused by control.
In normally, the control cycle of the heating equipment should be 20-30 seconds. For huge capacity heating equipments, the value should be 30-120 seconds, in order to longer the use life of the relay. F or non-contact output, such as SSR control output, the value should be 1-3.

Terminal configurations
(If any changed, please refer to the product showing.)

ANEXO D

ENSAMBLE DEL EQUIPO MEDIDOR DE PRESIÓN



Figura 1. Llenado del pistón con aceite.
Fuente: Pablo Tirado.



Figura 2. Manómetro de 10000PSI
Fuente: Pablo Tirado.



Figura 3. Ajuste del manómetro.
Fuente: Pablo Tirado.



Figura 4. Medidor de presión ensamblado.
Fuente: Pablo Tirado.



Figura 5. Control de Temperatura.
Fuente: Pablo Tirado

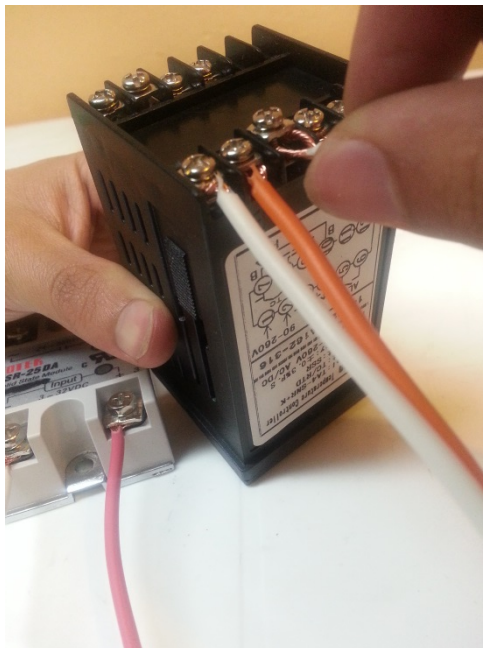


Figura 6. Conexión de cables en los terminales.
Fuente: Pablo Tirado

ANEXO E

MOLDE DE COMPACTACIÓN

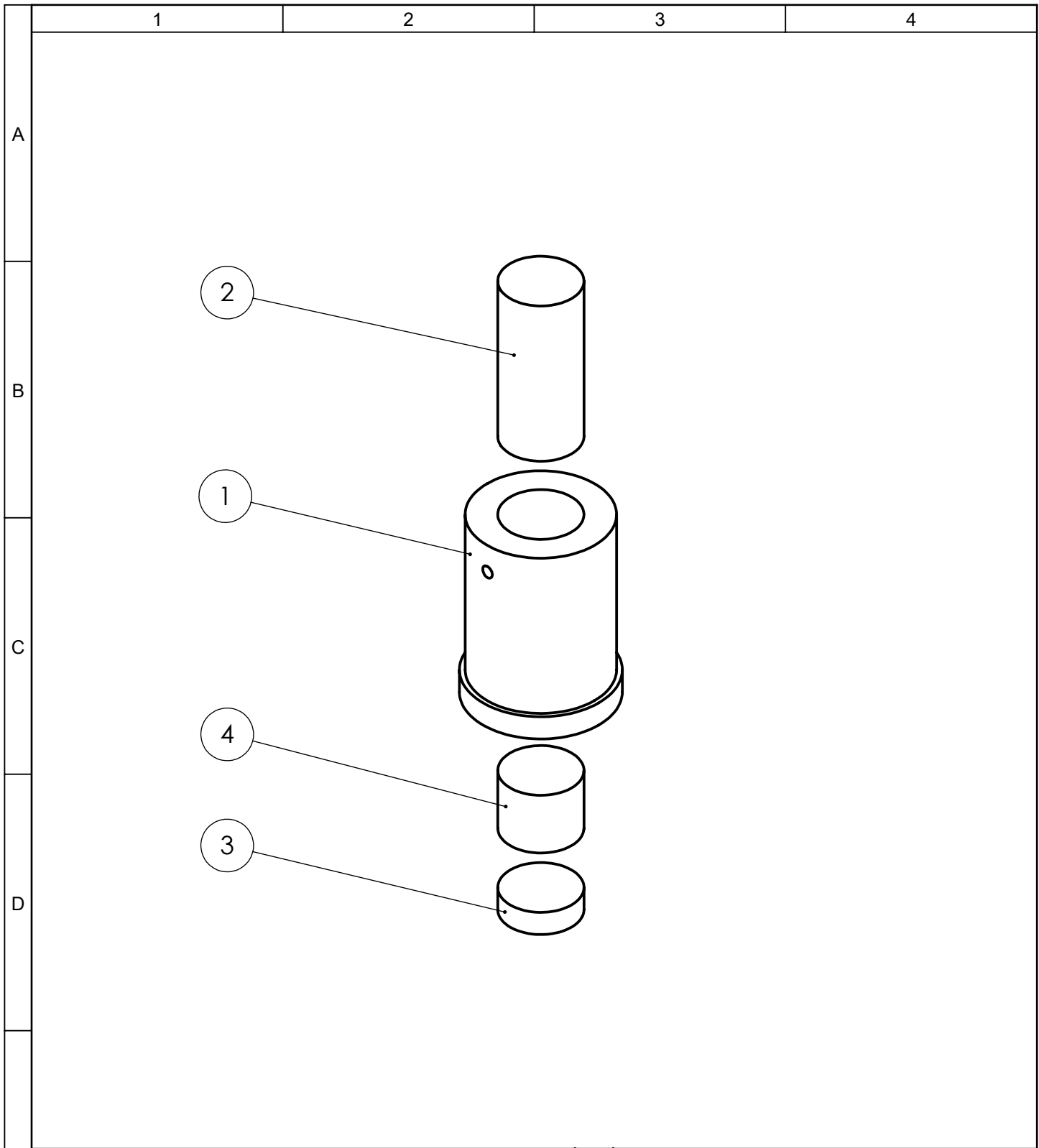


Figura 1. Control de Temperatura.
Fuente: Pablo Tirado



Figura 2 Control de Temperatura.
Fuente: Pablo Tirado

PLANOS



E	1	Briqueta de cascara de nuez	-	-	4	-	0,023 Kg	-
	1	Tapa inferior	Ø 32x10	Alum. 3004	3	Eje	0,02 Kg	Torneado
	1	Embolo	Ø 32x70	Alum. 3004	2	Eje	0,15 Kg	Torneado
	1	Molde	Ø 60x80	Alum. 3004	1	Cilindro hueco	0,36 Kg	Torneado
	No de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No de orden	No. del Norma/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	0,53 Kg	Aluminio aleado 3004			
				Fecha	Nombre	Título:	MOLDE DE COMPACTACIÓN	Escala:	1:2
				Dibujó: 13/09/14	Pablo Tirado				
				Revisó: 13/09/14	Ing. Germánico López.				
				Aprobó: 13/09/14	Ing. Germánico López.	N.Lámina:	01 de 5		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA					Sustitución:

1

2

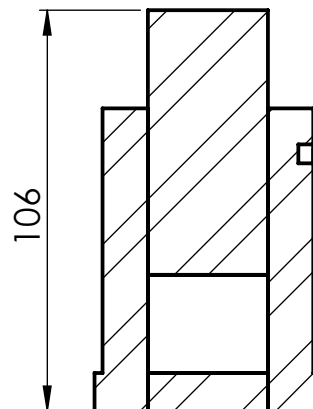
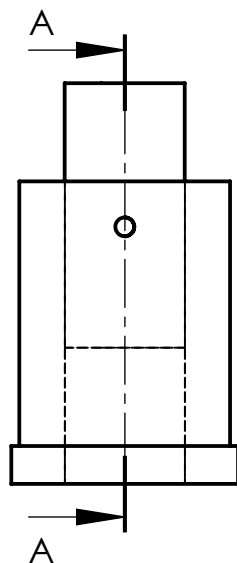
3

4

A

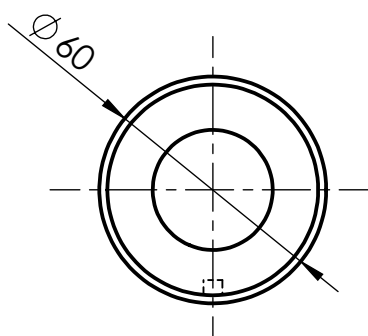
N8

B

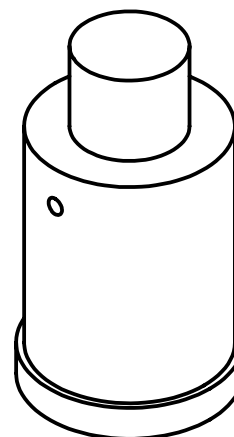


SECCIÓN A-A

C

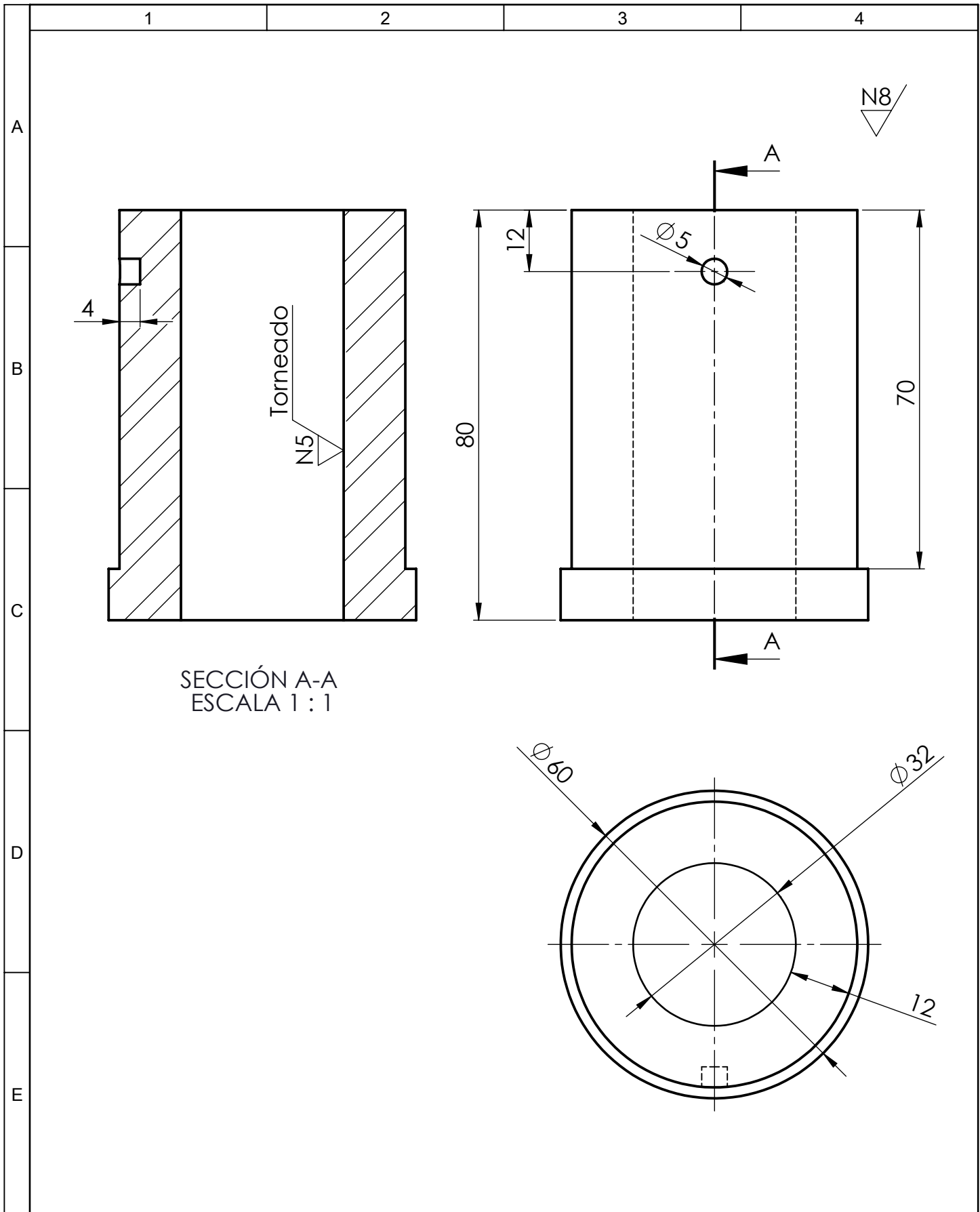


D



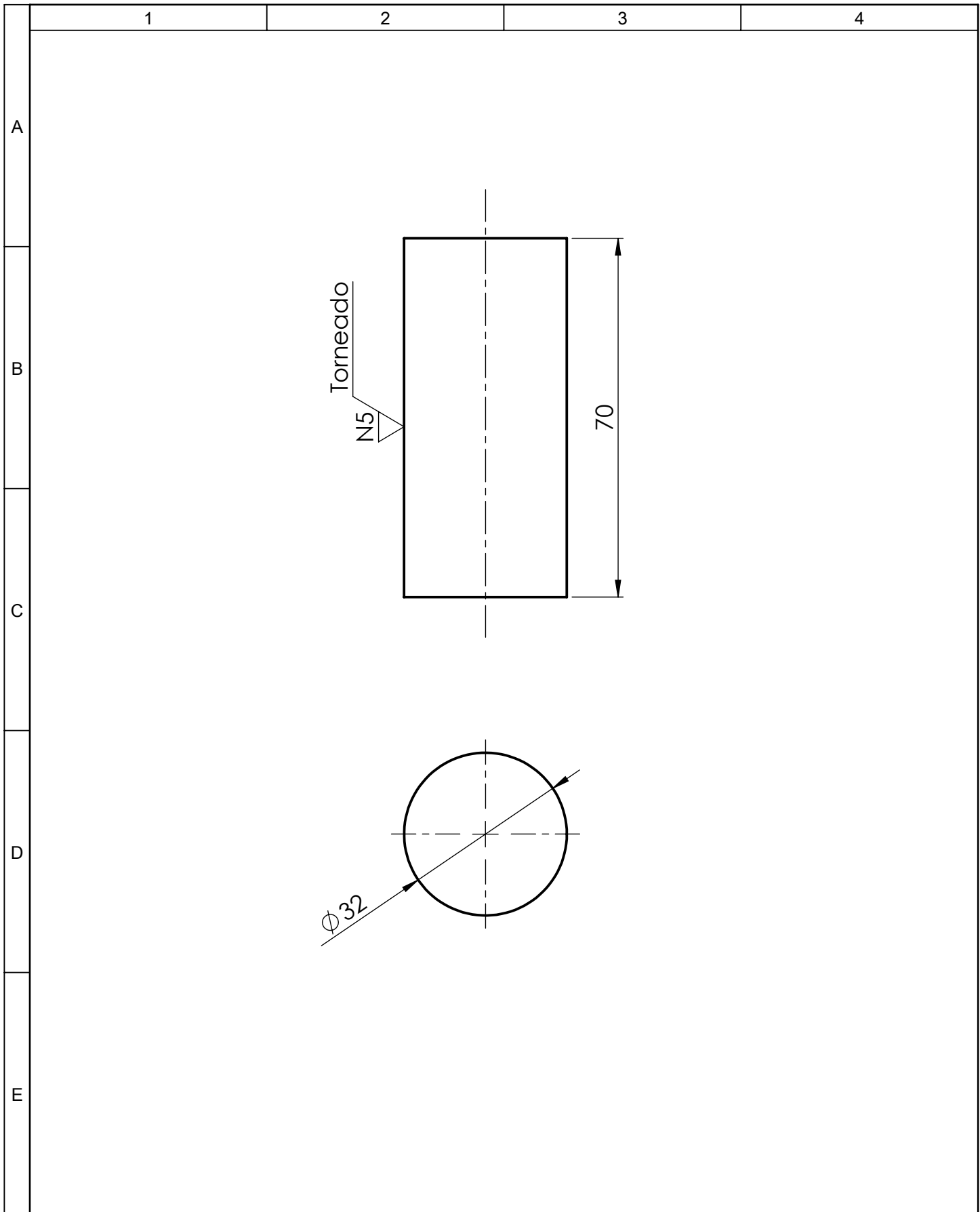
E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	0.36 Kg	Aluminio aleado 3004	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó: 13/09/14	Pablo Tirado	CONJUNTO ARMADO	1:1
				Revisó: 13/09/14	Ing. Germánico López.		
				Aprobó: 13/09/14	Ing. Germánico López.		
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		N.Lámina:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			02 de 5	
						Sustitución:	

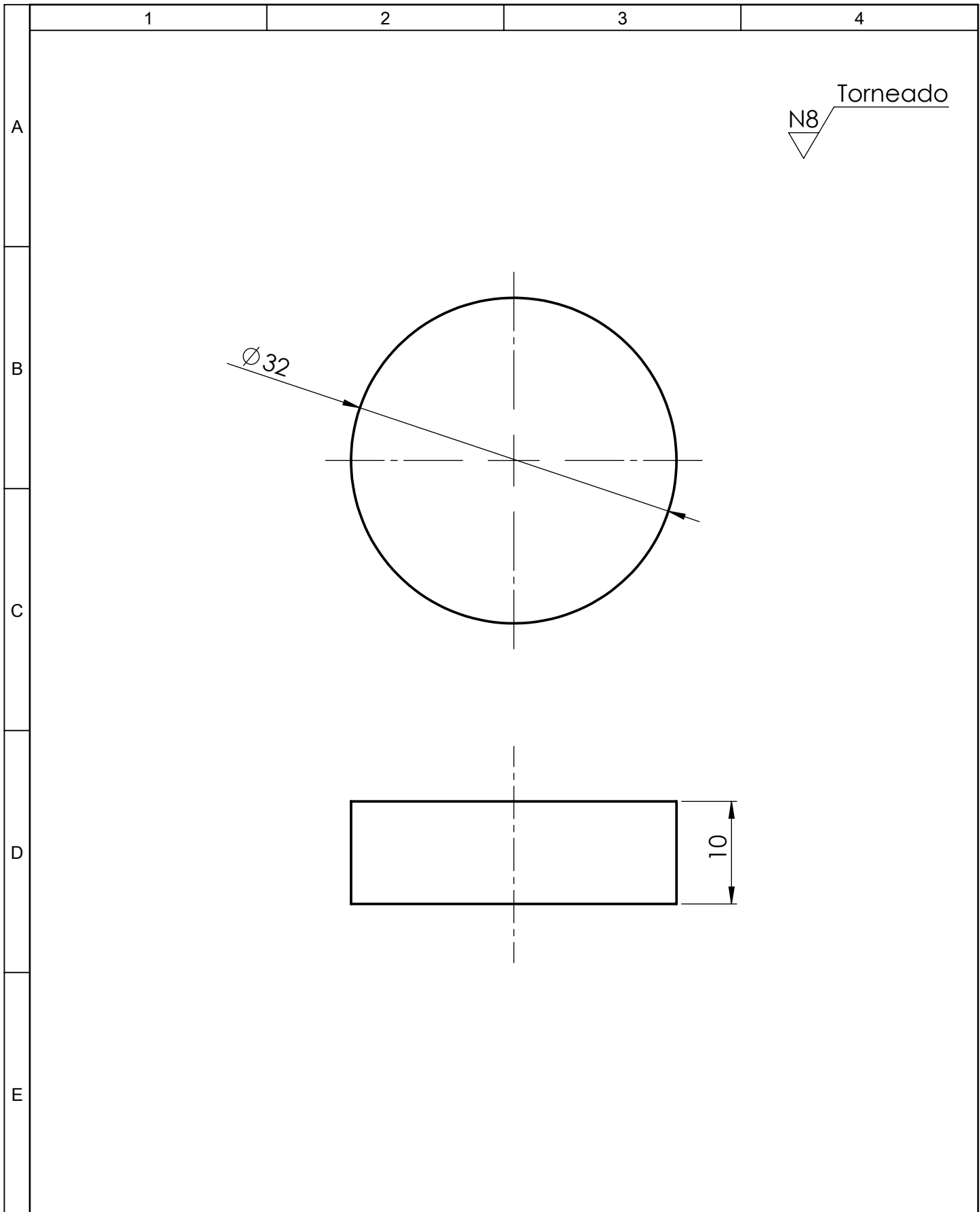


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				$\pm 0,1$	0.36 Kg	Aluminio aleado 3004		
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:	
			Dibujó:	13/09/14	Pablo Tirado		MOLDE	1:1
			Revisó:	13/09/14	Ing. Germánico López.			
			Aprobó:	13/09/14	Ing. Germánico López.			
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		N.Lámina:		
						03 de 5		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:		



					Tolerancia	(Peso)	Materiales:				
					±0,1	0.15 Kg	Aluminio aleado 3004				
					Fecha	Nombre	Título: EMBOLO			Escala:	
				Dibujó:	13/09/14	Pablo Tirado				1:1	
				Revisó:	13/09/14	Ing.Germánico López.					
					Aprobó:	13/09/14	Ing.Germánico López.	N.Lámina:			
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA				04 de 5			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					Sustitución:			



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: Aluminio aleado 3004			
				±0,1	0.02 Kg				
				Fecha	Nombre	Título: TAPA INFERIOR	Escala: 2:1		
				Dibujó: 13/09/14	Pablo Tirado		N.Lámina: 05 de 5		
				Revisó: 13/09/14	Ing.Germánico López.			Sustitución:	
				Aprobó: 13/09/14	Ing.Germánico López.				
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA					
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						