



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA: “CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y TÉRMICA DE
RESIDUOS BIOMÁSICOS DE CUESCO DE PALMA AFRICANA Y
CÁSCARA DE COCO”**

AUTOR: MEDINA DELGADO, GEOVANNY ALEJANDRO

DIRECTOR: PhD. GOYOS PÉREZ, LEONARDO.

SANGOLQUÍ

2018



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y TÉRMICA DE RESIDUOS BIOMÁSICOS DE CUESCO DE PALMA AFRICANA Y CÁSCARA DE COCO**” fue realizado por el señor **Medina Delgado, Geovanny Alejandro** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de Agosto del 2018

Ing. Christian Narváez
Director (e) de la Carrera de Ingeniería Mecánica

C. C. 1720037165...



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Medina Delgado, Geovanny Alejandro*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y TÉRMICA DE RESIDUOS BIOMÁSICOS DE CUESCO DE PALMA AFRICANA Y CÁSCARA DE COCO”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 13 de Septiembre 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Geovanny Alejandro Medina Delgado', written over a dotted line.

Geovanny Alejandro Medina Delgado

C.C.: 172100154-1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

*Yo, Medina Delgado, Geovanny Alejandro autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Título: “CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA Y TÉRMICA DE RESIDUOS BIOMÁSICOS DE CUESCO DE PALMA AFRICANA Y CÁSCARA DE COCO”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

Sangolquí, 13 de Septiembre 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Geovanny Alejandro Medina Delgado', written over a dotted line.

Geovanny Alejandro Medina Delgado

C.C.: 172100154-1

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi familia, mis dos pequeños hijos Valentina y Mathias, el amor de mi vida y esposa Sarita, mis padres Jorge y Gladys, quienes me brindaron totalmente su apoyo para culminar esta etapa académica con mucha paciencia y comprensión por parte de todos ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus bendiciones colmadas durante todo este trayecto académico, ya que gracias a él pude lograr esta meta.

Doy gracias al apoyo incondicional de mi esposa, mis padres y familiares que de alguna u otra forma estaban pendientes del cumplimiento de este objetivo puntualizado hace varios años.

Gracias a todos los ingenieros involucrados en el desarrollo de esta investigación, por su ayuda y paciencia para la excelente elaboración de la misma.

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE CARRERA	i
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
Índice de Figuras	viii
Índice de tablas.....	x
Nomenclatura	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Definición de problema	1
1.2.1 Hipótesis	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Alcance del Proyecto	2
1.5 Justificación del proyecto	3
CAPITULO II.	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.2. Caracterización de biomasa	6
2.3. Usos de desechos orgánicos en el Ecuador y Latinoamérica.	10
2.4.1 PALMA AFRICANA	12
2.4.2 COCO	12
2.4.3 Beneficios de sus frutos.	12
2.5. Porcentaje de plantaciones de palma africana y coco en el Ecuador, ubicaciones.....	13
CAPITULO III.	15

DISEÑO EXPERIMENTAL Y PRUEBAS	15
3.1. Análisis y selección del procedimiento del diseño experimental	15
3.1.1. Confiabilidad	15
3.1.2. Procedimiento para determinación del grado de confiabilidad.....	15
3.1.3. Validez	16
3.1.4. Tipos de diseños experimentales	16
3.2.1. Propiedades mecánicas de los materiales	19
3.2.2. Pruebas de esfuerzo en flexión.	19
3.2.3. Ensayo de Dureza.	20
3.2.4. Densidad de materiales.	25
3.2.5 Porosidad.....	32
3.2.6. Conductividad térmica	34
3.2.7. Capacidad calorífica.....	38
3.3. Cáscara de Coco	40
3.3.1. Propiedades mecánicas de los materiales	40
3.3.4. Densidad de materiales.	69
3.3.5 Porosidad.....	76
3.3.6. Conductividad térmica	78
3.3.7. Capacidad calorífica.....	79
CAPITULO IV	80
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	80
4.1. Compilación de resultados en pruebas físicas.	80
4.2. Compilación de resultados en pruebas mecánicas.....	81
4.3. Compilación de resultados en pruebas térmicas.....	84
4.4. Análisis y comparación de resultados entre los tipos de pruebas físicas, mecánicas y térmicas.....	85
CAPITULO V.	86
ANÁLISIS ECONÓMICO	86
5.1 Análisis económico.....	86
CAPITULO VI.....	87

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
Conclusiones.....	87
Recomendaciones.....	89
BIBLIOGRAFIA.....	89

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Palma Africana	6
<i>Figura 2.</i> Coco.....	7
<i>Figura 3.</i> Viga curva de Coco	7
<i>Figura 4.</i> Mercurio y equipo de ensayo.....	8
<i>Figura 5.</i> Equipo Adiabático	9
<i>Figura 6.</i> Equipo de Conductividad Térmica	9
<i>Figura 7.</i> Distribución de desechos a nivel mundial	10
<i>Figura 8.</i> Provincias productoras de Palma Africana.....	13
<i>Figura 9.</i> Porcentaje de Producción de Coco región Costa.....	14
<i>Figura 10.</i> Esquema de experimento con dos factores bloque	18
<i>Figura 11.</i> Forma de penetración en dureza Rockwell.....	20
<i>Figura 12.</i> Forma de penetración en dureza Brinell.....	21
<i>Figura 13.</i> Geometría de penetración dureza Vickers	22
<i>Figura 14.</i> Geometría de penetración Dureza Knoop.....	22
<i>Figura 15.</i> Cuesco de Palma Africana encapsuladas.....	23
<i>Figura 16.</i> Microdurómetro Digital.....	24
<i>Figura 17.</i> Parafina Líquida.....	26
<i>Figura 18.</i> Control de masa de muestra.....	26
<i>Figura 19.</i> Control de masa de muestra en agua	27
<i>Figura 20.</i> Muestras de cuesco saturadas	30
<i>Figura 21.</i> Conductividad Térmica de diversos Materiales	34
<i>Figura 22.</i> Máquina de Conductividad Térmica	35
<i>Figura 23.</i> Cuesco Molido.....	36
<i>Figura 24.</i> Cubo de poliespuma	36
<i>Figura 25.</i> Bomba Adiabática	38
<i>Figura 26.</i> Factor de corrección K, para vigas curvas.....	41
<i>Figura 27.</i> Curva de corrección Factor K.....	42
<i>Figura 28.</i> Equipo de Tracción y Compresión	43

Figura 29. Control Digital	44
Figura 30. Zona de Investigación del Coco	44
Figura 31. Fibras Longitudinales	45
Figura 32. Fibras Transversales	45
Figura 33. Desplazamiento LN	46
Figura 34. Dirección de Momento generado.....	46
Figura 35. Diagrama Fuerza-Desplazamiento CJL1P1.....	49
Figura 36. Diagrama Fuerza-Desplazamiento CJL1P2.....	50
Figura 37. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJL2P1	51
Figura 38. Diagrama Esfuerzo Desplazamiento CJL2P2.....	52
Figura 39. Diagrama Fuerza Desplazamiento total CJL2P3.....	53
Figura 40. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT1P1	54
Figura 41. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT1P2.....	55
Figura 42. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT2P2	56
Figura 43. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT2P3	57
Figura 44. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML1P1	58
Figura 45. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML1P2	59
Figura 46. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML2P1	60
Figura 47. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML2P2	61
Figura 48. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML3P1	62
Figura 49. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT1P1	63
Figura 50. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT1P2.....	64
Figura 51. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT2P1	65
Figura 52. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT2P2.....	66
Figura 53. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT3P1	67
Figura 54. Cáscaras de Coco encapsuladas.....	68
Figura 55. Mercurio y recipiente de ensayo.....	70
Figura 56. Masa de mercurio y recipiente.....	70
Figura 57. Comparación en Densidad Real en los materiales.....	80
Figura 58. Comparación de porosidad en los materiales	81
Figura 59. Comparación de esfuerzo en cáscara de coco joven.....	82
Figura 60. Comparación de esfuerzo en cáscara de coco maduro	83
Figura 61. Comparación de dureza en materiales	83
Figura 62. Comparación de poder calórico entre materiales.....	84
Figura 63. Comparación de Coeficiente Térmico	85

Índice de tablas.

Tabla 1. <i>Producción de coco en el Ecuador (2008)</i>	14
Tabla 2. <i>Datos de dureza obtenidos para Cuesco de Palma africana.</i>	24
Tabla 3. <i>Datos de dureza ajustados de Cuesco de Palma Africana</i>	25
Tabla 4. <i>Valores de muestras para determinar densidad aparente Cuesco de Palma Africana</i> ..	29
Tabla 5. <i>Valores de muestras para determinar densidad real de Cuesco de Palma Africana</i>	32
Tabla 6. <i>Valores de porosidad en Cuesco de Palma Africana</i>	33
Tabla 7. <i>Valores ajustados de porcentaje de porosidad de Cuesco de Palma Africana.</i>	33
Tabla 8. <i>Datos de temperaturas en cuesco de palma africana</i>	37
Tabla 9. <i>Cálculo para obtención de coeficiente térmico en cuesco de palma africana</i>	38
Tabla 10. <i>Poder Calórico de Cuesco de Palma Africana</i>	40
Tabla 11. <i>Valores de Factor K para arcos obtenidos en la rotura</i>	47
Tabla 12. <i>Valores de dureza para Cáscara de Coco</i>	68
Tabla 13. <i>Valores ajustados y desviación estándar en Cáscara de Coco</i>	69
Tabla 14. <i>Resultados Densidad Aparente en Cáscara de Coco</i>	72
Tabla 15. <i>Resultados Densidad Real en Cáscara de Coco</i>	74
Tabla 16. <i>Porosidad en Cáscara De Coco</i>	76
Tabla 17. <i>Valores ajustado en porosidad de Cáscara de Coco.</i>	77
Tabla 18. <i>Datos obtenidos en cáscara de coco.</i>	78
Tabla 19. <i>Cálculo para obtención de coeficiente térmico en cáscara de coco</i>	79
Tabla 20. <i>Capacidad Calorífica de Cascara de Coco</i>	79
Tabla 21. <i>Resultados de Ensayo Flexión Coco Joven</i>	81
Tabla 22. <i>Resultados de Ensayo Flexión Coco Maduro</i>	82

Nomenclatura

- CJL1P1:** Coco joven dirección longitudinal 1 probeta 1.
CJL1P2: Coco joven dirección longitudinal 1 probeta 2.
CJL2P1: Coco joven dirección longitudinal 2 probeta 1.
CJL2P2: Coco joven dirección longitudinal 2 probeta 2.
CJL2P3: Coco joven dirección longitudinal 2 probeta 3.
CJT1P1: Coco joven dirección transversal 1 probeta 1.
CJT1P2: Coco joven dirección transversal 1 probeta 2.
CJT2P1: Coco joven dirección transversal 2 probeta 1.
CJT2P2: Coco joven dirección transversal 2 probeta 2.
CJT2P3: Coco joven dirección transversal 2 probeta 3.
CML1P1: Coco maduro dirección longitudinal 1 probeta 1.
CML1P2: Coco maduro dirección longitudinal 1 probeta 2.
CML2P1: Coco maduro dirección longitudinal 2 probeta 1.
CML2P2: Coco maduro dirección longitudinal 2 probeta 2.
CML3P1: Coco maduro dirección longitudinal 3 probeta 1.

CMT1P1: Coco maduro dirección transversal 1 probeta 1.

CMT1P2: Coco maduro dirección transversal 1 probeta 2.

CMT2P1: Coco maduro dirección transversal 2 probeta 1.

CMT2P2: Coco maduro dirección transversal 2 probeta 2.

CMT3P1: Coco maduro dirección transversal 3 probeta 1.

RESUMEN

El cuesco de palma africana y cáscara de coco producen un porcentaje alto de desperdicio orgánico en el país, principalmente en la provincias de la Costa; debido a la falta de conocimiento de las propiedades que pueden brindar este tipo de materiales, ya que no tener información acertada disminuye un uso exacto de las mismas. Conocer las propiedades mecánicas como el esfuerzo que brinda cada material y su dureza, propiedades físicas como su densidad y porosidad; y propiedades térmicas como poder calórico y conductividad térmica, permitirá obtener datos reales iniciales para con veracidad y aplicar un tipo de aditivo adecuado para la aplicación que se desea, actualmente en el país no se conocen estudios sobre las propiedades de cuesco de palma africana y cáscara de coco, lo que limita realizar actividades con esta materia orgánica en algún tipo de producción, como por ejemplo mampostería, aglomerados, debido a que no se tiene datos individuales y concretos de solamente la materia orgánica sin aditivos, considerando que es un problema para la industria su eliminación, lograr el aprovechamiento de estos residuos en alguna parte de la cadena productiva del país, permitirá mejorar la economía y el ecosistema. Podrán ser utilizados como aditivos para un material compuesto, como combustible, para fabricación de carbón activado y materiales aislantes, las cuales están limitadas por no disponer de una caracterización individual de las mismas, es decir no son utilizadas debido al desconocimiento de sus propiedades.

ABSTRACT

The African palm coconut shell and coconut shell produce a high percentage of organic waste in the country, mainly in the provinces of the Coast; due to the lack of knowledge of the properties that can offer this type of materials, since not having accurate information diminishes an exact use of them. Know the mechanical properties such as the effort provided by each material and its hardness, physical properties such as density and porosity; and thermal properties such as heat power and thermal conductivity, will allow initial real data to be obtained with accuracy and to apply a type of additive suitable for the application that is desired, currently in the country there are no known studies on the properties of African palm and shell cues of coconut, which limits activities with this organic matter in some type of production, such as masonry, agglomerates, because there is no individual and specific data of only the organic matter without additives, considering that it is a problem for the industry its elimination, achieve the use of this waste somewhere in the productive chain of the country, will improve the economy and the ecosystem. They can be used as additives for a composite material, such as fuel, for the manufacture of activated carbon and insulating materials, which are limited by not having an individual characterization of them, that is, they are not used due to ignorance of their properties.

CAPITULO I.

GENERALIDADES

1.1 Introducción

En el Ecuador existen residuos orgánicos que se pueden utilizar en aplicaciones productivas, pero no existen datos de una caracterización acertada de muchos de ellos para poder iniciar un primer trabajo con este tipo de materiales. Por su volumen de existencias se destacan residuos como el cuesco de palma africana con una cantidad de 2´649.051 toneladas anuales (Atlas energético del Ecuador, 2014) y cáscara de coco con una cantidad de 1´209.569 toneladas por hectárea a nivel nacional (VILLEGAS y VÉLEZ ,2008).

Actualmente en el país no se conocen estudios sobre las propiedades de cuesco de palma africana y cáscara de coco, lo que limita realizar actividades con esta materia orgánica en algún tipo de producción, como por ejemplo mampostería, aglomerados, debido a que no se tiene datos individuales y concretos de solamente la materia orgánica sin aditivos.

Conocer las propiedades mecánicas como el esfuerzo que brinda cada material y su dureza, propiedades físicas como su densidad y porosidad; y propiedades térmicas como poder calórico y conductividad térmica, permitirá obtener datos reales iniciales para con veracidad aplicar un tipo de aditivo adecuado para la aplicación que se desea.

1.2 Definición de problema

En el Ecuador existen residuos orgánicos que se pueden utilizar en aplicaciones productivas, pero no existe datos de una caracterización acertada para iniciar un primer trabajo con este tipo de materiales, principalmente con los residuos como el cuesco de palma africana con una cantidad de

2'649.051 toneladas anuales (Atlas energético del Ecuador, 2014) y cáscara de coco con una cantidad de 1'209.569 toneladas por hectárea a nivel nacional (VILLEGAS y VÉLEZ ,2008).

1.2.1 Hipótesis

Mediante la específica caracterización física, mecánica y térmica del cuesco de palma africana y la cáscara de coco, es posible incrementar y optimizar su uso.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar las principales propiedades físicas, mecánicas y térmicas de los residuos de cuesco de palma africana y cáscara de coco.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer las principales propiedades físicas mecánicas del cuesco de palma africana y del coco, a saber, densidad, porosidad, dureza, resistencia mecánica y conductividad térmica.
- Determinar las propiedades térmicas principales en el cuesco de palma africana y cáscara de coco, como conductividad térmica y poder calórico.
- Analizar la influencia de los factores externos como el tiempo de maduración, tamaño de poros y acción del medio sobre las propiedades evaluadas.

1.4 Alcance del Proyecto

El presente proyecto tiene como alcance obtener las características físicas, mecánicas y térmicas, como sus principales propiedades por ejemplo: Porosidad, Densidad, Dureza, Resistencia

a la flexión, Conductividad térmica y Capacidad calorífica; las mismas para el cuesco de palma africana y coco, logrando introducir las utilidades de estas biomásas en el campo industrial.

La caracterización de estos residuos desde el punto de vista de densidad (real, aparente), porosidad, resistencia mecánica, dureza, humedad y contenido energético permitiría su aprovechamiento como materia prima en aplicaciones técnicas con efectividad.

1.5 Justificación del proyecto

Existen biomásas residuales secas en Ecuador que deben ser utilizadas como fuente alternativa, ya que los desechos de producción son materias primas de muy poco o ningún costo, considerando que es un problema para la industria su eliminación, lograr el aprovechamiento de estos residuos en alguna parte de la cadena productiva del país, permitirá mejorar la economía y el ecosistema. Podrán ser utilizados como aditivos para un material compuesto, como combustible, para fabricación de carbón activado y materiales aislantes, las cuales están limitadas por no disponer de una caracterización individual de las mismas, es decir no son utilizadas debido al desconocimiento de sus propiedades.

Dentro del país existen ya estudios e información realizados por el gobierno ecuatoriano sobre el cuesco de palma y cáscara de coco, específicamente por el Instituto Nacional de Preinversión (INP), el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y el Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC) en el año 2014, donde proporcionan ciertas características de los residuos como el Poder Calórico.

Al no tener características de estas biomásas en el Atlas bioenergético del Ecuador, es muy importante investigar que propiedades se deben conocer para utilizar el cuesco de palma africana y la cáscara de coco como posibles aplicaciones energéticas y mecánicas.

Obtener las características físicas, mecánicas y térmicas de la biomasa del cuesco de palma africana y del coco, permitirá establecer parámetros para su empleo en diferentes áreas, logrando usos importantes y ecológicos en la industria ecuatoriana.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

Ecuador es un país subdesarrollado, el cual se encuentra en una zona de plantación de varios productos agrícolas que son de gran consumo, especialmente dirigido a la Palma Africana y Coco.

Estos productos son objeto de investigación para conocer las propiedades que nos brindan sus desperdicios después de su utilización normal como es el cuesco de la Palma y la cáscara del Coco.

Las propiedades de estas biomásas son pretendidas para reemplazar compuestos como el poliéster en varias áreas de producción como es la automovilísticas, ya que por ejemplo “se propone usar para la fabricación de algunas partes de los automóviles, en concreto el revestimiento de los maleteros, los suelos, y las cubiertas interiores de las puertas” (Yaiza Martínez, 2009); cabe recalcar que este reemplazo se lo realizaría con la fibra de coco mas no con las cáscaras que es el caso de nuestro estudio.

En el sector agrícola ecuatoriano la mayor cantidad de residuos resultantes del proceso productivo, tanto de cosecha como de postcosecha, no son aprovechados para otras aplicaciones como por ejemplo la generación y transformación energética o su uso en la formulación de nuevos

materiales compuestos con propiedades físicas, mecánicas y térmicas propias. Esto se debe al desconocimiento de sus características como:

- Porosidad
- Densidad
- Dureza
- Resistencia a la tensión
- Conductividad térmica
- Capacidad calorífica

Existen diferentes materiales orgánicos entre ellos los residuos de la palma africana y la cáscara de coco, este tipo de biomasa según la bibliografía consultada no tiene una caracterización técnica de sus propiedades dentro del país, solo encontrándose el poder calorífico (G. Ecuatoriano, 2014) procedentes de los residuos agrícolas de campo, que pueden suplir algunos materiales industriales con menor costo y huella ecológica.

El cuesco de palma africana se obtiene como desperdicio de la extracción de aceite de la misma, ya que los palmicultores ecuatorianos tienen solamente esa finalidad, así como también la cáscara de coco, la cual es un desperdicio en exceso en cada unidad que no es utilizado en ninguna aplicación.

Para cada una de las aplicaciones posibles, es necesario determinar tres principales características que son: Física, Mecánica y Térmica; en la parte física se necesita conocer la porosidad y densidad, en lo que se refiere mecánica se determina la dureza, la resistencia a la flexión y en la parte térmica conductividad térmica y capacidad calorífica.

La biomasa vegetal es obtenida a través de la actividad fotosintética de los vegetales, estas materias no son aprovechadas por el hombre, por lo que son desperdicios que se pueden utilizar para suplantar otros materiales con mayor cuidado del medio ambiente.

Existen varias investigaciones realizadas por diferentes entidades como por ejemplo a lo que se refiere a la cáscara de coco, donde se obtienen características físicas como porosidad y densidad pero en fibra y aserrín de coco realizado en Venezuela (R. Pire, 2003) y como carbón activado investigado en México, con especificaciones directas a un horno en construcción, el cual varía las temperaturas para la obtención de varios tipos de carbón activado (D. Luna, 2007).

La palma africana tiene participación como carbón activado y como material compuesto ya que el cuesco de la palma es considerado de buena dureza y poco peso, realizando ensayos de dureza pero al material ya conformado con aplicaciones a la construcción, este estudio fue realizado por la Corporación Universitaria de la Costa, en la ciudad de Barranquilla, Colombia (C. Diaz, 2002).

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, se encuentra investigando nuevos materiales a partir del punto de vista ecológico, esto por parte del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

2.2. Caracterización de biomasa

La caracterización de materiales orgánicos o biomasa se realiza de acuerdo a las necesidades del estudio, principalmente para este trabajo serán propiedades mecánicas, físicas y térmicas, tanto para cuesco de palma africana como para la cáscara de coco.



Figura 1. Palma Africana

Fuente: (OCU, 2018)



Figura 2. Coco

Fuente: (El Comercio, 2017)

Para las propiedades mecánicas se utilizará el método de experimentación, ya que en la máquina de compresión y tracción nos permitirá realizar un ensayo en la cáscara de coco como una viga curva, dándonos como resultado el diagrama fuerza- desplazamiento, lo que se refiere a la Dureza se realizará con el mismo método utilizando la equipo de microdureza, obteniendo valores de dureza en escala Vickers.

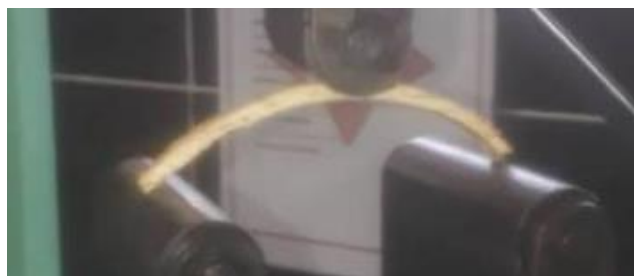


Figura 3. Viga curva de Coco

Fuente: (Lab. R.Materiales UFA-ESPE, 2018)

Para las propiedades físicas de igual forma se aplicará el método de experimentación, en este caso se obtendrán densidades reales y aparentes, las cuales nos permitirán obtener la porosidad de cada muestra ensayada en porcentaje, para la densidad aparente se aplicara el método de mercurio para obtener el volumen de la muestra de cascara de coco previamente pesada y realizando cálculos de densidades, la misma manera para obtener la densidad real se la realiza con muestras saturadas y el valor de densidad del agua (1 g/cm³). La porosidad se obtendrá con el cociente de estas dos

densidades. Para obtener la densidad aparente en el cuesco de palma se utilizará el método de la parafina, ya que el cuesco presenta una densidad mayor a la del agua.



Figura 4. Mercurio y equipo de ensayo
Fuente: (Lab. Ensayo de Materiales, UFA-ESPE, 2018)

Para las propiedades térmicas se utiliza la bomba adiabática para la obtención del poder calórico y la máquina de conductividad térmica para la propiedad dicha, ubicadas en el laboratorio de motores de Combustión Interna y el laboratorio de Termodinámica respectivamente.



Figura 5. Equipo Adiabático
Fuente: (Lab. M.C.I. UFA-ESPE, 2018)



Figura 6. Equipo de Conductividad Térmica
Fuente: (Lab. Termodinámica UFA-ESPE, 2018)

2.3. Usos de desechos orgánicos en el Ecuador y Latinoamérica.

Considerando el problema donde el total de los residuos sólidos generados en las zonas urbanas es aprox. 1,3 millones de t/año, con una tasa per cápita de 1,20 kg/día - siendo el 46% residuos sólidos orgánicos a nivel mundial.

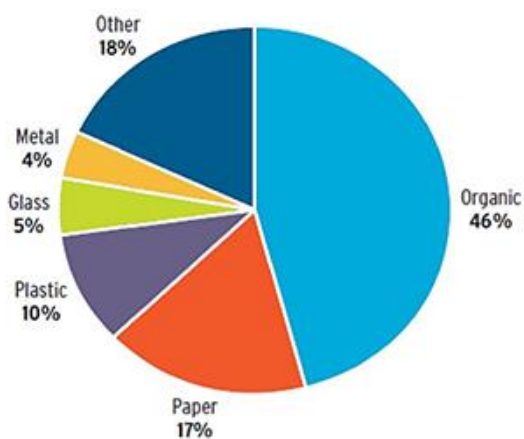


Figura 7. Distribución de desechos a nivel mundial

Fuente: (Hoorweg y Bhada, 2012)

En Ecuador el 34% de las ciudades realizan programas de reciclaje, según la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME). La mayoría de estos son planes piloto que se dan en ciertas comunidades y no en toda la población. Como por ejemplo en Ibarra, en el 2004 su municipio implementó el plan Blanquita para recolectar botellas y papeles en zonas específicas de la urbe, con lo que se logra reutilizar el 10% de la basura que produce.

Rodrigo Pareja, coordinador de Saneamiento del AME, asevera que los programas de reciclaje se efectúan más por presión ciudadana, que por iniciativa de los municipios o del Gobierno central. “Falta voluntad política para crear normas específicas sobre el manejo de los desechos”.

Ecuador está muy lejos de alcanzar esa optimización, pues más del 90% de los municipios recolectan los residuos en forma mezclada, según el estudio del MIDUVI. Uno de estos es el de Quito, donde el Cabildo y Fundación Natura manejan la estación Poroto Huaico, donde se procesan parte de los desechos de la ciudad. Un informe de esa organización ambiental indica que de las 421.797 toneladas de basura que procesaron en el 2008, solo se recicló el 5,22% por la falta de un servicio de recolección diferenciado. (El Universo, 2009).

La cáscara de coco contribuye a incrementar este problema ya que dura 100 años en degradarse, generando contaminación al ecosistema, pero favorece la proliferación de insectos y roedores, afecta la vida de los moradores de los sectores donde se cultiva este fruto ya que la suelen tirar a los ríos y esteros lo cual genera un grave problema al ecosistema (S. García, 2013).

La Palma Africana con cerca de 300 mil toneladas anuales de cuesco, envoltura de la almendra del fruto es uno de los sectores agrícolas que más desechos produce en el país, el valor de esta planta radica en su fruto carnoso y la semilla (llamada almendra o palmiste), de donde se obtienen aceites muy apreciados en industrias como la de biocombustibles, de limpieza, cosmética y alimenticia, entre otras. (D. Gómez, 2014).

Latinoamérica está conformada por países en vías de desarrollo, por lo que el aprovechamiento de residuos orgánicos no es controlado al 100%, esto quiere decir que no se desarrollan técnicas de reutilización de desechos, al menos en Colombia y Ecuador que son los países con mayor demanda de desechos relacionados con nuestro estudio que es Cuesco de palma africana y Cáscara de coco.

2.4. Plantación de palma africana y coco, beneficios de su fruto.

2.4.1 PALMA AFRICANA

Entre los años 2000 y 2012, la producción de Palma africana aumentó 14 unidades sobre el 100%, ocasionado por la demanda internacional. Esmeraldas es la provincia que más se destaca en la producción con 1.12 millones de toneladas, equivalente al 42% de la producción nacional y con un rendimiento de 10.86 tm/ha. La provincia de Sucumbíos con mayor productividad (24.71 tm/ha) y cuenta con una producción de 509 mil toneladas equivalente al 19% de la producción nacional. (ESPAC-INEC).

2.4.2 COCO

La producción de cocotero o palmas de coco en el Ecuador tiene una mayor incidencia en tres provincias de la Costa y una de la Sierra, específicamente en Loja. En estas cuatro jurisdicciones se reparte la especie nucífera y sus variedades enano, gigante y el híbrido. Según el Censo Nacional Agropecuario, las palmeras de esta fruta están en Esmeraldas, Manabí, Guayas y Loja. La provincia que mayor producción tiene es Esmeraldas, con un número de hectáreas que alcanzan el 77,26% del total nacional, seguida de Manabí, con el 18,72%. (Revista Líderes, 2017).

Tanto las provincias de la región Costa como las de la Sierra, mejoraran su economía con la recolección de desechos provenientes del Coco, ya que se podrá obtener ingresos muy importantes con la utilización de los mismos, así también se generará plazas de empleo en esas zonas. Todo esto en función de las aplicaciones futuras que se podrán iniciar.

2.4.3 Beneficios de sus frutos.

Tanto para el coco como para la palma africana, los beneficios que se obtienen de sus frutos son numerosos, ya que de los dos se extrae aceites que son utilizados en varias industrias como

Cosmetología, Productos de limpieza, Alimenticia y a partir de esta investigación podrá ser beneficio para la industria constructora, maderera o automovilística.

2.5. Porcentaje de plantaciones de palma africana y coco en el Ecuador, ubicaciones.

La palma se cultiva en lugares en donde el clima sea tropical, donde a menudo representa una base importante para las economías locales, así como una materia prima para la industria de ese mismo lugar.

Mundialmente Indonesia y Malasia concentran el 85% de la producción, en Ecuador según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (ESPAC) en el año 2012, se registró 4 provincias principalmente con mayor producción de palma africana, estas son esmeraldas, Los Ríos, Sucumbíos y Pichincha (Santo Domingo de los Tsachilas).

Superficie, Producción y Rendimientos Provinciales				
PROVINCIA	Superficie Sembrada	Superficie Cosechada	Producción	Rendimiento
	(ha)	(ha)	(tm)	(tm/ha)
Total Nacional	240,333	198,578	2,649,051	13.34
Esmeraldas	121,163	102,813	1,119,496	10.89
Los Ríos	38,000	27,854	376,674	13.52
Sucumbios	25,547	20,587	508,742	24.71
Pichincha	20,448	19,187	225,286	11.74
Otras	35,175	28,137	418,852	14.89

Figura 8. Provincias productoras de Palma Africana
Fuente: (ESPAC, 2012)

En el Ecuador la mayor parte de tierras cultivadas con cocotero se encuentran ubicadas en la planicie costera del país y en algunas de sus islas, principalmente en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos y El Oro. Donde se encuentra el 85% del total cultivado. Sin embargo, puede encontrarse cultivado hasta los 400 metros sobre el nivel del mar (PILLACHO, 2007).

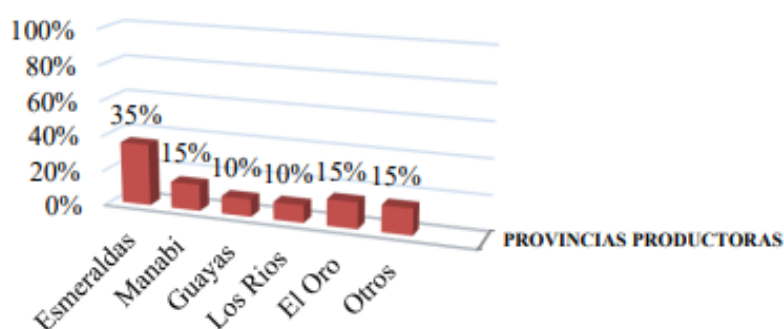


Figura 9. Porcentaje de Producción de Coco región Costa
Fuente: (P. Rodríguez ,2007)

La producción del coco en Ecuador en el año 2008, según VILLEGAS y VÉLEZ (2008), fue la siguiente:

Tabla 1.

Producción de coco en el Ecuador (2008)

PROVINCIAS DEL ECUADOR	PRODUCCION DE COCO (t/ha)	PORCENTAJE
Manabí	11 001	0.90
Esmeraldas	66 000	5.45
Guayas	1568	0.13
Sucumbíos	770 000	63.65
Napo	260 000	21.50
Orellana	95 000	7.85
Galápagos	6 000	0.50

Fuente: (Villegas Girón & Vélez Cervantes 2008)

El total de la producción de coco en la provincia de Esmeraldas fue de 66 mil hectáreas de las cuales 20 mil correspondían al cantón Muisne, 30 mil al cantón Eloy Alfaro y 16 mil al cantón San Lorenzo; esta provincia se caracteriza por ser zona netamente cocotera del país. (INEC, 2015)

CAPITULO III.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y PRUEBAS

3.1. Análisis y selección del procedimiento del diseño experimental

3.1.1. Confiabilidad

El grado de confiabilidad se obtendrá de acuerdo a los resultados obtenidos y los métodos utilizados en cada una de las pruebas, dentro de nuestro estudio los resultados no serán tan comparativos debido a que no existen datos en lo que se refiere en propiedades mecánica y física, en las térmicas el poder calórico se podrá comparar con los resultados obtenidos ya que si existen datos expuestos por el Atlas energético del Ecuador.

3.1.2. Procedimiento para determinación del grado de confiabilidad

Existen dos tipos de procedimientos para la confiabilidad:

Test- Retest: procedimiento en el cual se utiliza un mismo instrumento en dos momentos diferentes a una misma población o muestra (Gustavo Ramón S, 2006).

Formas alternativas o paralelas: al contrario del procedimiento anterior se utilizan dos instrumentos (que no son iguales pero que son similares en contenido, instrucciones o duración) a un mismo grupo de sujetos en diferentes momentos. Los resultados deben correlacionarse positivamente (Gustavo Ramón S, 2006).

El grado de confiabilidad se obtendrá de acuerdo al proceso de medición, el cual es eliminar los factores de error en el proceso. Un ejemplo de cálculo será:

$$C = \frac{Po}{Po + E}$$

C= Confiabilidad

Po= Puntaje obtenido

E= Error

Mientras más se aproxime a la unidad, el grado de confiabilidad es más alto (Gustavo Ramón S, 2006).

Para nuestro estudio se tomará el procedimiento Test- Retest, ya que se utilizará el mismo equipo en muestras diferentes, cada equipo será distinto para los ensayos pertinentes.

3.1.3. Validez

La validez se refiere al grado en que un instrumento mide una variable, se define en el contexto del uso de la prueba.

Según Salkind (1997), la validez tiene tres aspectos relacionados:

- a) la validez se refiere a los resultados de una prueba y no a la prueba en si misma;
- b) la validez no es una cuestión de Todo o nada; esta puede variar desde poco válida hasta muy válida; y
- c) la validez de los resultados se debe interpretar dentro del contexto en el que ocurre la prueba.

Por lo tanto, la forma de examinar la validez de una prueba es determinar si la prueba se concentra en los resultados de un estudio y si los resultados se entienden dentro del contexto del propósito de la investigación como lo es en nuestro estudio (Gustavo Ramón S, 2006).

3.1.4. Tipos de diseños experimentales

Un diseño experimental es una regla que determina la asignación de las unidades experimentales a los tratamientos, existen diseños estándar que se utilizan con frecuencia como son los siguientes:

- **Diseño completamente aleatorizado**

El experimentador asigna las unidades experimentales a los tratamientos al azar. La única restricción es el número de observaciones que se toman en cada tratamiento.

Naturalmente, este tipo de diseño se utiliza en experimentos que no incluyen factores bloque.

El modelo matemático de este diseño tiene la forma:

$$\text{Respuesta} = \text{Constante} + \text{Efecto Tratamiento} + \text{Error}$$

- **Diseño en bloques o con un factor bloque**

En este diseño el experimentador agrupa las unidades experimentales en bloques, a continuación determina la distribución de los tratamientos en cada bloque y, por último, asigna al azar las unidades experimentales a los tratamientos dentro de cada bloque.

El modelo matemático de este diseño es:

$$\text{Respuesta} = \text{Constante} + \text{Efecto Bloque} + \text{Efecto Tratamiento} + \text{Error}$$

- **Diseños con dos o más factores bloque**

En ocasiones hay dos (o más) fuentes de variación lo suficientemente importantes como para ser designadas factores de bloqueo. En tal caso, ambos factores bloque pueden ser cruzados o anidados.

El modelo matemático de este diseño es:

$$\text{Respuesta} = \text{Constante} + \text{Efecto Bloque Fila} + \text{Efecto Bloque Columna} + \text{Efecto Tratamiento} + \text{Error}$$

Bloques Cruzados				Bloques Anidados			
	Bloque 1				Bloque 1		
	1	2	3		1	2	3
Bloque 2	1	*	*	*	1	*	
	2	*	*	*	2	*	
	3	*	*	*	3	*	
				Bloque 2	4		*
					5		*
					6		*
					7		*
					8		*
					9		*

Figura 10. Esquema de experimento con dos factores bloque

Fuente: (Ramón, S. 2006)

- **Diseños con dos o más factores**

En algunas ocasiones se está interesado en estudiar la influencia de dos (o más) factores tratamiento, para ello se hace un diseño de filas por columnas.

El modelo matemático de este diseño es:

Respuesta = Constante + Efecto Factor Fila + Efecto Factor Columna + Efecto Interacción + Error

- **Diseños factoriales a dos niveles**

Los diseños factoriales 2^k son diseños en los que se trabaja con k factores, todos ellos con dos niveles (se suelen denotar + y -). Estos diseños son adecuados para tratar el tipo de problemas descritos porque permiten trabajar con un número elevado de factores y son válidos para estrategias secuenciales sin aumentar excesivamente el número de experimentos a realizar.

3.1.4.1 Selección de la mejor opción.

Debido a que este es una investigación preliminar se ha optado por evaluar los factores que pueden influir en las propiedades de las materias estudiadas. Así para el coco se ha optado por analizar la edad y la orientación o zona del cuesco, por esta razón se selecciona el diseño factorial como método simple y confiable

El número de pruebas a realizar serán de acuerdo a la investigación en cada ensayo rigiéndonos a la experimentación de los equipos, ya que se está demostrando características en las cuales la muestra a tratar contienen un numero de variables alto, ya que influye la zona de cultivo, fecha de cultivo, entre otras.

3.2. Cuesco de Palma Africana

3.2.1. Propiedades mecánicas de los materiales

Las propiedades mecánicas interesadas en este trabajo son específicamente dos: Resistencia a la flexión y dureza de los materiales, ya que conociendo estas propiedades se podrá añadir cualquiera de estas biomásas en un proceso de producción.

3.2.2. Pruebas de esfuerzo en flexión.

Con apoyo en las normas ASTM D143 y ASTM D198, las cuales nos permiten conocer las dimensiones de probetas para realizar un ensayo de flexión, se consideró de acuerdo a la máquina de ensayo a utilizar las siguientes medidas:

Longitud: 66 mm

Sección Rectangular: $4 \pm 1 \times 4 \pm 1$

Comparando las medidas de los residuos de cuesco de palma africana con las medidas acondicionadas de las normas, se consideró no realizar este ensayo en el cuesco de palma africana ya que no se obtendrá resultados adecuados.

3.2.3. Ensayo de Dureza.

La dureza es una propiedad de los materiales que depende de la deformación ocasionada por una penetración de un material más duro del que se está ensayando.

Existen cuatro ensayos de dureza por penetración localmente y los más comunes son los siguientes:

Rockwell

El método Rockwell es considerado un método rápido, utilizado para control de producción con una lectura directa, ya que se calcula midiendo la profundidad de penetración después de incrustar un penetrador a una carga determinada. El símbolo o nomenclatura de esta dureza es “HR”. (Norma ASTM E18)

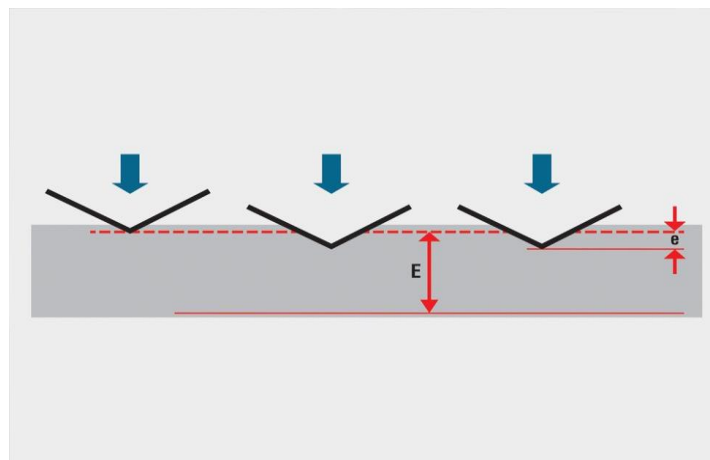


Figura 11. Forma de penetración en dureza Rockwell
Fuente: (K. Chávez., 2015)

Brinell

La penetración Brinell muestra una impresión de huella grande con una bola de carbón de tungsteno (HBW), la cual se lee ópticamente a fin de determinar la dureza. Las aplicaciones comunes son materiales forjados y fundidos cuyos elementos estructurales son de gran tamaño e inhomogéneos.

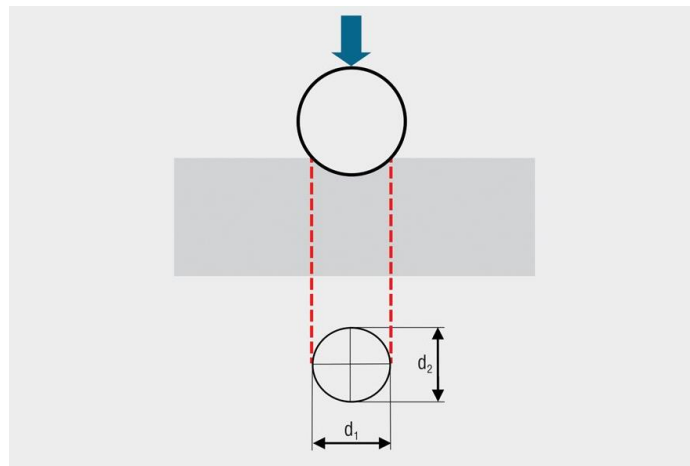


Figura 12. Forma de penetración en dureza Brinell
Fuente: (K. Chávez., 2015)

Vickers

En lo que consiste la dureza Vickers (HV) se determina midiendo las longitudes diagonales causadas por una penetración realizada a través de introducir un penetrador piramidal de diamante con una carga dada en una probeta.

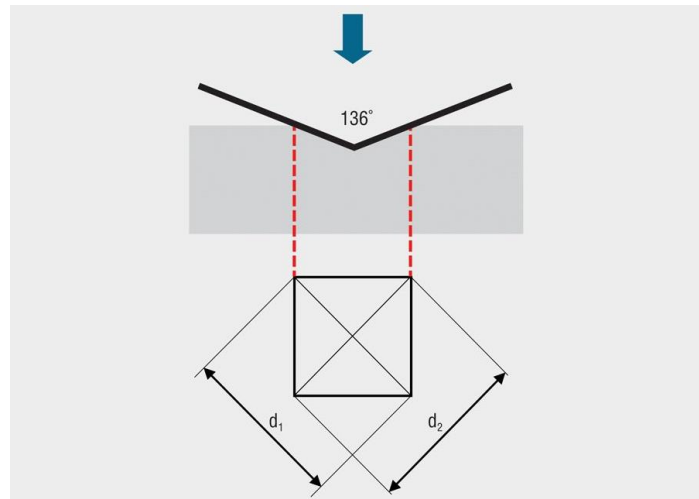


Figura 13. Geometría de penetración dureza Vickers
Fuente: (K. Chávez., 2015)

Knoop

La dureza Knoop (HK) es un método de ensayo paralelo a los ensayos Vickers dentro del rango de microdurezas, que permite superar las fracturas en los materiales quebradizos (cerámica), como también facilitar ensayos en capas finas. El penetrador es un diamante piramidal asimétrico. El tamaño del penetrador está basado en la medida de una diagonal longitudinal que se lee ópticamente a fin de determinar la dureza.

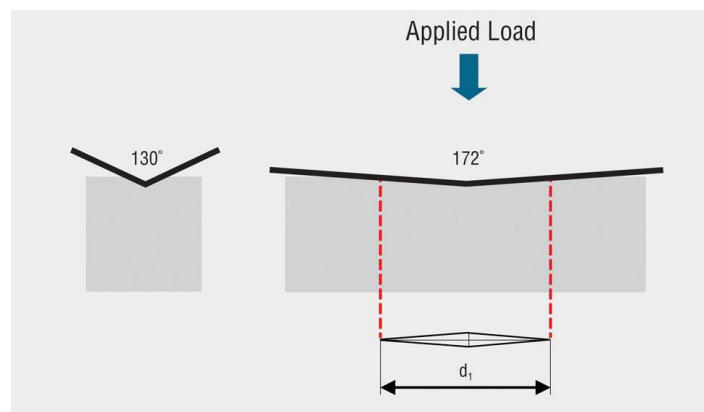


Figura 14. Geometría de penetración Dureza Knoop
Fuente: (K. Chávez., 2015)

Dentro de la investigación, la estructura del cuesco de palma africana no permite realizar ensayos de dureza con fuerza de penetración elevada, ya que son materiales quebradizos.

Con la especialización del laboratorio de Ciencias de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, se realizó una prueba con los cuescos sin encapsular para verificar si se logra obtener resultados aceptables, detectando fallos a través de ese procedimiento, por lo que se decidió encapsular las muestras y realizar micro dureza debido a la estructura de fibras que contienen las muestras investigadas.



Figura 15. Cuesco de Palma Africana encapsuladas
Fuente: (Lab. Materiales UFA-ESPE, 2018)

Debido a la baja dureza de las muestra se utilizará Dureza Vickers, a través del equipo Microdurómetro, ya que este nos indica el valor de dureza aceptada en cada muestra.

Se encapsularán tres unidades por probeta de cuesco de palma, así logramos obtener tres mediciones por cada unidad para obtener un valor promedio de dureza en cada muestra.



Figura 16. Microdurómetro Digital
Fuente: (Lab. Materiales UFA-ESPE, 2018)

A continuación se detalla el número de pruebas realizadas para obtener el valor de dureza del cuesco de palma africana, cabe especificar que la carga de penetración será de 200 grf.

Tabla 2.

Datos de dureza obtenidos para Cuesco de Palma africana.

CUESCO DE PALMA AFRICANA				
CÁPSULA	Probeta	Probeta	Probeta	Promedio
1	1	2	3	27,522
	23	24,3	21,4	
	25,7	37,2	26,3	
2	27	14,7	25,2	22,367
	23,7	30,1	14,1	
	26,8	26,3	13,4	
3	25,9	27,6	17,4	23,611
	23,8	29,7	16,5	
	32,4	26,2	13	
Promedio total				24,5

En consecuencia de valores erróneos por fallas visuales en el microscopio se reajusta el valor promedio eliminando valores lejos del promedio calculado.

Tabla 3.

Datos de dureza ajustados de Cuesco de Palma Africana

CAPSULA	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio	Desv. Estándar
1	23	24,3	-----	28,288	5,304
	25,7	37,2	26,3		
	26,1	35,9	27,8		
2	27	----	25,2	26,517	2,138
	23,7	30,1	----		
	26,8	26,3	----		
3	25,9	27,6	----	27,600	3,057
	23,8	29,7	----		
	32,4	26,2	----		
Promedio total				27,468	$\bar{\sigma} = 3,499$

3.2.4. Densidad de materiales.

DENSIDAD APARENTE

Existen varias maneras para lograr determinar la densidad de un material, gracias a los instrumentos y materiales existentes en el Laboratorio de ensayos de suelos de la carrera de Ingeniería Civil, por lo que se desarrollaron dos maneras, las cuales fue utilizando parafina y utilizando mercurio.

Con la parafina, es el método utilizado cuando las muestras o probetas tienen una densidad mayor a la unidad, la cual será utilizada para el cueco de palma africana; muestras o probetas con densidades menores a la unidad es necesario utilizar el método con mercurio.



Figura 17. Parafina Líquida
Fuente: (Lab. Ensayo Materiales UFA-ESPE, 2018)

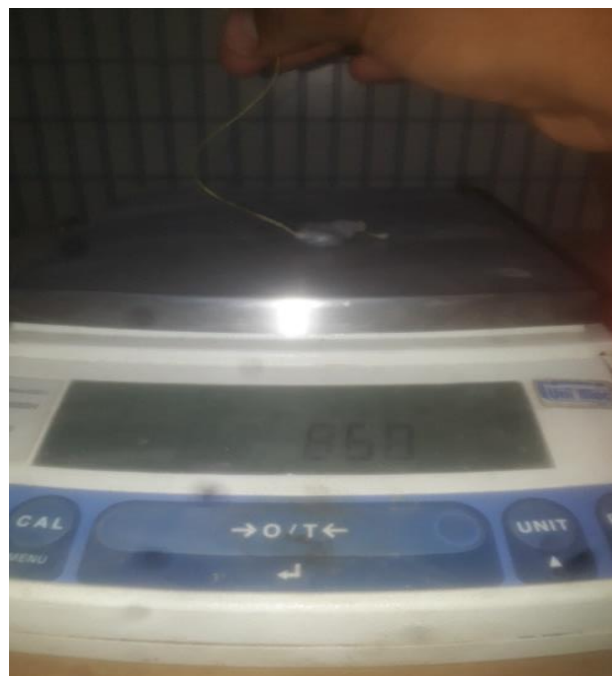


Figura 18. Control de masa de muestra
Fuente: (Lab. Ensayo Materiales UFA-ESPE, 2018)



Figura 19. Control de masa de muestra en agua
Fuente: (Lab. Ensayo Materiales UFA-ESPE, 2018)

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO.

- Peso de probeta.
- Peso de probeta con parafina.
- Peso de probeta con parafina dentro del agua.
- Restar Peso de probeta del Peso de probeta con parafina.
- Dividir el resultado de la resta anterior con la densidad de la parafina para obtener el volumen de parafina.
- Realizar la diferencia entre el peso de probeta con parafina, con el peso de probeta con parafina en el agua, obteniendo el volumen de muestra con parafina.
- Realizamos la diferencia entre volumen de muestra con parafina, con el volumen de parafina, obteniendo Volumen de la muestra.

- Determinar la densidad aparente con el cociente entre el peso de la probeta con el volumen de la muestra calculado.

Ejemplo de cálculo:

Peso probeta: 0,920 gr

Peso probeta con parafina: 1,69 gr

Peso probeta con parafina dentro de agua: 0,110 gr

$$\text{Volumen de Parafina} = \frac{(\text{Peso probeta con parafina} - \text{Peso probeta})}{\text{Densidad de Parafina}}$$

$$\text{Volumen de Parafina} = \frac{(1,690 - 0,920)gr}{0,86 \frac{gr}{cm^3}} = 0,895cm^3$$

Volumen Muestra – Parafina

$$= \frac{(\text{Peso probeta con parafina} - \text{Peso probeta parafina dentro de agua})}{\text{Densidad del agua}}$$

$$\text{Volumen Muestra – Parafina} = \frac{(1,69 - 0,110)gr}{1 \frac{gr}{cm^3}} = 1,58 cm^3$$

Volumen probeta = Volumen (Muestra – Parafina) – Volumen de Parafina

$$\text{Volumen probeta} = 1,58 - 0,895 = 0,685 cm^3$$

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{\text{Peso probeta}}{\text{Volumen probeta}} = \frac{0,920 gr}{0,685 cm^3} = 1,34 \frac{gr}{cm^3}$$

Tabla 4.
Valores de muestras para determinar densidades aparentes de Cuesco De Palma Africana

Denominación	Peso muestra	Peso con Parafina	Peso Parafina agua	V. Parafina	V. muestra-paraf.	V. de prob.	Den. Apar ent	D. Están dar
CUESCO PALMA AFRICANA								
PROB 1	0,920	1,690	0,110	0,895	1,580	0,685	1,344	0,046
PROB 2	0,810	1,540	0,090	0,849	1,450	0,601	1,347	
PROB 3	1,320	2,260	0,220	1,093	2,040	0,947	1,394	
PROB 4	0,480	1,020	0,060	0,628	0,960	0,332	1,445	
PROB 5	1,320	2,300	0,220	1,140	2,080	0,940	1,404	
PROB 6	0,510	1,120	0,060	0,709	1,060	0,351	1,454	
PROB 7	0,860	1,570	0,150	0,826	1,420	0,594	1,447	
PROB 8	1,200	2,060	0,220	1,000	1,840	0,840	1,429	
PROB 9	0,720	1,390	0,110	0,779	1,280	0,501	1,437	
PROB 10	1,000	1,810	0,120	0,942	1,690	0,748	1,337	
					Promedio	1,404		

DENSIDAD REAL

En lo que se refiere a la densidad real, se la obtiene con el método de variación de masa, ya que las probetas deben estar saturadas, es decir con los poros llenos de agua para ser pesados nuevamente, debido a la diferencia de masas se obtendrá el volumen de agua en cada probeta ya que la densidad de agua es 1 gr/cm³, lo que nos permitirá conocer la densidad real de cada probeta o muestra.



Figura 20. Muestras de cuesco saturadas
Fuente: (Lab. Ensayo Materiales UFA-ESPE, 2018)

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO.

- Peso de probeta.
- Peso de probeta saturada.
- Peso de probeta saturada dentro del agua.
- Restar Peso de probeta en el agua del Peso de probeta saturada.
- Dividir el resultado de la resta anterior con la densidad del agua para obtener el volumen de la probeta saturada.
- Realizar la diferencia entre el peso de probeta saturada con el peso de probeta, obteniendo el volumen de agua en los poros de las probetas.
- Determinar el volumen de la muestra, sustrayendo el volumen de la probeta saturada con el volumen de agua en los poros.

- Determinar la densidad real con el cociente entre el peso de la probeta con el volumen de la muestra.

Ejemplo de cálculo:

Peso probeta: 0,86gr

Peso probeta saturada: 0,91gr

Peso probeta saturada dentro de agua: 0,21gr

Volumen saturado probeta

$$= \frac{(\text{Peso probeta saturada} - \text{Peso probeta saturada dentro de agua})}{\text{Densidad del agua}}$$

$$\text{Volumen saturado probeta} = \frac{(0,91 - 0,21)gr}{1 \frac{gr}{cm^3}} = 0,7cm^3$$

Volumen de agua en los poros

$$= \frac{(\text{Peso probeta saturada} - \text{Peso probeta sin saturar})}{\text{Densidad del agua}}$$

$$\text{Volumen de agua en los poros} = \frac{(0,91 - 0,86)gr}{1 \frac{gr}{cm^3}} = 0,05 cm^3$$

Volumen probeta = Volumen saturado probeta – Volumen de agua en los poros

$$\text{Volumen probeta} = 0,7 - 0,05 = 0,65 cm^3$$

$$\text{Densidad Real} = \frac{\text{Peso probeta sin saturar}}{\text{Volumen probeta}} = \frac{0,86 gr}{0,65 cm^3} = 1,32 \frac{gr}{cm^3}$$

Tabla 5.
Valores de muestras para determinar densidades reales de Cuesco de Palma Africana

Denominación	Peso muestra	Peso Muestra saturada	Peso Saturado agua	V. Probeta saturada	V. Agua en poros	V. probeta	Dens Real	Desv. Estándar
CUESCO PALMA AFRICANA								
PROB 1	0,860	0,910	0,210	0,700	0,050	0,650	1,323	0,059
PROB 2	0,640	0,670	0,200	0,470	0,030	0,440	1,455	
PROB 3	0,500	0,530	0,130	0,400	0,030	0,370	1,351	
PROB 4	0,860	0,870	0,170	0,700	0,010	0,690	1,246	
PROB 5	0,650	0,680	0,180	0,500	0,030	0,470	1,383	
PROB 6	0,930	0,970	0,280	0,690	0,040	0,650	1,431	
PROB 7	0,690	0,730	0,190	0,540	0,040	0,500	1,380	
PROB 8	0,880	0,910	0,240	0,670	0,030	0,640	1,375	
PROB 9	0,800	0,860	0,240	0,620	0,060	0,560	1,429	
PROB 10	0,910	0,970	0,250	0,720	0,060	0,660	1,379	
Promedio							1,375	

3.2.5 Porosidad

El porcentaje de porosidad se obtiene realizando el siguiente cálculo con las densidades aparentes y reales:

$$\text{Porosidad} = \frac{\rho_{\text{REAL}} - \rho_{\text{APARENTE}}}{\rho_{\text{REAL}}} \times 100$$

Ejemplo de cálculo:

$$\rho_{\text{APARENTE}} = 1,344 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_{\text{REAL}} = 1,323 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Porosidad} = \frac{1,344 - 1,323}{1,344} \times 100 = 1.56 \%$$

Tabla 6.
Valores de porosidad en Cuesco de Palma Africana

Denominación	Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)
CUESCO PALMA AFRICANA			
PROB 1	1,344	1,323	1,563
PROB 2	1,347	1,455	7,367
PROB 3	1,394	1,351	3,149
PROB 4	1,445	1,246	15,966
PROB 5	1,404	1,383	1,488
PROB 6	1,454	1,431	1,641
PROB 7	1,447	1,380	4,840
PROB 8	1,429	1,375	3,896
PROB 9	1,437	1,429	0,613
PROB 10	1,337	1,379	3,056
	1,404	1,375	2,081

Debido a factores externos o errores de mala operación, se realiza la eliminación de valores no consistentes con los valores generales y obtener un valor más confiable y preciso.

Tabla 7.
Valores ajustados de porcentaje de porosidad de Cuesco de Palma Africana.

Denominación	Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Des. Estándar
CUESCO PALMA AFRICANA				
PROB 1	1,344	1,323	1,563	1,30
PROB 2	1,347	1,455	----	
PROB 3	1,394	1,351	3,149	
PROB 4	1,445	1,246	----	
PROB 5	1,404	1,383	1,488	
PROB 6	1,454	1,431	1,641	
PROB 7	1,447	1,380	4,840	
PROB 8	1,429	1,375	3,896	
PROB 9	1,437	1,429	----	
PROB 10	1,337	1,379	3,056	
	1,404	1,375	2,805	

3.2.6. Conductividad térmica

La propiedad de conductividad térmica, determina la capacidad de transmitir el calor entre los componentes de un material, en nuestro caso es a granel, ya que el cuesco se mantiene triturado para verificar su conductividad.

El Coeficiente de Conductividad Térmica (λ), indica la cantidad de calor que se necesita para un área determinada, se muestra en la Figura 21 algunos materiales con su respectivo coeficiente para transmisión de calor:

Material	λ	Material	λ	Material	λ
Acero	47-58	Corcho	0,03-0,04	Mercurio	83,7
Agua	0,58	Estaño	64,0	Mica	0,35
Aire	0,02	Fibra de vidrio	0,03-0,07	Níquel	52,3
Alcohol	0,16	Glicerina	0,29	Oro	308,2
Alpaca	29,1	Hierro	80,2	Parafina	0,21
Aluminio	237	Ladrillo	0,80	Plata	406,1-418,7
Amianto	0,04	Ladrillo refractario	0,47-1,05	Plomo	35,0
Bronce	116-186	Latón	81-116	Vidrio	0,6-1,0
Zinc	106-140	Litio	301,2	Cobre	372,1-385,2
Madera	0,13	Tierra húmeda	0,8	Diamante	2300
Titanio	21,9				

Figura 21. Conductividad Térmica de diversos Materiales

Fuente: (David R. Lide (2009))

Para lograr la obtención de este coeficiente en el cuesco de palma africana es necesario utilizar el equipo instalado en el Laboratorio de Termodinámica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, el cual es llamado Máquina de Conductividad Térmica.



Figura 22. Máquina de Conductividad Térmica
Fuente: (Lab. Termodinámica, UFA-ESPE, 2018)

A través de la fórmula de conductividad térmica se inicia para la elaboración de un programa en Excel para obtener el coeficiente de conductividad (λ), la fórmula es la siguiente:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda * A \frac{T_c - T_f}{\varepsilon}$$

Donde:

ΔQ : calor transferido en el intervalo de tiempo Δt

T_c : Temperatura del foco caliente

T_f : Temperatura de foco frío

A: Area transversal

ε : Espesor de la lámina

λ : Coeficiente de conductividad térmica

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

- Moler el cuesco de palma africana.



Figura 23. Cuesco Molido

- Introducir el cuesco en un cubo de 15 x 15 cm con un espesor de 4,6 cm forrarlo con papel aluminio para compactar.



Figura 24. Cubo de poliespuma

- Realizar dos bloques compuestos para colocar en el equipo de conductividad.
- Encender el equipo una vez montados los bloques elaborados y monitorear el voltaje necesario para llegar a una estabilidad de temperaturas entre el foco y la guarnición.

- Una vez estabilizados, se debe tomar las temperaturas cada 30 minutos, repetir las lecturas por seis ocasiones.
- Ya con los datos obtenidos, ingresamos al programa del equipo y nos proporciona el valor del coeficiente de conductividad térmica.

Se realiza el ensayo con un bloque a granel de cuesco de palma africana un peso de 669 gr y un volumen de 1035 cm³, obteniendo una densidad aparente de 0.646 gr/cm³, el cual cada pedacito de grano tiene un peso de 0.1 gr.

Tabla 8.

Datos de temperaturas en cuesco de palma africana

Hora		7H15	7H45	8H30	9H00	9H30	10H00	10H30
T1	°C	19,1	19,2	19,1	19,1	19,2	19,2	19,2
T2	°C	19,1	19	19	19,1	19,2	19,2	19,2
T3	°C	12,5	12,6	12,6	12,8	12,8	12,9	12,9
T4	°C	14,1	14,1	14,1	14,2	14,2	14,3	14,3
V	V	2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1

Unidades a utilizar

%H	%
t	°C
P1	Gr
P2	Gr
t sistema enf.	°C

Tabla 9.

Cálculo para obtención de coeficiente térmico en cuesco de palma africana.

Qtota	W	1,3333	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47		
l										
Q	W	0,7586	0,829	0,830	0,826	0,825	0,826	0,8267		
ΔT	°K	6,6	6,6	6,5	6,3	6,4	6,3	6,3		
A	m²	0,0225	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,0225		
			5	5	5	5	5			
L	M	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046		
λ ajust	W/°K. m	0,2349	0,256	0,261	0,268	0,263	0,268	0,2683	promedio	0,2602
λconv	W/°K. m	0,2065	0,227	0,231	0,238	0,234	0,238	0,2385	promedio	0,2308

3.2.7. Capacidad calorífica

El poder calórico de un combustible, es posible conocerlo a través de equipos especializados como lo es una Bomba Adiabática de calor, la cual se encuentra disponible en el Laboratorio de Motores de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE.



Figura 25. Bomba Adiabática

Fuente: (Lab. MCI UFA-ESPE, 2018)

Con la utilización de este equipo se logrará conocer el valor de poder calórico de las muestras en investigación y obtener una comparación con datos registrados en el Atlas Bioenergético del Ecuador.

El tamaño de grano de las muestras es alrededor de 10 mm ya que se debe tener un peso exacto de 0.8 gramos para obtener resultados confiables.

PROCEDIMIENTO

- Verificar que el equipo se encuentre calibrado.
- Pesar la muestra a quemar, obtener un peso exacto de 0,8 gramos.
- Introducir en el crisol y montar en la bomba ya configurada.
- Presurizar oxígeno a 15 PSI en la bomba.
- Establecer una temperatura inicial de 21 °C para iniciar el funcionamiento del equipo.
- Iniciar la inflamación hasta verificar que la temperatura vaya aumentando.
- Establecer la temperatura final de combustión.
- Realizar los cálculos pertinentes.

Ejemplo de cálculo:

Capacidad Calorica Total del aparato $\left(\frac{J}{^{\circ}C}\right)$: 11022,5

Peso de la muestra (gr): 0,8

Temperatura inicial (°C): 21

Temperatura final (°C): 22,27

Elevación de temperatura (°C): *Temperatura final* – *Temperatura inicial*

Elevación de temperatura (°C): 22,27 – 21 = 1,27

Energia total liberada (J): *Elevación de temperatura* x *C. Calorica Total del aparato*

Energía total liberada (J): $1,27 \times 11022,5 = 13998,58$

$$\text{Valor Calórico de la muestra } \left(\frac{J}{gr}\right): \frac{\text{Energía total liberada}}{\text{Peso de la muestra}} = \frac{13998,58}{0,8}$$

$$= 17498.22$$

Tabla 10.

Poder Calórico de Cuesco de Palma Africana

Denominación	C. Calorífica Equipo (J/°C)	Peso muestra (gr)	Temp. Inicial (°C)	Temp. Final (°C)	Elev. Temp. (°C)	E. Total liberada (J)	Valor Calorífico (J/gr)	Desv. Estándar
Cuesco de palma								
Muestra 1	11022,5	0,8	21	22,27	1,27	13998,57	17498,21	1562,87
Muestra 2	11022,5	0,8	21	22,25	1,25	13778,12	17222,65	
Muestra 3	11022,5	0,8	21	22,5	1,5	16533,75	20667,18	
PROMEDIO							18462,68	

3.3. Cáscara de Coco

3.3.1. Propiedades mecánicas de los materiales

3.3.1.1 Pruebas de ensayo de flexión.

Con apoyo en las normas ASTM D143 y ASTM D198, las cuales nos permiten conocer las dimensiones de probetas para realizar un ensayo de flexión, se consideró de acuerdo a la máquina de ensayo a utilizar las siguientes medidas:

Longitud: 66 mm

Sección Rectangular: $4 \pm 1 \times 4 \pm 1$

Cabe recalcar que esta norma es para materiales como la madera, pero es con quien mayor afinidad se tiene para los materiales investigados, por lo que se acondicionó para su manejo en los ensayos de resistencia mecánica.

Gracias a la ecuación de esfuerzo para vigas curvas tomada del libro de Mecánica de materiales de SINGER, nos proporciona un factor de corrección para obtener el esfuerzo de flexión.

$$\sigma = K * \frac{Mc}{I}$$

El factor K, tiene varias opciones de selección de acuerdo a la geometría de la sección transversal de la probeta, en nuestro caso se tomará la segunda opción:

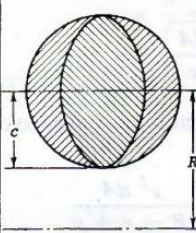
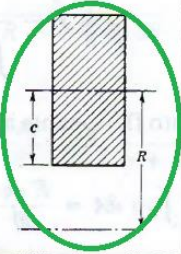
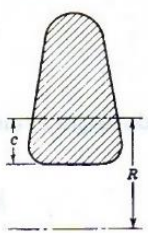
Sección transversal	Círculo o elipse		Rectángulo		Otras secciones (valores medios)	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
						
						
						
					Si la sección es asimétrica R/c se refiere a la fibra interior	
	1.2	3.41	0.54	2.89	0.57	
	1.4	2.40	0.60	2.13	0.63	
	1.6	1.96	0.65	1.79	0.67	
	1.8	1.75	0.68	1.63	0.70	
	2.0	1.62	0.71	1.52	0.73	1.63
	3.0	1.33	0.79	1.30	0.81	1.36
	4.0	1.23	0.84	1.20	0.85	1.25
	6.0	1.14	0.89	1.12	0.90	1.16
	8.0	1.10	0.91	1.09	0.92	1.12
	10.0	1.08	0.93	1.07	0.94	1.10
	20.0	1.03	0.97	1.04	0.96	1.05

Figura 26. Factor de corrección K, para vigas curvas

Fuente: (Mecánica de Materiales, Singer)

Obteniendo la valor del radio de curvatura (R) y el valor de la distancia de la línea neutra de la seccion transversal (c) de las muestras lograremos obtener el numero correspondiente al factor K, el cual a través de la tabla proporcionada por el libro de SINGER para vigas curvas, obtendremos el gráfico del comportamiento de la curva.

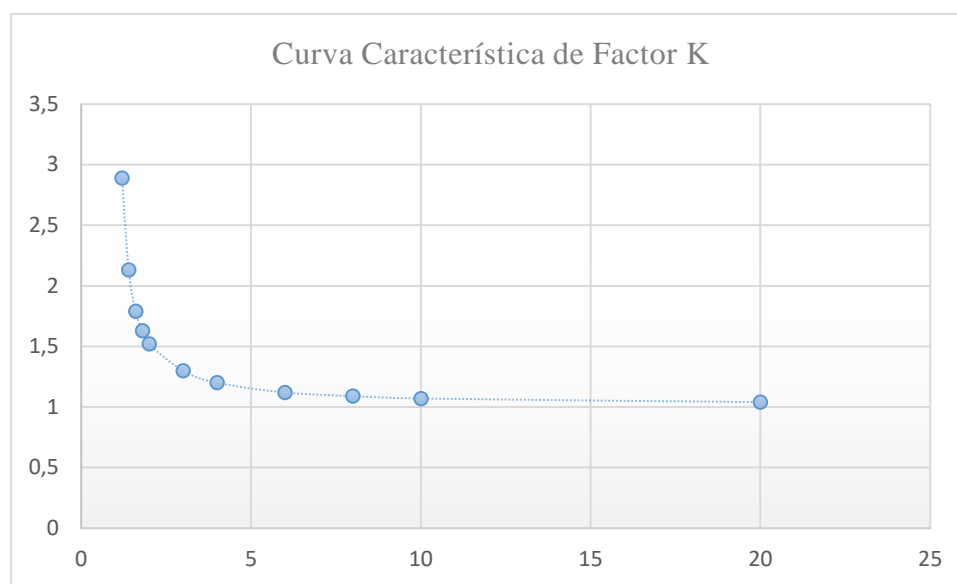


Figura 27. Curva de corrección Factor K

Fuente: (Mecánica de Materiales, SINGER)

Los valores de relación entre Radio de curvatura y distancia de la línea neutra respecto a su sección superan el número máximo (20) que consta en la tabla de corrección del factor K, por lo que es conveniente obtener la siguiente ecuación de extrapolación: $y = 0,000583x^2 - 0,0205x + 1,21667$, la cual será utilizada para obtener el valor del factor K para la rotura de la probeta, es decir mediante la altura de la mediana del arco formado bajo carga del ensayo.

Este valor de mediana será obtenido restando el valor inicial sin carga de la mediana normal del arco, con el valor de deflexión máxima ocasionado por la carga en la rotura.

La fuerza máxima de resistencia antes de la rotura se obtendrá mediante la utilización del equipo de tracción y compresión del Laboratorio de Resistencia de Mecánica de materiales.



Figura 28. Equipo de Tracción y Compresión
Fuente: (Lab. Mecánica Materiales, UFA-ESPE, 2018)

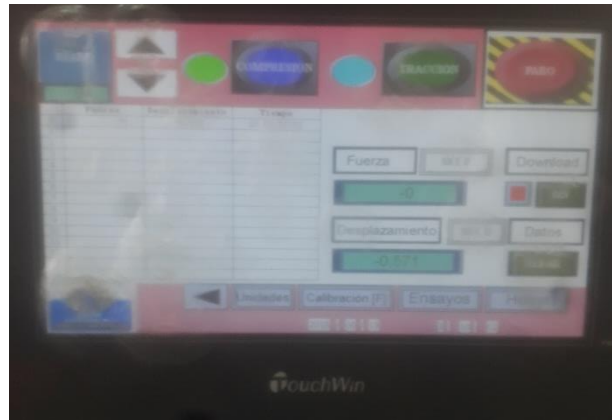


Figura 29. Control Digital

Fuente: (Lab. Mecánica Materiales, UFA-ESPE, 2018)

La zona del coco que se va a trabajar es justamente entre los casquetes superiores e inferiores como muestra la Figura 26:

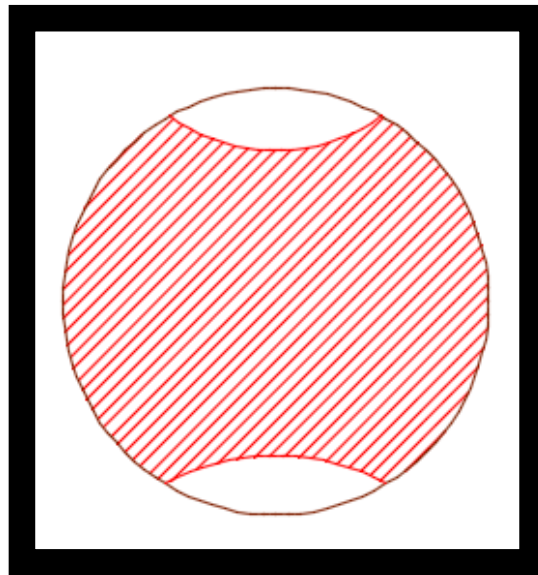


Figura 30. Zona de Investigación del Coco

Dentro de esta zona se extraerán arcos con fibras longitudinales y transversales, es decir paralelas al meridiano de Greenwich y paralelas a la línea Equinoccial.

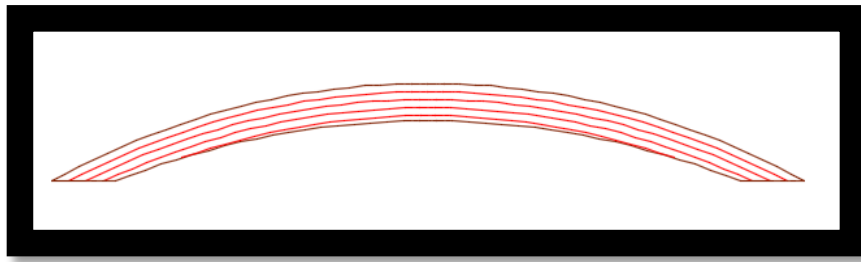


Figura 31. Fibras Longitudinales

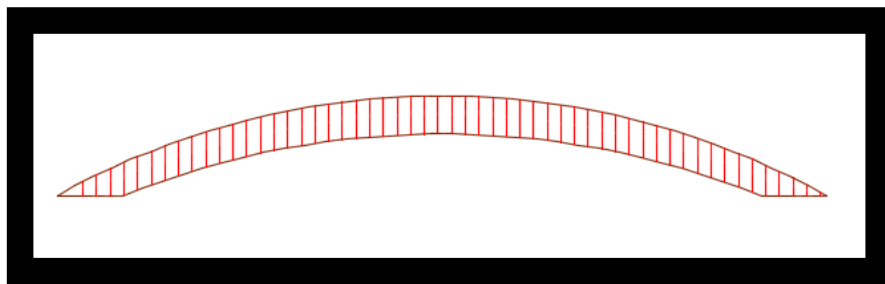


Figura 32. Fibras Transversales

La línea neutra tendrá un desplazamiento contrario a la dirección de aplicación de la carga, provocando que los esfuerzos máximos sean diferentes en la zona de tracción y la de compresión.

Debido a que el material es frágil, se tomarán como valores de resistencia los presentados al momento de la rotura en las fibras sometidas a tracción.

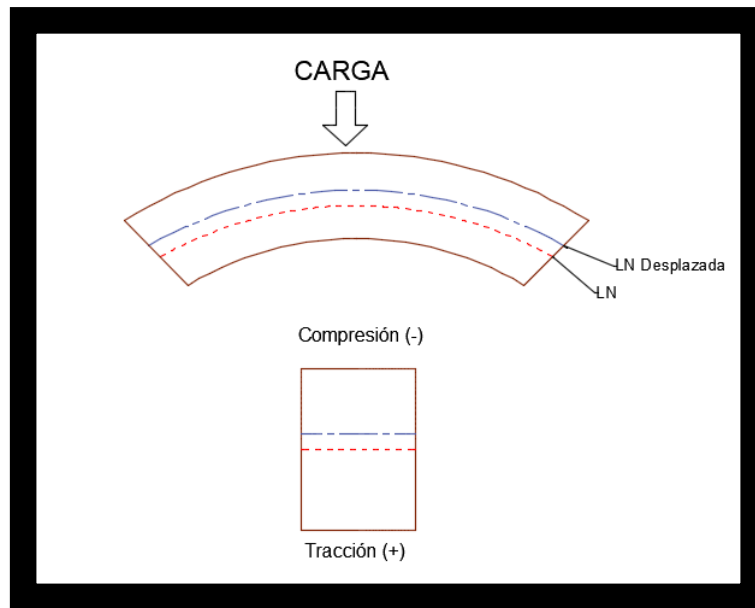


Figura 33. Desplazamiento LN

El momento generado por la carga aplicada es el que muestra la Figura 34.

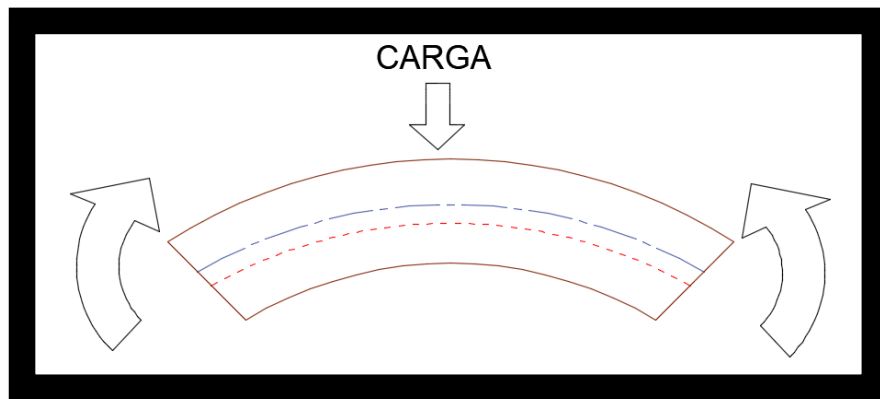


Figura 34. Dirección de Momento generado

Ejemplo de cálculo para obtener Factor K.

Radio de curvatura (R): 55.8 [mm]

Distancia línea Neutra (c): 1.4 [mm]

Cociente de Radio de curvatura con Distancia línea neutra: $55.8/1.4 = 39.85$

Realizando una extrapolación se obtiene como resultado el valor del Factor K: 1.32

Con el Factor K es posible aplicar la fórmula de esfuerzo mostrada anteriormente, ya que se cuenta con la fuerza, distancia, valor de la sección transversal para lograr obtener el esfuerzo en cada probeta.

Ejemplo de cálculo para obtener el esfuerzo:

Fuerza máxima (Rotura): 11.33 [N]

Distancia entre apoyos de viga: 66 [mm]

Base de Sección transversal: 4.49 [mm]

Altura de sección transversal: 2.8 [mm]

Distancia a línea neutra: 1.4 [mm]

$$\text{Inercia: } I = \frac{\text{Base de seccion transversal} \times \text{Altura de seccion transversal}^3}{12} = \frac{4.49 \times 2.8^3}{12} = 8.213 \text{ mm}^4$$

Momento: $M = \text{Fuerza Máxima} \times \text{distancia de apoyo a punto de fuerza} =$

$$11.33 \text{ [N]} \times 33 \text{ [mm]} = 373.89 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

$$\text{Esfuerzo inicial: } \sigma = K * \frac{M * c}{I} = 1.32 * \frac{373.89 \text{ [N} \cdot \text{mm}] * 1.4 \text{ [mm]}}{8.213 \text{ [mm}^4]} = 84.12 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \text{ o } 84.12 \text{ [MPa]}$$

Tabla 11.

Valores de Factor K para arcos obtenidos en la rotura

Coco Joven Dirección Longitudinal		
Coco 1	R/c	Factor K
Probeta 1	60	2,085
Probeta 2	76,52	3,062
Coco 2		
Probeta 1	140,76	9,882
Probeta 2	120,41	7,201
Probeta 3	71,81	2,751

CONTINÚA 

Coco Joven Dirección Transversal		
Coco 1	R/c	Factor K
Probeta 1	36,15	1,237
Probeta 2	72,13	2,771
Coco 2		
Probeta 1	0	1,217
Probeta 2	188,8	18,128
Probeta 3	116,211	6,708
Coco Maduro Dirección Longitudinal		
Coco 1	R/c	Factor K
Probeta 1	49,42	1,627
Probeta 2	52,17	1,734
Coco 2		
Probeta 1	74,28	2,911
Probeta 2	44,6	1,462
Coco 3		
Probeta 1	51,87	1,722
Coco Maduro Dirección Transversal		
Coco 1	R/c	Factor K
Probeta 1	66,43	2,428
Probeta 2	53,02	1,769
Coco 2		
Probeta 1	125,99	7,888
Probeta 2	187,45	17,859
Coco 3		
Probeta 1	57,33	1,958

DATOS Y GRÁFICOS OBTENIDOS EN ENSAYO DE FLEXIÓN DE ACUERDO A LA EDAD DEL COCO Y LAS POSICIONES DE ENSAYO (LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL).

CÓCO JÓVEN

SECCIÓN LONGITUDINAL

CÓCO 1: PROBETA 1:

Esfuerzo Máximo (MPa)
132,93

Diagrama Esfuerzo -Desplazamiento

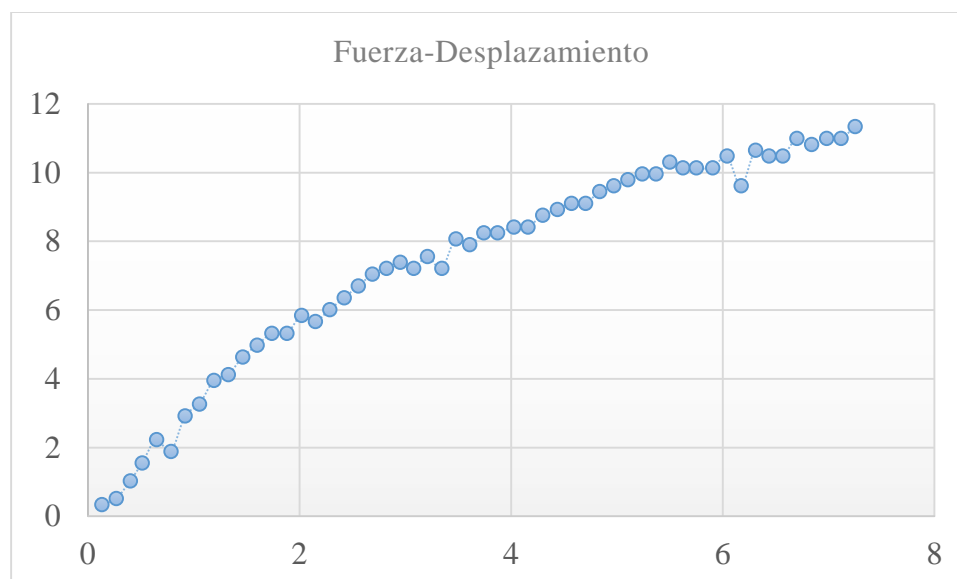


Figura 35. Diagrama Fuerza-Desplazamiento CJL1P1

Interpretación: el diagrama muestra un comportamiento normal, con una zona de deflexión de 7 mm, llegando a su rotura con un esfuerzo de 132.93 MPa considerando un valor de corrección K igual a 1.32.

COCO 1: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
133.91

Diagrama Fuerza - Desplazamiento

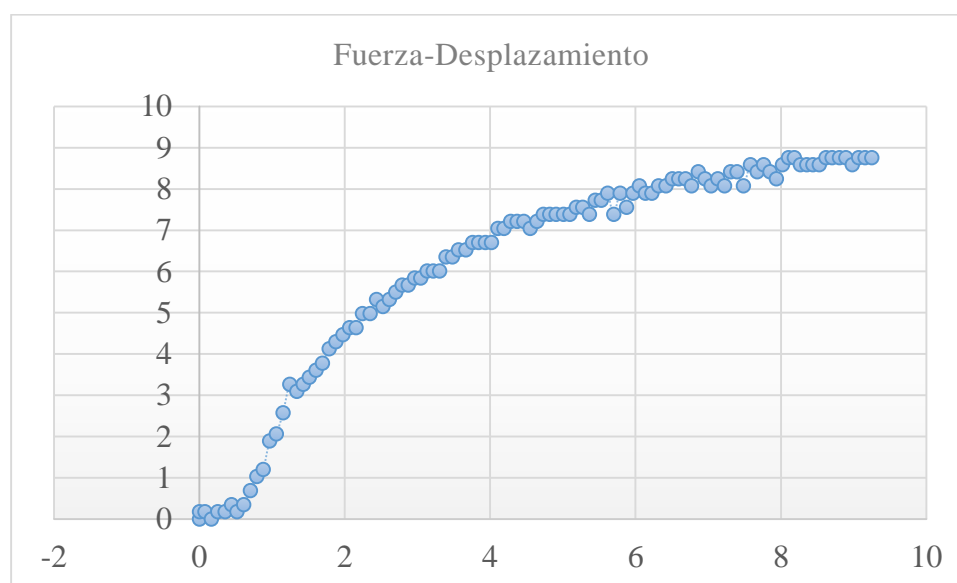


Figura 36. Diagrama Fuerza-Desplazamiento C JL1P2

Interpretación: En la totalidad del diagrama presenta un comportamiento normal, con variaciones en la deflexión dentro de los 4 a 8 mm debido a desvíos de la probeta en los apoyos, el esfuerzo es de 133.91 MPa con un factor de corrección K de 3.06.

COCO 2: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
1000,42

Diagrama Fuerza -Desplazamiento

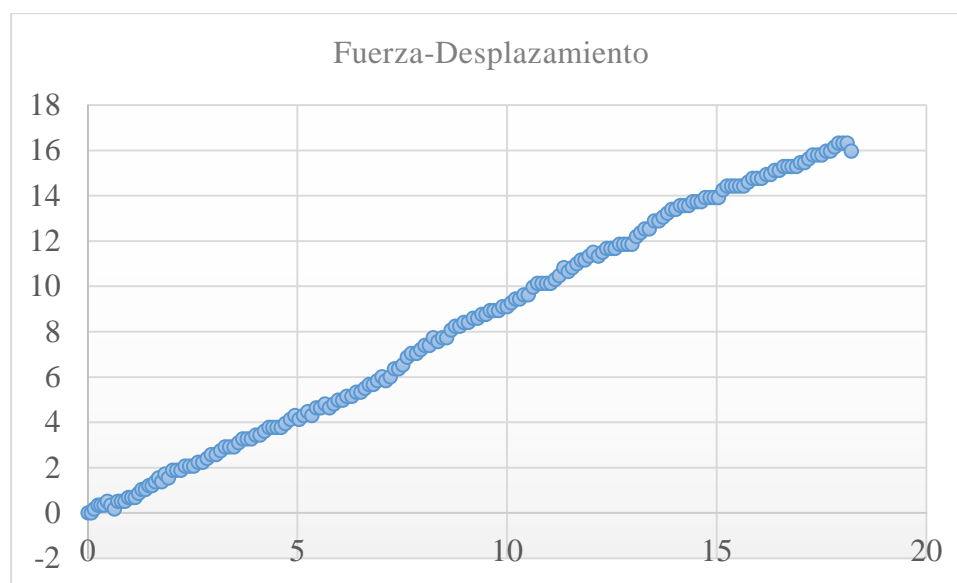


Figura 37. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJL2P1

Interpretación: La grafica indica un mayor control en deslizamientos en los apoyos, tiene tendencia lineal con un esfuerzo máximo de 1000,42 MPa, muestra un factor de corrección K de 9.8, lo que significa que tiene un inconveniente en las fibras que permite obtener mayor deflexión superando la misma mediana inicial.

COCO2: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
368,33

Diagrama Fuerza -Desplazamiento

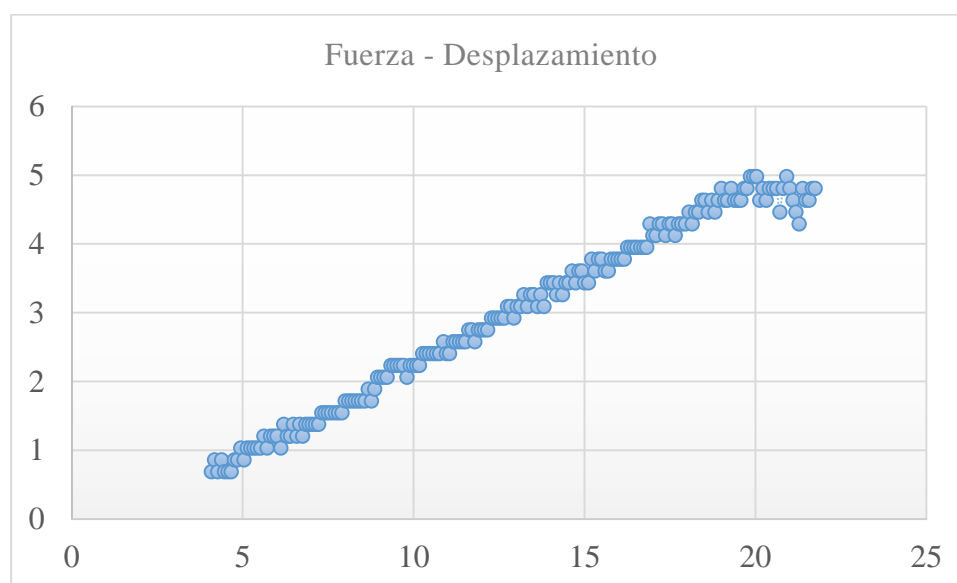


Figura 38. Diagrama Esfuerzo Desplazamiento CJL2P2

Interpretación: el diagrama indica un comportamiento inusual, ya que presenta alta variabilidad debido a la fricción entre el apoyo y la probeta, llega a la rotura con un esfuerzo máximo de 368,33 MPa con un factor de corrección K de 7.2 lo que indica una deflexión mayor a la del peralte inicial del arco sin carga.

COCO2: PROBETA 3.

Esfuerzo Máximo (MPa)
211.6

Diagrama Fuerza -Desplazamiento

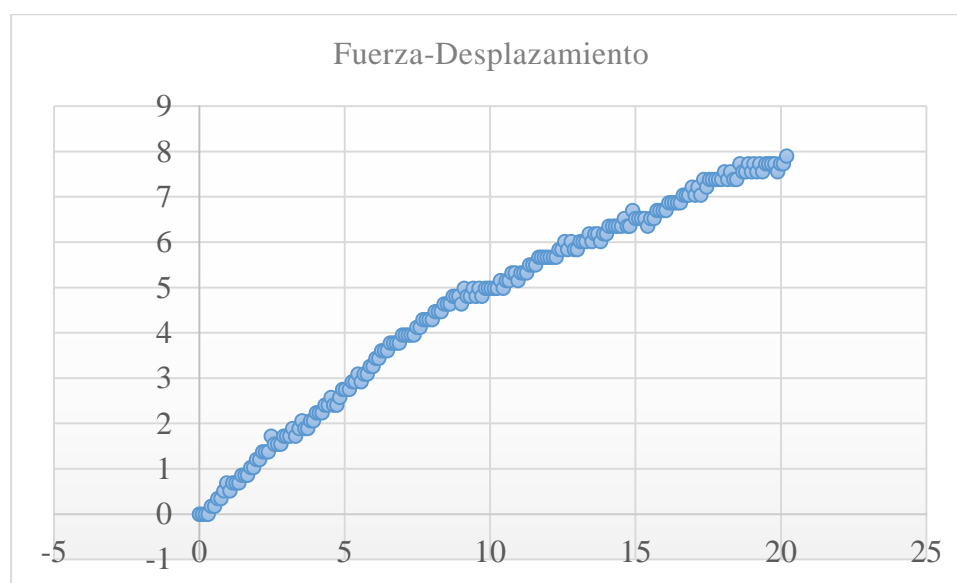


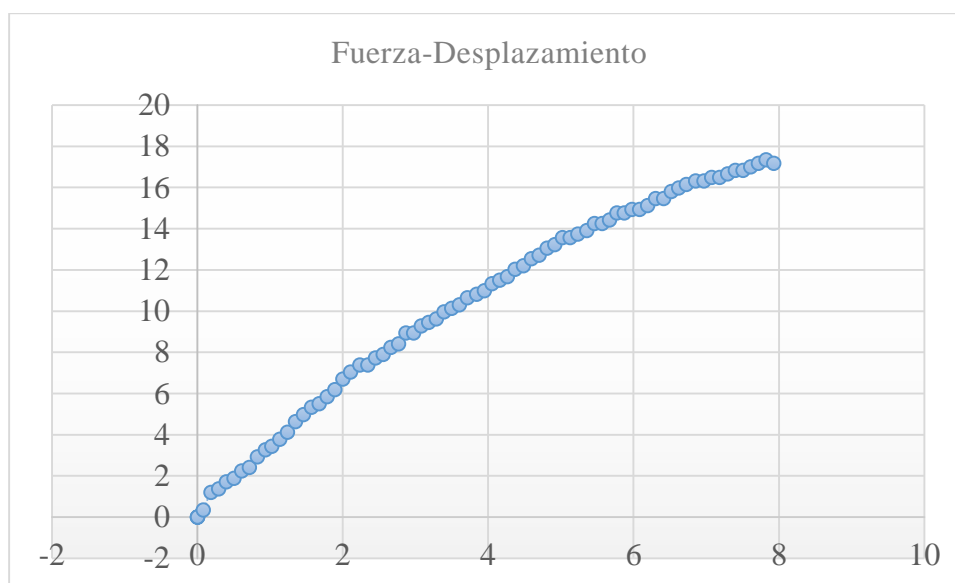
Figura 39. Diagrama Fuerza Desplazamiento total CJL2P3

Interpretación: la figura muestra variaciones en toda su deflexión experimentada debido a los apoyos estáticos, llega a la rotura con un esfuerzo máximo de 211.6 MPa con un factor de corrección K de 2.75.

SECCIÓN TRANSVERSAL

COCO 1: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
83,49

Diagrama Fuerza -Desplazamiento**Figura 40.** Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT1P1

Interpretación: se verifica un comportamiento sin variaciones importantes, existe mejor adherencia en los apoyos, llega a la rotura en 83.49 MPa de esfuerzo máximo, con un factor de corrección K de 1,24.

COCO1: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
108.02

Diagrama Fuerza -Desplazamiento

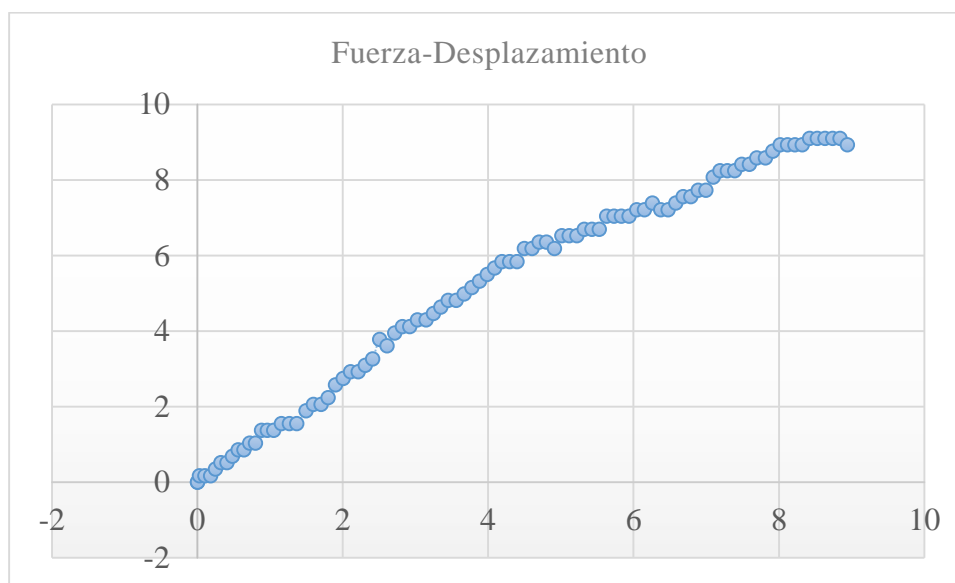


Figura 41. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT1P2

Interpretación: se puede apreciar saltos y variaciones en toda su deflexión, debido a la mala adherencia en los apoyos, llega a la rotura en 108.02 MPa, con un factor de corrección K de 2,77.

COCO 2: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
0.00

Descalibración de Equipo

COCO2: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
2011,22

Diagrama Fuerza -Desplazamiento

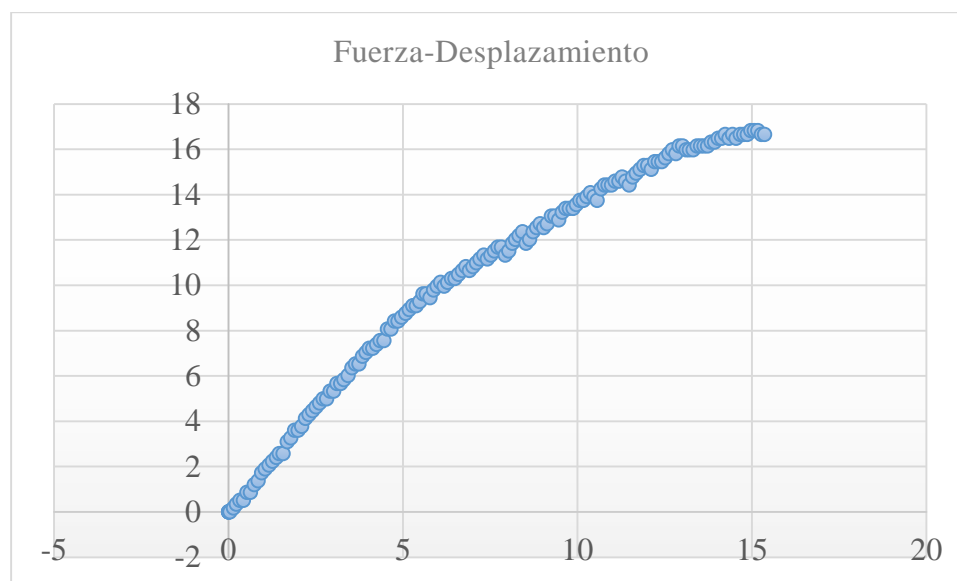


Figura 42. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT2P2

Interpretación: el diagrama indica un comportamiento general normal, pero con variaciones a lo largo de su desplazamiento, esto debido a la traslación de la probeta sobre los apoyos, llega a la

rotura con un esfuerzo máximo de 2011,22 MPa, tiene un factor de corrección K de 18,12 lo que indica un exceso en la deflexión.

COCO 2: PROBETA 3.

Esfuerzo K Máximo (MPa)
434.89

Diagrama Fuerza -Desplazamiento

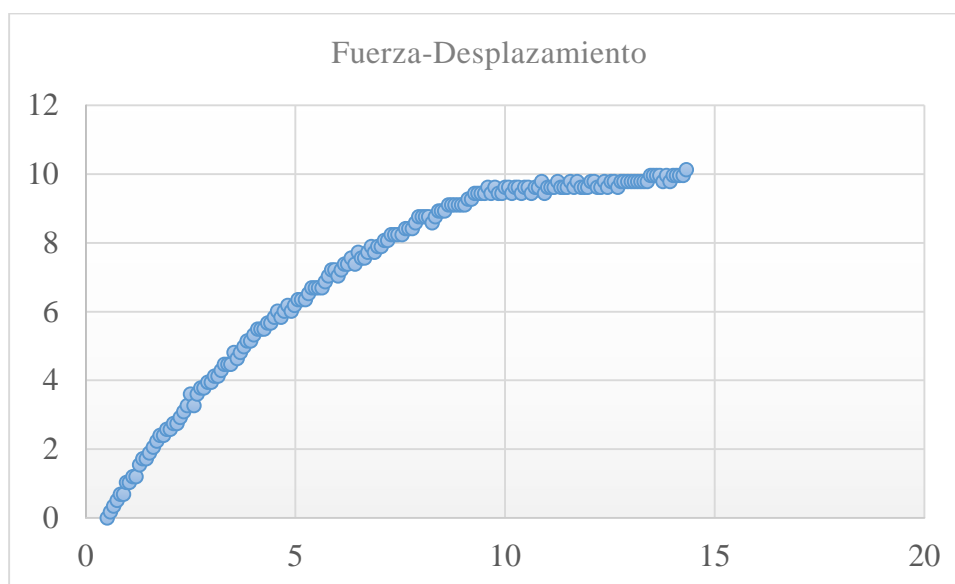


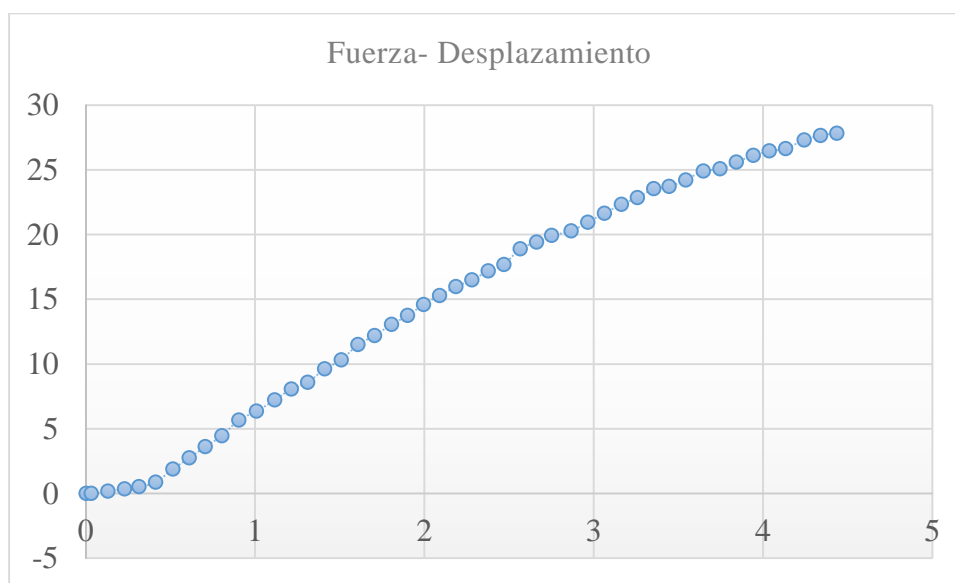
Figura 43. Diagrama Fuerza Desplazamiento CJT2P3

Interpretación: se muestra un comportamiento con variaciones en la deflexión y antes de la rotura, registrando su rigidez con un esfuerzo máximo de 484.89 MPa, con un factor de corrección K de 6,708.

CÓCO MADURO**SECCIÓN LONGITUDINAL**

COCO 1. PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
178,85

Diagrama Fuerza -Desplazamiento**Figura 44.** Diagrama Fuerza Desplazamiento CML1P1

Interpretación: se muestra un comportamiento normal con buen asentamiento en apoyos, su esfuerzo máximo es de 178,85 MPa, con un factor de corrección K de 1,237.

COCO 1: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
207,73

Diagrama Fuerza - Desplazamiento

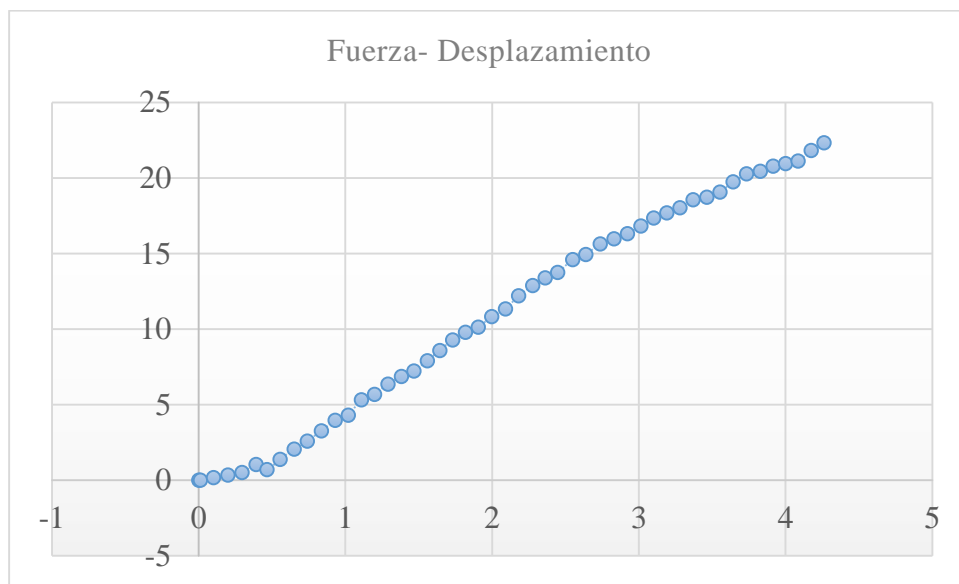


Figura 45. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML1P2

Interpretación: se verifica que las variaciones son mínimas a lo largo de toda su deflexión, por lo que llega a la rotura con 207,73 MPa de esfuerzo máximo, con un factor de corrección K de 1,734.

COCO 2: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
138,15

Diagrama Fuerza- Desplazamiento

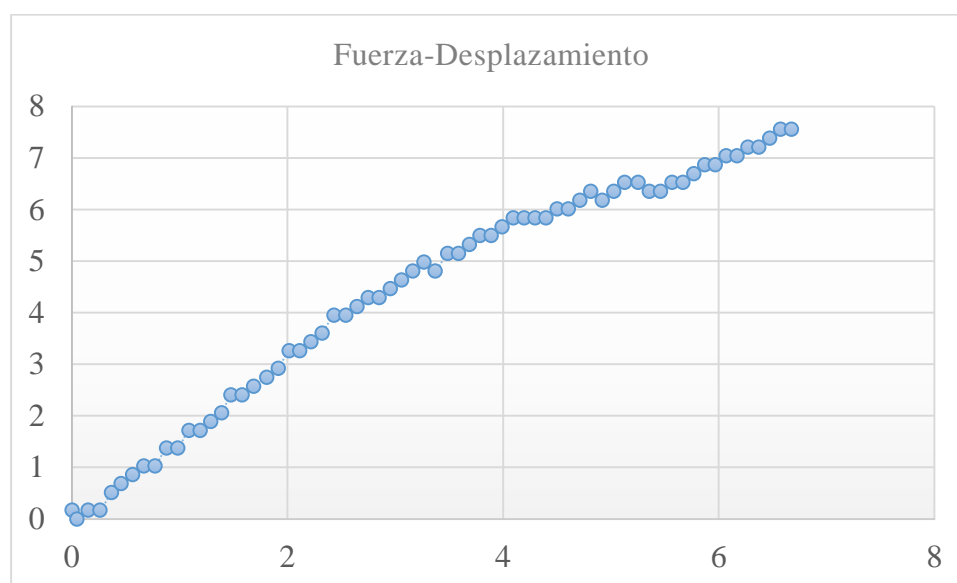


Figura 46. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML2P1

Interpretación: se puede apreciar que a lo largo de su deflexión existen variaciones considerables en el final, antes de la rotura, lo que muestra mala adherencia en los apoyos. Llega a la rotura con un esfuerzo máximo de 138,15 MPa, con un factor de corrección K de 2,91.

COCO 2: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
68,25

Diagrama Esfuerzo - Desplazamiento

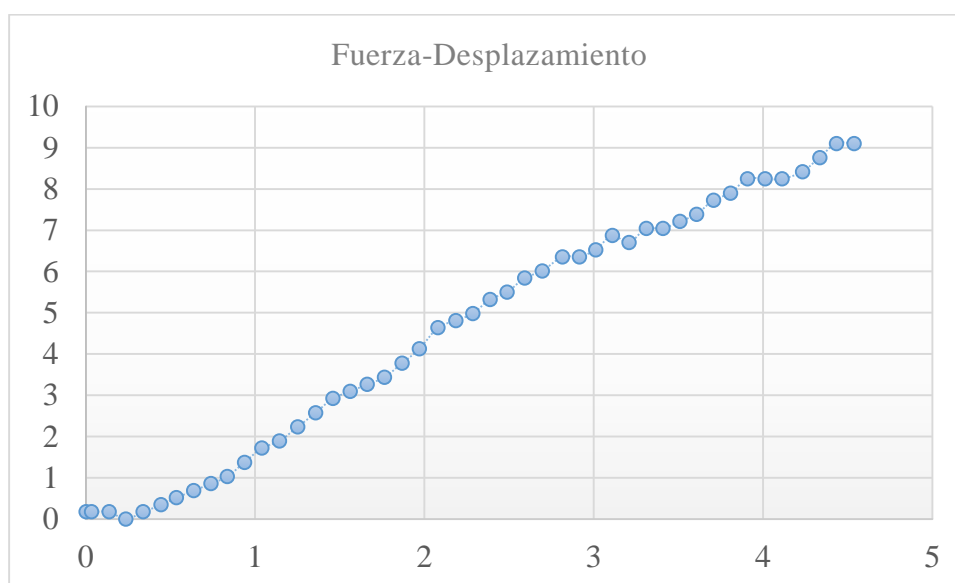


Figura 47. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML2P2

Interpretación: se puede apreciar un comportamiento con baja variación antes de la rotura es decir mayor asentamiento en apoyos, tiene una resistencia 68,25 MPa. Con un factor de corrección K de 1,462.

COCO 3: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
162,24

Diagrama Fuerza- Desplazamiento

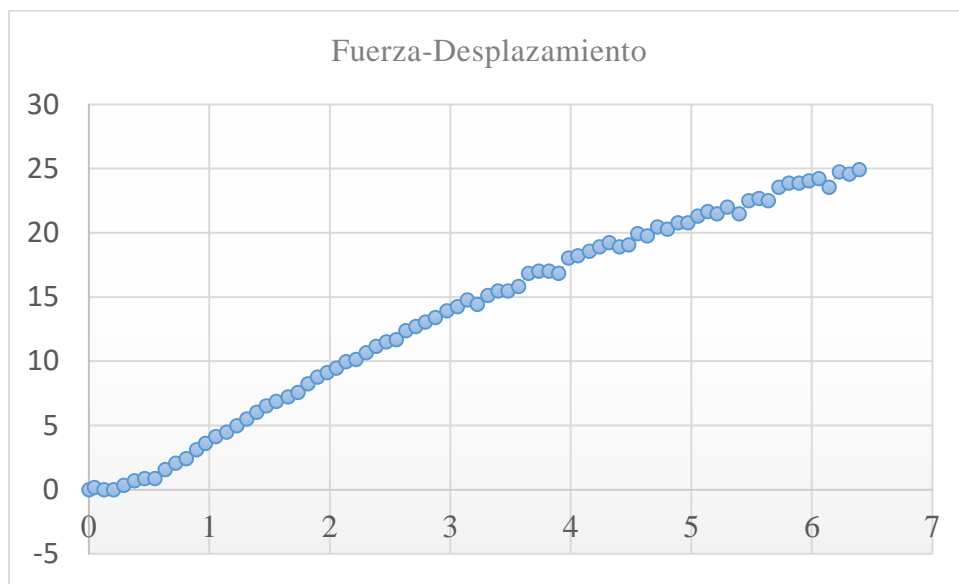


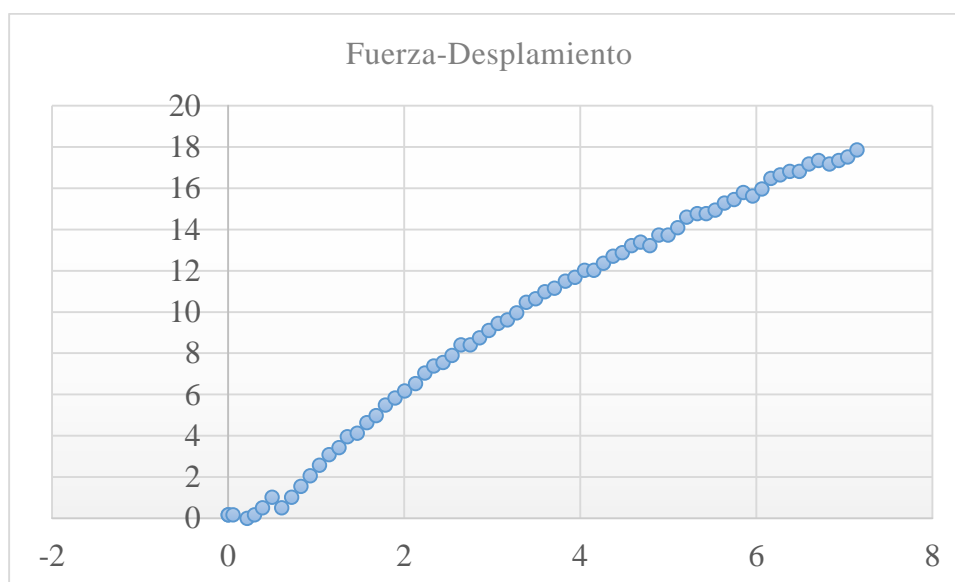
Figura 48. Diagrama Fuerza Desplazamiento CML3P1

Interpretación: se observa un comportamiento con variaciones en el medio de su deflexión debido a traslación de la probeta en los apoyos, con un esfuerzo máximo de 162,24 MPa llega a la rotura, con un factor de corrección K de 1,72.

SECCIÓN TRANSVERSAL

COCO 1: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
274,44

Diagrama Fuerza - Desplazamiento**Figura 49.** Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT1P1

Interpretación: la figura indica un comportamiento normal y poca variación en toda la deflexión, lo que muestra un buen asentamiento de probeta contra los apoyos, señala un esfuerzo máximo de 274,44 MPa, con un factor de corrección K de 2,428.

COCO 1: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
141,17

Diagrama Fuerza - Desplazamiento

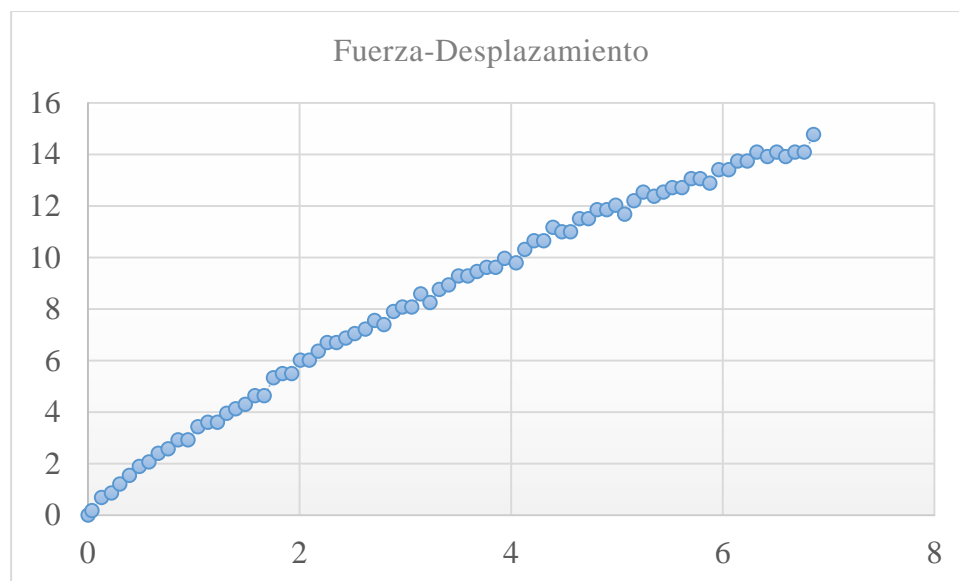


Figura 50. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT1P2

Interpretación: la figura presenta un comportamiento normal, ya tienes mínimas variaciones emitidas por el desplazamiento entre los apoyos y la viga curva. Un esfuerzo máximo de 141,17 MPa., con un factor de corrección K de 1,769.

COCO 2: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
720,19

Diagrama Fuerza- Desplazamiento

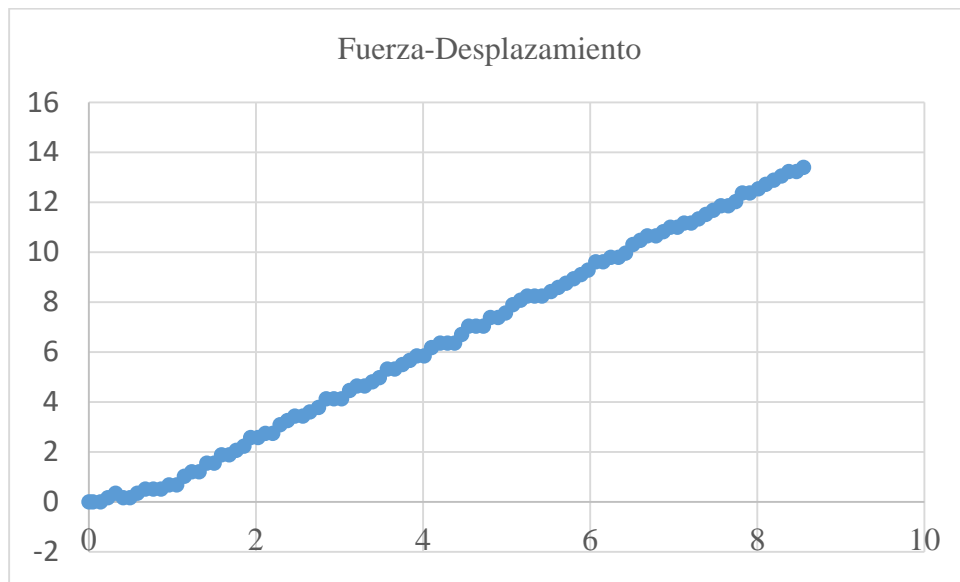


Figura 51. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT2P1

Interpretación: se muestra una tendencia lineal en todo su desplazamiento con variaciones simples, lo que permite conocer establecer que la viga deslizo en los apoyos. Llega a la rotura con un esfuerzo de 720,19 MPa, con un factor de corrección K de 7,88 lo que muestra un exceso en la deflexión debido a la corteza húmeda.

COCO 2: PROBETA 2.

Esfuerzo Máximo (MPa)
1735,5

Diagrama Fuerza- Desplazamiento

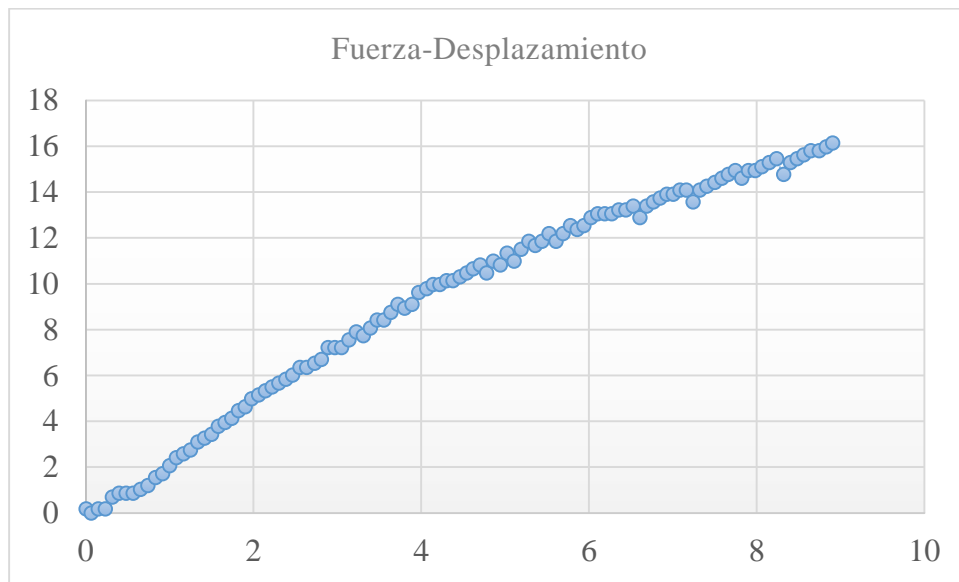


Figura 52. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT2P2

Interpretación: presenta variaciones de principio a fin en toda su deflexión, es decir muestra resistencia a la rotura por casi 9 mm. Llega a la rotura con un esfuerzo máximo de 1735,5 MPa con un factor de corrección K de 17,85, lo cual establece una excesiva deflexión en la probeta, por lo que se debe a corteza húmeda o fermentada.

COCO 3: PROBETA 1.

Esfuerzo Máximo (MPa)
287,10

Diagrama Fuerza- Desplazamiento

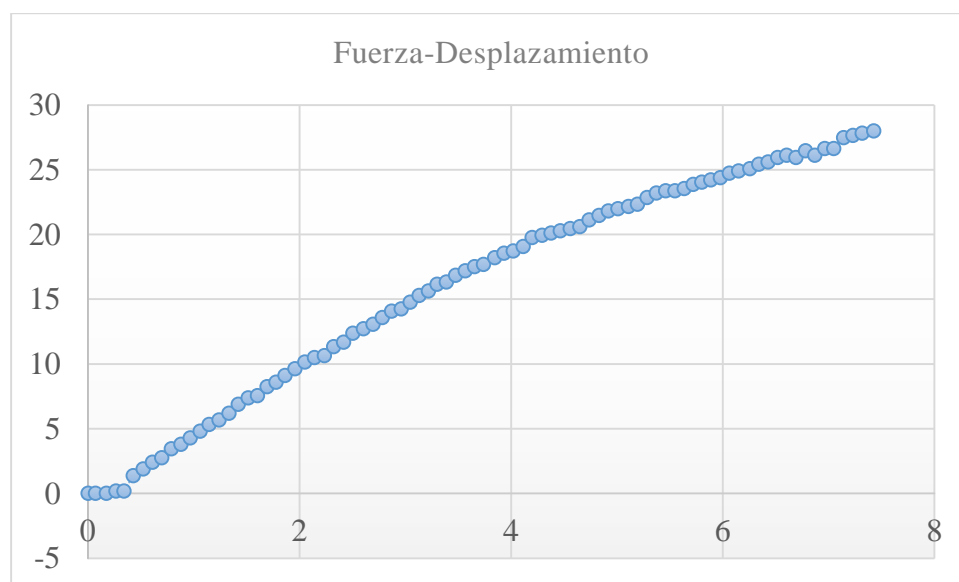


Figura 53. Diagrama Fuerza Desplazamiento CMT3P1

Interpretación: se aprecia una deflexión sin variación hasta llegar a la rotura, tiene un esfuerzo máximo de 287,10 MPa con un factor de corrección K de 1,958.

3.3.1.2. Ensayo de Dureza.

De la misma manera que se manejó el cuesco de palma, la cascara de coco será sometida a un ensayo de microdureza, debido a su estructura de fibra. Serán probetas encapsuladas de tres unidades cada una para obtener tres medidas en distinta probeta, es decir 9 mediciones por cada capsula ensayada.



Figura 54. Cáscaras de Coco encapsuladas

Fuente: (Lab. Materiales, UFA-ESPE, 2018)

Comparando con el ensayo de dureza realizado con el cuesco de palma africana, con la cascara de coco se tomaran 5 capsulas para ensayar, ya que son 2 con cascara de coco joven y 3 con cascara de coco viejo o maduro.

A continuación se muestra los valores de dureza obtenidos:

Tabla 12.

Valores de dureza para Cáscara de Coco

CÁSCARA DE COCO				
CAPSULA	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
1 Coco Joven 1	26,9	38,3	36,4	36,744
	31,6	41,8	35,3	
	38,6	51,8	30	
CAPSULA 2 Coco Joven 2	36,4	43,3	39,5	25,667
	18	10,4	35,2	
	19,2	12,1	16,9	
Promedio Coco Joven				31,206
CAPSULA 3 Coco Viejo 1	34,6	25,1	31,8	29,500
	35,1	24,8	25,5	
	33,3	28,8	26,5	
CAPSULA 4 Coco Viejo 2	22,2	25,8	20	22,044
	22	20,8	22,1	
	24,1	18,4	23	
CAPSULA 5 Coco Viejo 3	23,4	27,3	21,9	23,633
	24,5	22,3	24,6	
	26,1	21,3	21,3	
Promedio Coco Viejo				25,059

Debido a errores de lectura en toma de datos no consistentes se reajusta el promedio eliminando valores bajo el promedio calculado.

Tabla 13.

Valores ajustados y desviación estándar en Cáscara de Coco

CÁSCARA DE COCO					
CAPSULA	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio	Desv. Estándar
1 Coco Joven 1	26,9	38,3	36,4	36,744	7,324
	31,6	41,8	35,3		
	38,6	51,8	30		
2 Coco Joven 2	36,4	43,3	39,5	38,600	3,619
	---	---	35,2		
	---	---	---		
Promedio Coco Joven				37,672	$\bar{\sigma} = 5,472$
3 Coco Viejo 1	34,6	---	31,8	31,683	3,406
	35,1	---	---		
	33,3	28,8	26,5		
4 Coco Viejo 2	22,2	25,8	20	22,500	1,826
	22	20,8	22,1		
	24,1	---	23		
5 Coco Viejo 3	---	27,3	21,9	24,880	2,028
	24,5	---	24,6		
	26,1	---	---		
Promedio Coco Viejo				26,354	$\bar{\sigma} = 2,420$

3.3.4. Densidad de materiales.

DENSIDAD APARENTE

Para determinar la densidad aparente de estas biomásas, se utilizara un método en el cual como principal requisito es el Mercurio líquido, ya que se debe pesar en un cilindro hueco y posteriormente introducir la probeta en el mercurio y volver a pesar, así logramos determinar el volumen de mercurio perdido por la existencia de la muestra.



Figura 55. Mercurio y recipiente de ensayo
Fuente: (Lab. Ensayo Materiales, UFA-ESPE, 2018)



Figura 56. Masa de mercurio y recipiente
Fuente: (Lab. Ensayo Materiales, UFA-ESPE, 2018)

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO.

- Peso de la probeta a ensayar.
- Peso del mercurio en el reservorio que se va a utilizar.
- Peso del mercurio y la muestra introducida.
- Determinar el volumen del mercurio sin la muestra con la densidad conocida del mercurio.
- Determinar el volumen del mercurio con la muestra con la densidad conocida del mercurio.

- Determinar el volumen de la probeta restando del volumen del mercurio sin la muestra, el volumen de mercurio con la muestra.
- Por último, ya con los volúmenes obtenidos podremos obtener la densidad aparente de cada probeta.

Ejemplo de cálculo:

Peso de la probeta: 3,68 gr

Peso del mercurio Hg: 812,29 gr

Peso del mercurio con la probeta: 724,63 gr

Densidad del Mercurio Hg: $13,6 \frac{gr}{cm^3}$

Volumen del mercurio: $\frac{812.29 \text{ gr}}{13.6 \frac{gr}{cm^3}} = 59,72 \text{ cm}^3$

Volumen del mercurio con probeta: $\frac{724.63 \text{ gr}}{13.6 \frac{gr}{cm^3}} = 53,28 \text{ cm}^3$

Volumen de la probeta: Volumen del mercurio – Volumen del mercurio con probeta
 $= 59.72 \text{ cm}^3 - 53,28 \text{ cm}^3 = 6,44 \text{ cm}^3$

Densidad Aparente = $\frac{\text{Peso de la probeta}}{\text{Volumen de la probeta}} = \frac{3,68 \text{ gr}}{6,44 \text{ cm}^3} = 0,571 \frac{gr}{cm^3}$

Tabla 14.
Resultados Densidad Aparente en Cáscara de Coco

Denominación	Peso	Peso Total Mercurio	Peso con Muestra	Volumen Total Hg	V. con Muestra	V. de probeta	Dens. Aparente	Desv. Estándar
C. VIEJO 1								
V11	3,680	812,290	724,630	59,727	53,282	6,446	0,571	0,078
V12	3,470	812,290	741,620	59,727	54,531	5,196	0,668	
V13	3,020	812,290	732,450	59,727	53,857	5,871	0,514	
PROMEDIO							0,584	
C. VIEJO 2								
V21	2,540	812,290	754,440	59,727	55,474	4,254	0,597	0,070
V22	2,840	812,290	717,980	59,727	52,793	6,935	0,663	
V23	3,380	812,290	714,420	59,727	52,531	7,196	0,736	
PROMEDIO							0,665	
C. VIEJO 3								
V31	6,510	812,290	729,480	59,727	53,638	6,089	1,069	0,259
V32	3,170	812,290	741,200	59,727	54,500	5,227	0,606	
V33	3,08	812,290	708,480	59,727	52,094	7,633	0,638	
PROMEDIO							0,771	$\sigma = 0,135$
C. JOVEN 1								
J11	3,010	812,290	713,090	59,727	52,433	7,294	0,829	0,269
J12	1,180	812,290	718,900	59,727	52,860	6,867	0,291	
J13	3,100	812,290	689,890	59,727	50,727	9,000	0,551	

						PROMEDIO	0,557	
C. JOVEN 2								
J21	0,98 0	812,290	764,540	59,727	56,216	3,511	1,054	0,437
J22	1,92 0	812,290	705,510	59,727	51,876	7,851	0,418	
J23	0,96 0	812,290	718,900	59,727	52,860	6,867	0,218	
						PROMEDIO	0,563	$\sigma = 0,353$

- ✓ Densidad aparente Coco Maduro: 0.673 gr/cm³
- ✓ Densidad aparente Coco Joven: 0.56 gr/cm³

DENSIDAD REAL

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO.

- Peso de probeta sin saturar.
- Peso de probeta saturada.
- Peso de probeta saturada dentro del agua.
- Restar Peso de probeta en el agua del Peso de probeta saturada.
- Dividir el resultado de la resta anterior con la densidad del agua para obtener el volumen de la probeta saturada.
- Realizar la diferencia entre el peso de probeta saturada con el peso de probeta sin saturar, obteniendo el volumen de agua en los poros de las probetas.
- Determinar el volumen de la muestra, sustrayendo el volumen de la probeta saturada con el volumen de agua en los poros.

- Determinar la densidad real con el cociente entre el peso de la probeta saturada con el volumen de la muestra.

Ejemplo de cálculo:

Peso probeta sin saturar : 4,88 gr

Peso probeta saturada: 5,98 gr

Peso probeta saturada dentro de agua: 1,45gr

Volumen saturado probeta

$$= \frac{(\text{Peso probeta saturada} - \text{Peso probeta saturada dentro de agua})}{\text{Densidad del agua}}$$

$$\text{Volumen saturado probeta} = \frac{(5,98 - 1,45)gr}{1 \frac{gr}{cm^3}} = 4,53cm^3$$

$$\text{Volumen de agua en los poros} = \frac{(\text{Peso probeta saturada} - \text{Peso probeta sin saturar})}{\text{Densidad del agua}}$$

$$\text{Volumen de agua en los poros} = \frac{(5,98 - 4,88)gr}{1 \frac{gr}{cm^3}} = 1,1 cm^3$$

Volumen probeta = Volumen saturado probeta – Volumen de agua en los poros

$$\text{Volumen probeta} = 4,53 - 1,1 = 3,43 cm^3$$

$$\text{Densidad Real} = \frac{\text{Peso probeta sin saturar}}{\text{Volumen probeta}} = \frac{4,88 gr}{3,43 cm^3} = 1,42 \frac{gr}{cm^3}$$

Tabla 15.

Resultados Densidad Real en Cáscara de Coco

Deno minación	P. sin saturar (g)	P. saturado (g)	Peso sat. agua (g)	V. probeta sat.	V. agua en poros	V. probeta	Den. Real	Desv. Estándar
Coco Viejo 1								
V14	4,88	5,98	1,45	4,53	1,1	3,43	1,423	0,013

V15	4,04	4,84	1,18	3,66	0,8	2,86	1,413	
V16	4,07	5,1	1,24	3,86	1,03	2,83	1,438	
							1,424	
PROMEDIO								
Coco Viejo 2								
V24	8,37	10,31	2,48	7,83	1,94	5,89	1,421	0,008
V25	4,25	5,12	1,23	3,89	0,87	3,02	1,407	
V26	3,01	3,56	0,89	2,67	0,55	2,12	1,420	
							1,416	
PROMEDIO								
Coco Viejo 3								
V34	7,01	9,65	2,01	7,64	2,64	5	1,402	0,003
V35	3,91	5,89	1,13	4,76	1,98	2,78	1,406	
V36	2,94	4,02	0,84	3,18	1,08	2,1	1,400	
							1,403	$\bar{\sigma} = 0,008$
PROMEDIO								
Coco Joven 1								
J14	2,64	4,99	0,79	4,2	2,35	1,85	1,427	0,023
J15	3,51	6,76	0,98	5,78	3,25	2,53	1,387	
J16	2,04	3,87	0,57	3,3	1,83	1,47	1,388	
							1,401	
PROMEDIO								
Coco Joven 2								
J24	2,04	4,09	0,61	3,48	2,05	1,43	1,427	0,029
J25	1,71	5,75	0,46	5,29	4,04	1,25	1,368	
J26	1,6	5,71	0,45	5,26	4,11	1,15	1,391	
							1,395	$\bar{\sigma} = 0,026$
PROMEDIO								

✓ Densidad Real coco Maduro: 1.414 gr/cm³

✓ Densidad Real Coco Joven: 1.398 gr/cm³

3.3.5 Porosidad.

El porcentaje de porosidad se obtiene realizando el siguiente cálculo con las densidades aparentes y reales:

$$\text{Porosidad} = \frac{\rho_{REAL} - \rho_{APARENTE}}{\rho_{REAL}} \times 100$$

Ejemplo de cálculo:

$$\rho_{APARENTE} = 0,571 \frac{gr}{cm^3}$$


$$\rho_{REAL} = 1,42 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\text{Porosidad} = \frac{1,42 - 0,571}{1,423} \times 100 = 59.87 \%$$

Tabla 16.

Porosidad en Cáscara De Coco

Denominación	Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)
Coco Viejo 1			
V11	0,571	1,423	59,871
V12	0,668	1,413	52,726
V13	0,514	1,438	64,230
Promedio	0,584	1,424	58,976
Coco Viejo 2			
V21	0,597	1,421	57,980
V22	0,663	1,407	52,886
V23	0,736	1,420	48,154
Promedio	0,665	1,416	53,008
Coco Viejo 3			
V31	1,069	1,402	23,741
V32	0,606	1,406	56,882
V33	0,638	1,400	54,459
Promedio	0,771	1,403	45,035
Coco Joven 1			
J11	0,829	1,427	41,914
J12	0,291	1,387	79,014
J13	0,551	1,388	60,308

CONTINÚA 

Promedio	0,557	1,401	60,238
Coco Joven 2			
J21	1,054	1,427	26,104
J22	0,418	1,368	69,460
J23	0,218	1,391	84,366
Promedio	0,563	1,395	59,639

Debido a errores de cálculos se eliminan valores lejanos a los promedios cálculos para volver a obtener nuevos promedios y calcular la desviación estándar.

Tabla 17.

Valores ajustado en porosidad de Cáscara de Coco.

Denominación	Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Desv. Estándar
COCO VIEJO 1				
V11	0,571	1,423	59,871	5,052
V12	0,668	1,413	52,726	
V13	0,514	1,438	----	
Promedio	0,584	1,424	56,299	
COCO VIEJO 2				
V21	0,597	1,421	57,980	3,602
V22	0,663	1,407	52,886	
V23	0,736	1,420	----	
Promedio	0,665	1,416	55,433	
COCO VIEJO 3				
V31	1,069	1,402	----	1,714
V32	0,606	1,406	56,882	
V33	0,638	1,400	54,459	
Promedio	0,771	1,403	55,670	
COCO JOVEN 1				
J11	0,829	1,427	----	13,227
J12	0,291	1,387	79,014	
J13	0,551	1,388	60,308	
Promedio	0,557	1,401	69,661	
COCO JOVEN 2				
J21	1,054	1,427	----	10,540
J22	0,418	1,368	69,460	
J23	0,218	1,391	84,366	

Promedio	0,563	1,395	76,913	$\bar{\sigma} = 11,88$ 4
-----------------	--------------	--------------	---------------	-----------------------------

- ✓ Porosidad cáscara de coco joven: 73.28 %
- ✓ Porosidad cáscara de coco maduro: 55.8 %

3.3.6. Conductividad térmica

La cascara de coco, tiene el mismo procedimiento de ensayo realizado en el cuesco de palma africana, ya que son materiales a granel obtenidos por desperdicio.

Se realiza el ensayo con un bloque a granel de cáscara de coco con una peso de 759.77 gr y un volumen de 1035 cm³, obteniendo una densidad aparente de 0,73 gr/cm³, el cual cada pedacito de grano tiene un peso de 0.1 gr.

A continuación se describe los datos obtenidos en este material.

Tabla 18.

Datos obtenidos en cáscara de coco.

HoA	7H15	7H45	8H30	9H00	9H30	10H00	10H30
T1	°C	18,5	18,3	18,2	18,2	18,1	18,1
T2	°C	18,5	18,2	18,1	18,1	18,1	18,1
T3	°C	13,5	13,5	13,3	13,4	13,4	13,4
T4	°C	14,7	14,6	14,5	14,5	14,5	14,5
V	V	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Unidades a utilizar

%H	%
t	°C
P1	Gr
P2	Gr
t sistema enf.	°C

Tabla 19.
Cálculo para obtención de coeficiente térmico en cáscara de coco.


Qtot	W	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08		
al										
Q	W	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08		
ΔT	$^{\circ}K$	5	4,8	4,9	4,8	4,7	4,7	4,7		
A	m^2	0,02	0,02	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022		
		25	25	5	5	5	5	5		
L	M	0,04	0,04	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046		
		6	6							
λ	$W/^{\circ}$	0,44	0,46	0,450	0,46	0,469	0,469	0,469	Prom	0,4602
ajust	K.m	16		61224		78723	78723	78723	edio	
Λ	$W/^{\circ}$	0,22	0,23	0,225	0,23	0,234	0,234	0,234	Promedi	0,23
v	K.m	08		30612		89362	89362	89362	o	

3.3.7. Capacidad calorífica

La capacidad de inflamación de la cáscara de coco se la determinará de misma manera que el cuesco de palma africana.

Tabla 20.
Capacidad Calorífica de Cáscara de Coco

Denom inación	C. Calorífica Equipo ($J/^{\circ}C$)	P. muest ra (gr)	Temp. Inicial ($^{\circ}C$)	Temp. Final ($^{\circ}C$)	Elev. Temp. ($^{\circ}C$)	E. Total liberada (J)	Valor Caloríf ico (J/gr)	Desv. Están dar
Coco Joven								
Muestr a 1	11022,5	0,8	21	22,45	1,45	15982,62	19978, 28	1363, 9
Muestr a 2	11022,5	0,8	21	22,31	1,31	14439,47	18049, 34	
Coco Viejo							19013,	
							PROMEDIO	81
Muestr a 1	11022,5	0,8	21	22,5	1,5	16533,75	20667, 18	79,54 8
Muestr a 2	11022,5	0,8	21	22,51	1,51	16643,97	20804, 96	
Muestr a 3	11022,5	0,8	21	22,5	1,5	16533,75	20667, 18	

CONTINÚA 

PROMEDIO	20713, 11
-----------------	----------------------

CAPITULO IV.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Compilación de resultados en pruebas físicas.

DENSIDAD

El cuesco de palma africana, indica una densidad mayor a la de las cáscaras de coco y al agua, es decir su peso específico es mayor.

En lo que se refiere a densidad real [gr/cm³] tenemos:

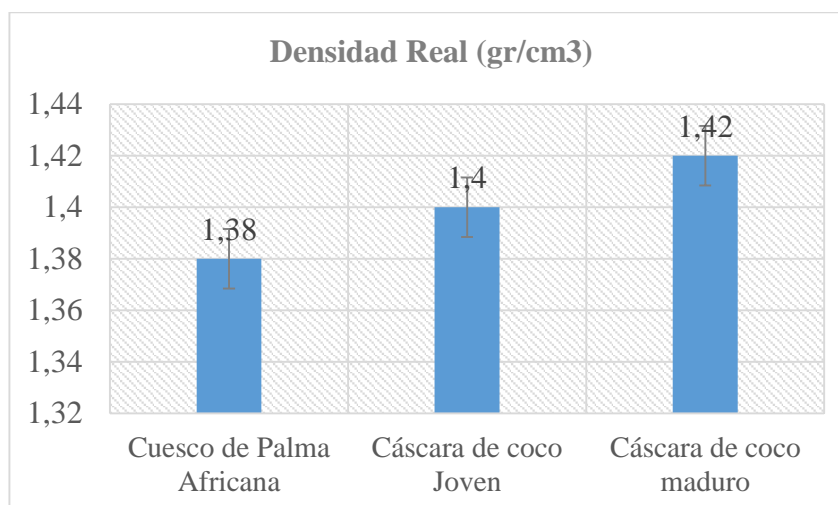


Figura 57. Comparación en Densidad Real en los materiales

En las densidades reales, se puede ver que casi tienen el mismo valor, sea coco maduro o joven, es decir en este aspecto no se involucra la edad del coco, el cuesco muestra un valor muy cercano a la densidad real de la cáscara de coco, este ensayo es de alta confiabilidad.

POROSIDAD

En lo que se refiere a porosidad [%] tenemos:

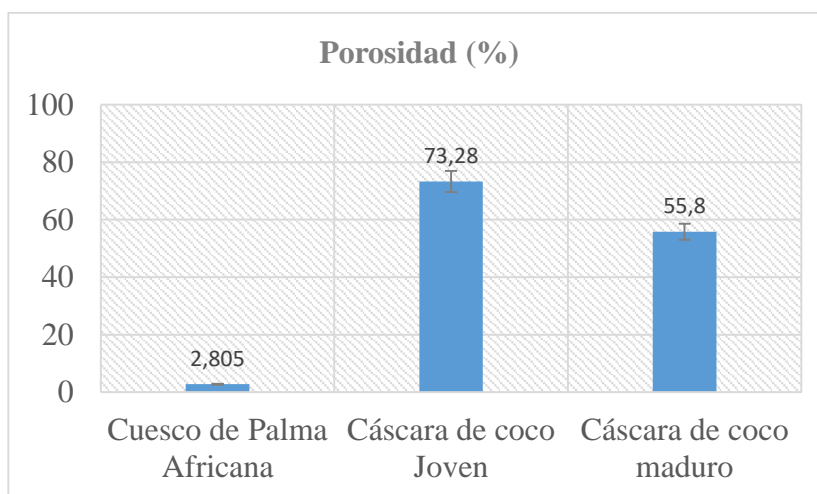


Figura 58. Comparación de porosidad en los materiales

En lo que se refiere a porosidad, el cuesco es menos poroso que las cáscaras de coco, por lo que se define que el potencial de absorber humedad del cuesco de palma africana es menor que la cáscara de coco, esto se explica debido al tamaño de crecimiento que tiene cada material, ya que el coco tiene mayores dimensiones que la nuez de palma africana.

4.2. Compilación de resultados en pruebas mecánicas.

FLEXIÓN

Tabla 21.

Resultados de Ensayo Flexión Coco Joven

CÓCO JÓVEN	1		2			Promedio	Desv. Estándar
	Esfuerzo Máximo (MPa)		Esfuerzo Máximo(MPa)				
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3		
Dirección Longitudinal	132,93	133,91	1000,4 2	368,33	211,6	369,438	365,5
Dirección Transversal	83,49	108,02	-----	2011,2	434,89	659,405	915,3
						514,42	$\bar{\sigma} = 640,4$

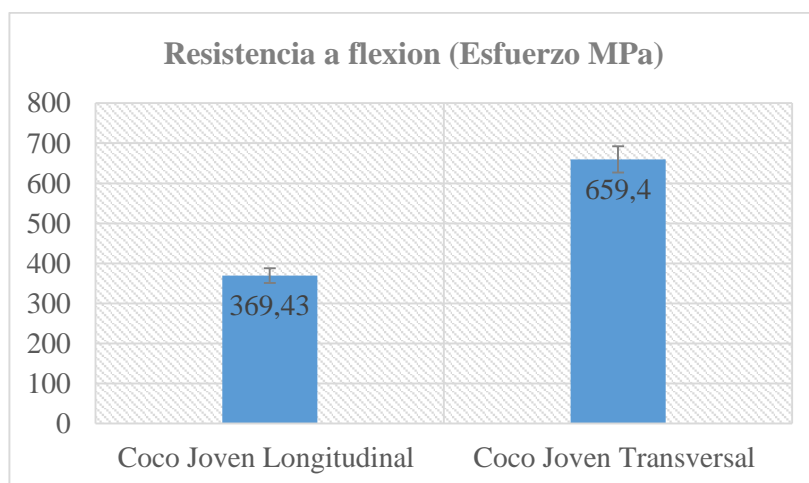


Figura 59. Comparación de esfuerzo en cáscara de coco joven

El ensayo de flexión en vigas curvas, da como resultado, que la corteza en dirección transversal se obtiene mayor resistencia en una edad de coco fresco o joven, con una diferencia entre la dirección longitudinal de 300 MPa aproximadamente. Se obtiene una desviación estándar elevada la cual es debida por un exceso en la deflexión del material causado por cortezas húmedas, ya que el material se vuelve más elástico soportando mayor deflexión antes de su rotura.

Tabla 22.

Resultados de Ensayo Flexión Coco Maduro

CÓCO MADURO	1		2		3	Promedio	Desv. Estándar
	Esf. Máximo (MPa)		Esf. Máximo (MPa)		Esf. Máximo (MPa)		
	Probet a 1	Probet a 2	Probet a 1	Probet a 2	Probeta 1		
Dirección Longitudinal	178,85	207,73	138,15	68,25	162,24	151,04 4	52,75 6
Dirección Transversal	274,44	141,17	720,19	1735,5	287,1	631,68	654,4 4
						391,36	$\bar{\sigma} =$ 353, 6

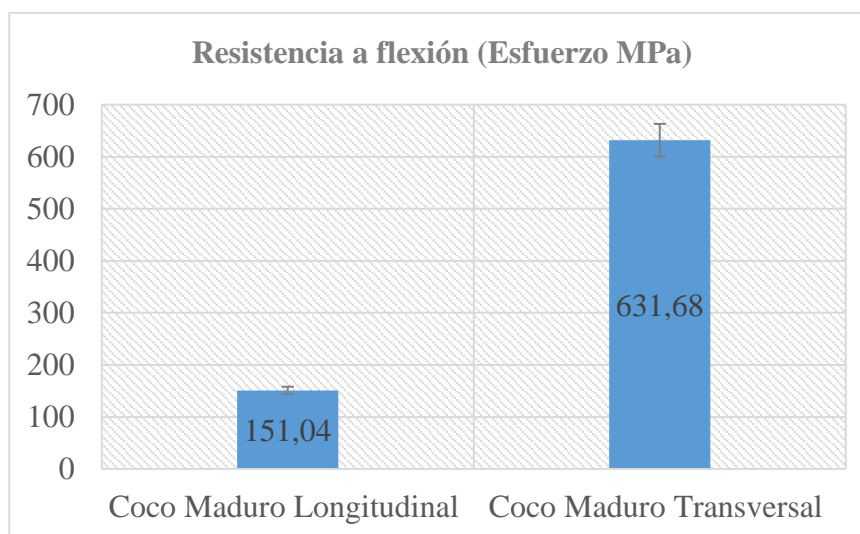


Figura 60. Comparación de esfuerzo en cáscara de coco maduro

La edad del coco tiene gran influencia en este estudio, aun mas en la resistencia mecánica, ya que la corteza joven muestra una ligera superación de resistencia en comparación de una corteza madura, de igual manera manifiesta que existe mayor esfuerzo en la dirección transversal, por lo tanto tenemos un material rígido que tiene mayor resistencia en el sentido transversal con respecto a las fibras, ya que tener fibras ortogonales proporciona una mayor resistencia.

DUREZA

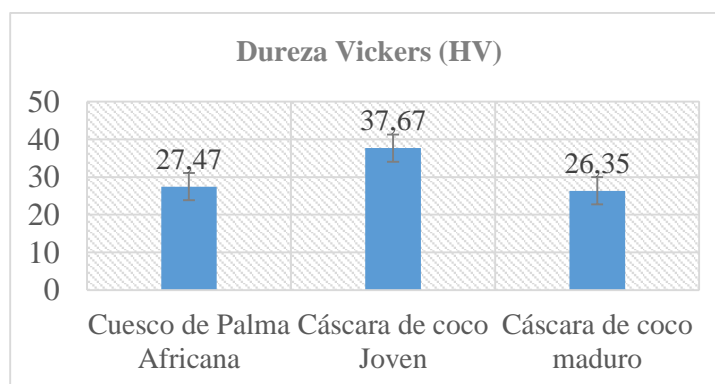


Figura 61. Comparación de dureza en materiales

Tanto para el cuesco y la cáscara de coco, muestra una dureza entre 26 HV y 38 HV, lo que significa que la cáscara de coco joven supera en dureza con un valor de 37,67 HV, es decir tiene una superioridad pequeña, le sigue el cuesco de palma africana con 27,47 HV y la cáscara de coco maduro con 26,35 HV. Cabe recalcar que la metodología utiliza en este ensayo tiene dificultades para obtener un valor aceptable.

4.3. Compilación de resultados en pruebas térmicas.

PODER CALORÍFICO

El poder calórico presento los siguientes valores para los materiales:

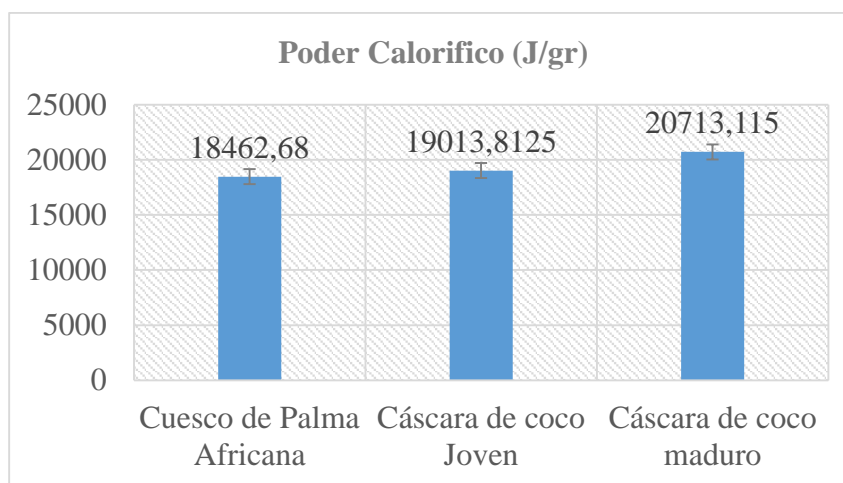


Figura 62. Comparación de poder calórico entre materiales

La obtención de estos valores tiene un factor importante, el cual se refiere al peso del material que va a ingresar al equipo, nos da como resultado con un mayor poder calórico la cáscara de coco maduro con un valor de 20713,11 [J/gr].

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

En la conductividad térmica, el equipo nos indica los siguientes valores de coeficiente de conductividad térmica:

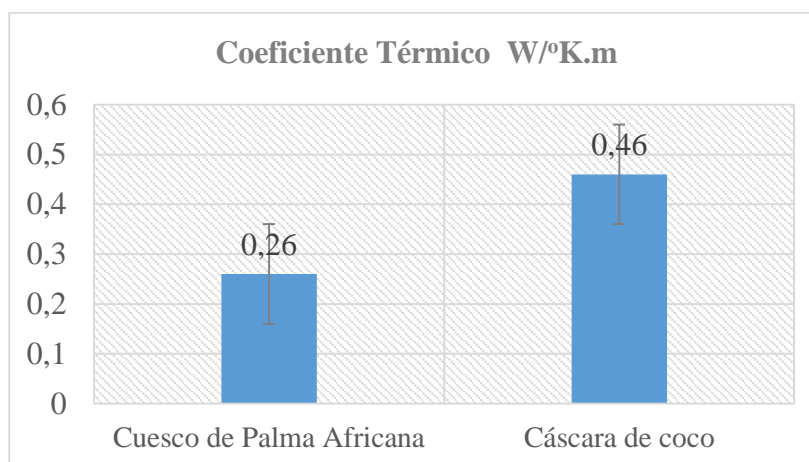


Figura 63. Comparación de Coeficiente Térmico

Realizando una comparación con los coeficientes de otros materiales, el cuesco y la cáscara de coco no son conductores térmicos de alta potencia, sino todo lo contrario (aislantes), se encuentra sobre el coeficiente de la madera, presenta la cascara de coco ser mejor conductor de calor que el cuesco de palma africana.

4.4. Análisis y comparación de resultados entre los tipos de pruebas físicas, mecánicas y térmicas.

Los tipos de ensayos realizados para cada prueba, son procedimientos que se realizan para obtener datos confiables y aprovecharlos como información para iniciar una nueva investigación, ya que tener conocimiento previo de materiales a utilizar es de gran ayuda.

Se obtienen relaciones entre las pruebas realizadas en los materiales investigados como es la conductividad térmica y la porosidad, ya que con el cuesco de palma africana presenta una porosidad de 2% aproximadamente y un coeficiente de conductividad de 0.26 W/°K.m, lo que define que el cuesco tiene una mayor resistencia a ser quemado por lo tanto mayor duración de incineración.

Dentro de las pruebas físicas, la densidad y la porosidad van tomadas de la mano, ya que la una depende de la otra, si su densidad es baja tiene mayor porosidad, es decir tiene una relación inversamente proporcional.

La cáscara de coco mostro una resistencia a la flexión mayor cuando sus fibras son transversales, tanto para el coco joven y maduro, obteniendo una superación en las fibras de coco joven en relación con la cáscara de coco maduro, lo mismo sucede con la dureza, ya que se encuentran relacionas estas dos propiedades, es decir a más resistencia a la flexión tiene mayor dureza, son proporcionales.

CAPITULO V.

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 Análisis económico

En el presente proyecto se trata de obtener beneficios de materias primas que son desechadas, es decir son provenientes de un proceso y sus desperdicios son inutilizables por falta de conocimiento de propiedades que mantienen como son las mecánicas, físicas y térmicas.

La rentabilidad que se obtuvo al realizar este proyecto es muy buena, ya que para cada ensayo se utilizó desperdicios que no tenían costo alguno, simplemente el transporte de una región a otra; en varios ensayos hubo la necesidad de añadir materiales como resinas para lograr los propósitos de los mismos.

El fin es de alcanzar una cómoda inversión para obtener altos beneficios como productores de palma africana y coco, aun mas siendo procesadores de los frutos de estas especies que en país e internacionalmente son desperdiciados.

A continuación se redacta las inversiones realizadas para la elaboración de este proyecto:

- Adquisición de Cuesco de Palma Africana: \$10
- Adquisición de Cascara de Coco: \$15
- Resinas de secado rápido para encapsulamiento: \$12
- Polyespuma para ensayo de conductividad térmica: \$10
- Papel Aluminio: \$4
- Corte de Polyespuma 30x30: \$15

Es un total de inversión de \$66, los cuales fueron necesarios para la elaboración de este proyecto, gracias a los beneficios que brinda la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE ya que sus laboratorios contienen todos los equipos necesarios para investigación en esta área.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

- Se obtuvieron las propiedades esenciales de los materiales ensayados que son cuesco de palma africana nativos de Quevedo (Los Ríos) y Quinindé (Esmeraldas) y cáscara de coco nativo de Puerto López (Manabí) y Esmeraldas.
- El ensayo de resistencia a la flexión de la cáscara de coco mostró que la resistencia máxima la tiene la cáscara de coco joven con sus fibras en dirección transversal y la menor resistencia en la cáscara de coco maduro con sus fibras en dirección longitudinal, dando resultados de resistencia comparables entre ambos tipos de cascaras en sentido transversal, es decir tienen la misma resistencia.

- La densidad de la cáscara de coco maduro (1,42 gr/cm³) supera a la cáscara de coco joven (1,4 gr/cm³) y al cuesco de palma africana (1,38 gr/cm³). Los resultados muestran una densidad con diferencias muy pequeñas entre los materiales.
- La porosidad del cuesco (2,085 %) fue inferior a la cáscara de coco joven (73,28%) y a la cascara de coco maduro (55,8 %).
- La dureza obtenida en el cuesco de palma africana y cáscara de coco, son valores muy bajos, con 37,67 HV la cáscara de coco joven tiene la mayor dureza en comparación de los tres materiales, seguido por el cuesco de palma africana con 27,47 HV y la cáscara de coco maduro con 26,35 HV.
- Los poderes calóricos del cuesco de palma africana y la cáscara de coco determinaron que son comparables con el poder calórico de la madera. El mayor poder calorífico correspondió a la cáscara de coco maduro con 20713 KJ/Kg, le sigue la cáscara de coco joven con 19013,81 KJ/Kg y por último el cuesco con 18462,68 KJ/Kg, lo que evidentemente resalta la influencia del tiempo de maduración que tiene en este caso la cáscara de coco.
- La conductividad térmica presentó valores bajos. La cáscara de coco obtuvo un valor de 0.46 W/°K.m y el cuesco 0.26 W/°K.m, siendo estos valores comparables con un material como la madera o el ladrillo refractario.
- Se verificó la relación que tiene la densidad con la dureza, ya que estas dos propiedades van enlazadas, es decir mientras menor densidad de cáscara de coco o cuesco, tendrán menor dureza.

Recomendaciones.

- Se recomienda observar el estado de los materiales a granel, ya que si se encuentran húmedos o picados se obtendrían resultados fuera del rango esperado dentro de la investigación.
- Para evitar variaciones en el ensayo de flexión, es recomendable utilizar en los apoyos, rodillos con giro libre, ya que eso elimina posibilidades de inexactitud.
- Se recomienda cambiar la metodología en el ensayo de microdureza, ya que la falta de exactitud en la toma de dimensiones provoca valores equivocados, así se obtendría una mayor exactitud

BIBLIOGRAFIA.

- A, M. (2015). *Confiabilidad*. Obtenido de <http://200.11.208.195/blogRedDocente/alexisduran/wp-content/uploads/2015/11/15confiabilidad.pdf>
- B, P. R. (2007). *Proyecto de prefactibilidad para la exportación de coco en fresco al mercado de belgicabruselas período 2007-2016*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/7228/1/32013_1.pdf.
- Chávez, K. (2015). *Pruebas mecánicas dureza e impacto*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/krinashavz/pruebas-mecanicas-ensayos-de-tension-dureza-e-impacto>
- Díaz, C. (2002). *CARACTERIZACION TEXTURAL Y QUÍMICA DE CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE CUESCO DE PALMA AFRICANA A DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y TIEMPO DE CARBONIZACIÓN*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/18041-58164-1-PB.pdf>
- Díaz, F. G. (1999). *Características mecánicas de los materiales*. Obtenido de https://www.upv.es/materiales/fcm/fcm02/fcm2_1.html.
- Ecuadoriano, G. (2014). *Atlas bioenergético del Ecuador*. Obtenido de <http://inversion.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/Atlas-Bioenergetico-del-Ecuador.pdf>

- García, S. (2013). *Banco de Ideas. Innovación social*. Obtenido de <http://bancodeideas.gob.ec/proyecto/view?data=aWQ9NzQ2OQ%3D%3D>
- Gómez, D. (2014). *Residuos de palma africana purifican agua y aire*. Obtenido de <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/UN-cuesco.pdf>
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna - Materiales, Procesos y Sistemas*. México DF: PEARSON.
- Gustavo Ramon, S. (2006). *Diseños experimentales*. Obtenido de http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/ac37-diseno_experiment.pdf
- GUTIERREZ, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. MÉXICO: MC GRAW-HILL.
- Gutiérrez, J. (2010). Introducción al estudio del método de elementos finitos en los procesos de embutido de chapas (Trabajo de Diploma). Universidad Central de Las Villas, Cuba.
- INEC. (2015). *Indicadores de índices de precio*. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XX5Brj95wscJ:www.inec.go.cr/+&cd=2&hl=es&ct=clnk>
- Keeler, S. (1977). *Sheet Metal Stamping Technology-Need for Fundamental Understanding - Mechanis of Sheet Metal Forming*. Plenum Pres.
- Kluwer, W. (2009). *Análisis Económico*. Obtenido de http://diccionarioempresarial.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNDS3NDtbLUouLM_DxbIwMDS0MDIwuQQGZapUtckhlQaptWmJOcSoA29W0xjUAAAA=WKE
- Luna, D. (2007). *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco*. Obtenido de http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf
- Manuel, G. (s.f.). *Guía metodológica para diseños de la investigación*. Obtenido de <http://manuelgalan.blogspot.com/p/guia-metodologica-para-investigacion.html>
- Marin, J. M. (2013). *Introducción al Diseño de Experimentos*. Obtenido de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/IntroDE.pdf>
- Martinez, Y. (2009). *Tendencias de la ingeniería, "Utilizan cáscara de coco para fabricar materiales de automóviles"*. Obtenido de https://www.tendencias21.net/Utilizan-cascaras-de-coco-para-fabricar-materiales-de-automoviles_a2884.htmlf
- Ministerio de Agricultura, G. A. (2013). *Palma Africana*. Obtenido de http://sipa.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/palma_africana.pdf

- OCU. (2018). *Aceite de palma. Todo lo que debes saber*. Obtenido de <https://www.ocu.org/alimentacion/alimentos/informe/aceite-de-palma>
- Ojeda, J. B. (2009). *Uso del cuesco de la palma africana en la fabricación de adoquines y bloques de mampostería*. Obtenido de <http://laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p202.pdf>
- Pereira, R. P. (2003). *Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. propuesta metodológica*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/857/85715107/>
- Rodriguez, A. (2013). *Características térmicas de los materiales*. Obtenido de <http://www.materialesde.com/propiedades-termicas-de-los-materiales/>.
- SMITH, W. (1998). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales*. Madrid: Graw Hill.
- Universo, E. (2009). *En el país no se aprovechan desechos*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/2009/05/17/1/1447/C67B2926958E4ED7AD3A94F58C694E6A.html>
- Villegas Girón, N. & Velez, L (2008). *Elaboración de Módulos Estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo. Ecuador. pdf*.