

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA Y PROPORCIÓN DE MEZCLA DE
FIBRAS DE CUESCO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) Y
PLÁSTICO POLIPROPILENO RECICLADO (PPr) EN LAS PROPIEDADES
FÍSICA Y MECÁNICAS DE LOS COMPUESTOS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR:
Bach. PENADILLO RUIZ ANTONIO**

PUCALLPA – PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

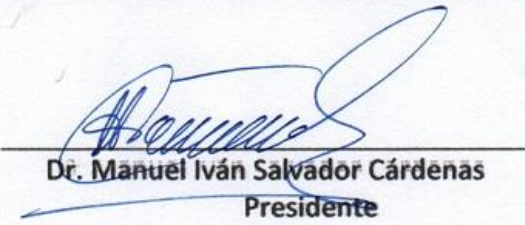


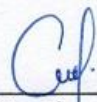
ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N°416/2021-CGyT-FCFyA-UNU

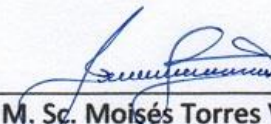
En la ciudad de Pucallpa a las 10:00 a.m. del día viernes 25 de junio del 2021, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con MEMO MULT. 074-2021-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

DR. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS	Presidente
Dra. MARÍA ANGÉLICA FLORES ROMAYNA	Miembro
Ing. M. Sc. MOISES TORRES VELASCO	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA Y PROPORCIÓN DE MEZCLA DE FIBRAS DE CUESCO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) Y PLÁSTICO POLIPROPILENO RECICLADO (PPr) EN LAS PROPIEDADES FÍSICA Y MECÁNICAS DE LOS COMPUESTOS"**, presentado por el bachiller **PENADILLO RUIZ, ANTONIO**, asesorado por el Dr. APARICIO, LIMACHE ALONZO, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 11:35 a.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.


Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
Presidente


Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro


Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Tesis aprobada por el jurado calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para obtener el título profesional de Ingeniero Forestal, el mismo que estuvo conformado por las siguientes personas:

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas



Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna



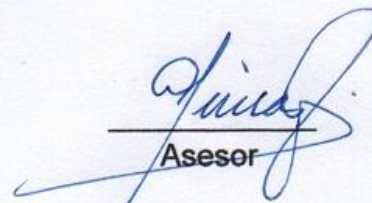
Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco



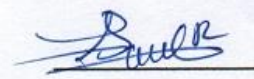
Miembro

Dr. Aparicio, Limache Alonzo



Asesor

Bach. Forestal Antonio, Penadillo Ruiz



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA
ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0071-2021

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) Titulado:

“INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA Y PROPORCIÓN DE MEZCLA DE FIBRAS DE CUESCO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) Y PLÁSTICO POLIPROPILENO RECICLADO (PPr) EN LAS PROPIEDADES FÍSICA Y MECÁNICAS DE LOS COMPUESTOS”.

Cuyo autor (es) : PENADILLO RUIZ, ANTONIO

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERIA FORESTAL

Asesor(a) : Dr. LIMACHE ALONZO, APARICIO

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 9%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad. En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 18/02/2021



Dra. DINA PARI QUISPE
Dirección de Producción Intelectual

**REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS**

Yo, PENADILLO RUIZ ANTONIO

Autor de la TESIS titulada:

“INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA Y PROPORCIÓN DE MEZCLA DE FIBRAS DE CUESCO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) Y PLÁSTICO POLIPROPILENO RECICLADO (PPr) EN LAS PROPIEDADES FÍSICA Y MECÁNICAS DE LOS COMPUESTOS”

Sustentada en año: 2021

Con la asesoría de: Dr. Aparicio Limache Alonzo.

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales.

Escuela profesional de: Ingeniería Forestal.

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización. Garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

Tercero: Autorizo la publicación,

Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio)

Parcial (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 06/08/2021

Email: antoniopenadillo2020@gmail.com

Firma:



Teléfono: 976137895

DNI: 42625723

DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a Dios por siempre estar conmigo y guiándome en el camino que voy, protegiéndome y dándome la fortaleza de seguir adelante.

A mis hermanos Penadillo Ruiz, siempre estuvieron y estarán a mi lado con sus consejos y apoyo constante que me brindan

Docentes que fueron pilar fundamental en mi formación académico en la universidad Nacional de Ucayali.

A Todos mis amigos por el apoyo brindado durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor Dr. Aparicio Limache Alonzo (Universidad Nacional de Ucayali) por el interés y apoyo incondicional brindado como asesor en hacer real este proyecto de investigación.

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas (Universidad Nacional de Ucayali) por su apoyo en realizar pruebas físicas y mecánicas

A todos los docentes que conformaron parte de mi educación en la Universidad Nacional de Ucayali.

Personal de laboratorio por su apoyo en metodologías para realizar ensayos de propiedades física y mecánicas.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Formulación del problema	4
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.2. Fundamento teórico del problema	12
2.2.1. El polipropileno	12
2.2.1.1. Propiedades mecánicas del Polipropileno	12
2.2.1.2. Propiedades físicas del Polipropileno	12
2.2.1.3. Principales propiedades del Polipropileno	12
2.2.2. Polipropileno reciclado	13
2.2.3. Clasificación de madera según valores tecnológicos	14
2.2.4. Madera plástica	17
Definición de términos básicos	18
CAPITULO III	21
METODOLOGÍA	21
3.1. Método de investigación	21
3.2. Población y muestra	22
3.2.1. Población	22
3.2.2. Muestra	22

3.3. Procedimientos de recolección de datos	22
3.3.1. Obtención de materia prima	22
3.3.2. Elaboración de las barras de compuesto	23
3.3.3. Fabricación del material compuesto	24
3.3.4. Ensayos de propiedades físicas y mecánicas	24
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos	31
3.5. Procesamiento para recolección de datos	32
3.6. Tratamiento de datos	32
CAPITULO IV	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Densidad de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno	35
4.2. Propiedades mecánicas de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno	37
4.2.1. Flexión estática	37
4.2.2. Compresión paralela al eje longitudinal	41
4.2.3. Dureza	45
4.2.4. Extracción de clavos	47
4.2.5. Extracción de tornillos	49
CAPITULO V	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones	52
5.2. Recomendaciones	53
BIBLIOGRAFIA	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunas propiedades mecánicas de materiales compuestos con fibras naturales	11
Tabla 2. Criterios cuantitativos de las propiedades Mecánicas	16
Tabla 3. Composición para obtención del material compuesto	21
Tabla 4. Norma Técnica Peruana (NTP) para cada método de Prueba	24
Tabla 5. Esquema del Análisis de variancia de dos factores (ANVA ₂)	33
Tabla 6. Esquema del análisis de variancia de tres factores (ANVA ₃)	34
Tabla 7. Densidad de los compuestos de fibras de cuesco de palma aceitera – plástico, con dos granulometrías y dos proporciones	35
Tabla 8. Análisis de varianza de dos factores de la densidad de cuatro compuestos (granulometría y proporción)	35
Tabla 9. Resultados de flexión estática de compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de las fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno	37
Tabla 10. Análisis de varianza (ANVA ₂) del ELP en flexión estática de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno	38
Tabla 11. Análisis de varianza (ANVA ₂) del MOR en flexión estática de los perfiles de fibras de cuesco y plástico polipropileno	39
Tabla 12. Análisis de varianza (ANVA ₂) del MOE en flexión estática de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno	40
Tabla 13. Resistencia a la compresión paralela al eje de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de las fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno	41
Tabla 14. Análisis de varianza del esfuerzo en el límite proporcional en la compresión paralela al eje de los compuestos de fibras	

de cuesco y plástico polipropileno	42
Tabla 15. Análisis de varianza del MOR en compresión paralela al eje longitudinal de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno	42
Tabla 16. Análisis de varianza del MOE en compresión paralela al eje longitudinal de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno	44
Tabla 17. Resistencia a la dureza de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno	45
Tabla 18. Análisis de varianza de la dureza de los lados y extremos de los compuestos obtenidos con la mezcla de dos factores granulometría y proporción de cuesco y plástico polipropileno	46
Tabla 19. Resistencia a la extracción de clavo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno	47
Tabla 20. Análisis de varianza de la resistencia a la extracción de clavo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno	48
Tabla 21. Resistencia a la extracción de tornillo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno	49
Tabla 22. Análisis de varianza de la resistencia a la extracción de tornillo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensión de las probetas para evaluación físicas y mecánicas según manual de Norma Técnica Peruano (NTP)	23
Figura 2. Ensayo de flexión estática	26
Figura 3. Ensayo de comprensión paralela	28
Figura 4. Ensayo de dureza	29
Figura 5. Ensayo de extracción de clavos	30
Figura 6. Ensayo de extracción de tornillo	31
Figura 7. Densidad de dos compuestos con dos proporciones fibras de cuesco de palma aceitera–plástico polipropileno	36
Figura 8. MOR en compresión paralela al eje longitudinal de dos compuestos de fibras de cuesco - plástico polipropileno por granulometría	43
Figura 9. Dureza de lados y extremos de perfiles de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno	46
Figura 10. Resistencia a la extracción de clavos de los lados y extremos de compuestos de fibras de cuesco - plástico polipropileno	48
Figura 11. Resistencia a la extracción de tornillos de los compuestos de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno según granulometría y secciones	50

RESUMEN

Un producto no convencional es desconocido porque no se encuentra en el mercado. Por lógica genera una diversidad de preguntas puntuales que es necesario responder para convencer al cliente sobre las bondades del producto y facilitar su adquisición. Por esta razón se estudió el efecto de la granulometría y la proporción de mezcla en las propiedades física y mecánicas de material compuesto por mezcla de cuesco de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) y plástico *Polipropileno reciclado (PPr)*. Para acopiar y evaluar resultados se mezcló cuesco molido y plástico en proporciones de mezcla a razón de 20:80 y 40:60 respectivamente.

Los resultados ponen en evidencia que la densidad de los compuestos se incrementa significativamente con el incremento de la proporción de las fibras de cuesco. En la flexión estática, no existen diferencias significativas entre los promedios del ELP, MOR y MOE, tanto con la granulometría de las fibras y las proporciones cuesco – plástico. En la compresión paralela se puede afirmar que ni la granulometría, ni las proporciones de fibras de cuesco y plástico polipropileno, no tienen efecto en los valores del ELP y el MOE; con respecto al MOR se evidenció que existen diferencias significativas debido a la granulometría. En la dureza se observó que no existe diferencia significativa entre los promedios debido a los factores tanto en granulometría como en las proporciones de fibras de cuesco y plástico polipropileno; en el factor sección si presentó diferencias significativas. Con respecto a la resistencia a la extracción de clavos, se halló diferencias significativas con el factor granulometría, no se encontraron diferencias significativas debidos a los factores proporciones de insumos y la sección de ensayos de los compuestos. En la resistencia a la extracción de tornillo, quedó demostrado que existe diferencia altamente significativa entre las granulometrías y entre las secciones, esto no ocurrió con el factor proporciones de fibra de cuesco y plástico polipropileno, no teniendo influencia alguna en la resistencia a la extracción de tornillo.

Palabras clave: Compresión, densidad, dureza, granulometría y proporción.

ABSTRACT

An unconventional product is unknown because it is not on the market. Logically, it generates a variety of specific questions that must be answered in order to convince the customer about the benefits of the product and facilitate its acquisition. The further study of its characteristics, the product has a greater adoption option. For this reason, the effect of the granulometry and the mixing ratio on the physical and mechanical properties of a material composed of a mixture of oil palm kernel of the *Elaeis guineensis* Jacq. and recycled Polypropylene plastic (PPr) was studied. To collect and evaluate results, ground shell was mixed with mixing ratios of shell and plastic at a rate of 20:80 and 40:60 respectively.

The results show that the density of the compounds increases significantly with the increase in the proportion of shell fibers. In static bending, there are no significant differences between the ELP, MOR and MOE averages, both with the grain size of the fibers and the shell-to-plate proportions. In parallel compression it can be stated that neither the granulometry, nor the proportions of shell fibers and polypropylene plastic, have no effect on the ELP and MOE values; Regarding the MOR, it was evidenced that there are significant differences due to the granulometry. In hardness it was observed that there is no significant difference between the averages due to factors both in granulometry and in the proportions of shell fibers and polypropylene plastic; in the section factor if it presented significant differences. Regarding the resistance to nail extraction, significant differences were found with the granulometry factor, no significant differences were found due to the factors proportions of inputs and the test section of the compounds. In the resistance to screw extraction, it was shown that there is a highly significant difference between the granulometries and between the sections, this did not occur with the factor proportions of shell fiber and polypropylene plastic, having no influence on the resistance to extraction of screw.

Keywords: Compression, density, hardness, granulometry y proportion.

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de la sociedad actual en el cuidado del ambiente ha obligado a que la manufactura de la industria adquiera nuevos procesos y metodologías que posibiliten emplear de manera eficaz los recursos naturales existentes. Razón por la cual en la actualidad se ha abierto un espacio amplio para la investigación de materiales amigables con el ambiente.

Con el fin de encontrar soluciones para desechos agrícolas y materiales inorgánicos, se pretende realizar investigaciones para dar solución ambiental. Además, hay una serie de recientes trabajos en el campo de la ingeniería civil, mecánica, arquitectura y la construcción. Han centrado sus esfuerzos en desarrollar no solo técnicas y procesos constructivos novedosos, sino productos e insumos de construcción no convencionales, buscando reducir costos finales de proyectos e iniciando la búsqueda de alternativas y modificaciones a mezclas de desechos de usos domésticos y agrícolas que lo permitan encontrar una respuesta para este tipo de desechos tales como plásticos y cuesco de palma aceitera que es un residuo de la producción de aceite de palma, que principalmente se usa en el país como relleno para vías y como combustible para producir energía en la misma producción de aceite.

El estudio de combinaciones entre residuos de polipropileno y fibras de origen vegetal, posee enfoques significativos, donde se encuentra la problemática ambiental en cuanto a la producción y consumo masivo de plásticos en la actualidad, razón por la cual se pretende la reutilización de estos componentes orientándolos a formar nuevos materiales y productos amigables al ambiente, es

por ello que el beneficio va más allá de un grupo limitado de personas puesto que si se proyecta a gran escala esta propuesta, se estaría generando ingresos y plazas de trabajo en diferentes áreas, fomentando así una cultura de responsabilidad con el ambiente y el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar el proceso a través del tiempo.

A nivel mundial, nacional, regional y local, el uso del plástico es aceptado por toda la sociedad sin excepción. La oferta y demanda van paralelos por la versatilidad y la seguridad que representa en el traslado y la conservación de los productos. El plástico es un invento del siglo porque toda la población sin excepción lo utiliza en debida forma. Se afirma que está material encontró un nicho en la vida del hombre en todo que hacer.

Industrialización de palma aceitera en región de Ucayali en las últimas décadas ha generado miles de toneladas del residuo, llamado cuesco y escobajo. En cierto grado este desecho orgánico al no encontrar cabida en aprovechamiento apropiado por los pobladores en mayor escala. Las empresas desechan y dejan en abandono en intemperie en las orillas de pista y ríos.

Con esta investigación se pretende aportar información básica pero fundamental de un producto convencional obteniendo de estos dos factores contaminantes, (Cuesco y PPr). Evaluación de estudio de las propiedades físicas y mecánicas apropiados según la Norma técnica peruano administrado por Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Con respuesta de significancia de la hipótesis planteado, cumpliríamos el objetivo propuesto.

A su vez el objetivo general fue determinar la influencia de la granulometría y proporción de mezcla de fibras de cuesco de palma aceitera (*Elaeis guineensis*

Jacq.) y plástico *Polipropileno reciclado (PPr)* en las propiedades física y mecánicas de los compuestos; y los objetivos específicos fueron: Determinar la influencia de dos granulometrías y dos proporciones de mezcla de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico *Polipropileno reciclado (PPr)* en la densidad del compuesto según NTP 251.0116.2014 y determinar la influencia de la granulometría y proporción de mezcla de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico *Polipropileno reciclado (PPr)* en propiedades mecánicas del compuesto, como: flexión estática según NTP 251.017.2014, en la compresión paralela según NTP 251.014:2014, en la dureza de los lados según NTP 251.015.2014, en la extracción de clavos según NTP 251.036.2015 y en la extracción de tornillos según NTP 251.087.1986 revisada el 2012.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema.

En la ciudad de Pucallpa existe varios factores que contaminan el ambiente, de los cuales uno es acumulación de las fibras del cuesco de palma aceitera producto de industrialización, esta al descomponerse emite un olor desagradable que incomoda a la vecindad circundante.

El cuesco de la palma aceitera es la parte del fruto que rodea la semilla, siendo un gran problema en la actualidad en las plantas extractoras de aceite, ya que originan gran cantidad de residuos de cuesco y con muy pocas alternativas de aprovechamiento para estos desechos, lo cual provoca un grado muy alto de contaminación en las zonas cercanas y causa ciertas afecciones a las personas involucradas como lo es enfermedades en la piel, molestias en los ojos, enfermedades respiratorias y malos olores como resultado de la descomposición de los productos orgánicos.

El otro factor es la acumulación por toneladas de todo tipo de plásticos que los pobladores desechan como residuos sólidos. Esta con el agua de la lluvia se traslada a los desagües obstruye el paso de escorrentía y provoca inundaciones. Para la fauna silvestre provoca cambios en ecosistema natural provocando daños de supervivencia.

Leiva Chacón & Torres Gualpa (2007) afirman que hoy en día, el plástico presenta una demanda global de alrededor de 55 millones de toneladas al año puesto que

los polímeros han logrado desplazar a los materiales metálicos y cerámicos, es por ello que sus residuos representan uno de los impactos ambientales más significativos a nivel mundial.

Del número total de toneladas anuales de plástico producida, se estima que más del 78% en peso corresponde a la categoría de termoplásticos, entre los cuales se encuentra el polietileno de alta y baja densidad (LDPE y HDPE), polipropileno (PP), tereftalato (PET) y cloruro de polivinilo (PVC). Específicamente la producción del polipropileno es de 19,3 %, los mismos que están presentes en envases de alimentos, envoltorios de caramelos y aperitivos, recipientes aptos para microondas, tuberías, piezas de automóvil (Market & GmbH, 2020).

Para solucionar este problema se pretende desarrollar un material compuesto con fibras de cuesco de la palma aceitera y tipo de plástico polipropileno reciclado (PPr) diluido, cuyo objeto compuesto remplazara en cierto modo a la madera con la salvedad de tener mayor durabilidad en muebles, postes, viguetas y etc. El producto también reducirá la deforestación y consecuentemente el impacto de cambio climático.

Obtención del compuesto se hará mediante la mezcla de proporciones de cuesco en granulometría por estudiar, con plástico polipropileno reciclado (PPr) diluido y matizado con maquina extrusor calentado con sistema de temperatura en cañón y empuje para introducir material compuesto al molde, para completar objetivo se llevará a cabo evaluaciones físicas y mecánicas del material compuesto.

Con el presente proyecto de investigación se pretende resolver el siguiente problema general:

¿De qué manera influye la granulometría y proporción de mezcla de fibras de cuesco de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) y plástico *Polipropileno reciclado (PPr)* en las propiedades física y mecánicas de los compuestos?

Y a su vez resolver los problemas específicos:

¿Cuál es la influencia de dos granulometrías y dos proporciones de mezcla de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico *Polipropileno reciclado (PPr)* en la densidad del compuesto según NTP 251?0116.2014?

¿Cuál es la influencia de la granulometría y proporción de mezcla de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico *Polipropileno reciclado (PPr)* en propiedades mecánicas del compuesto, como: flexión estática según NTP 251.017?2014, en la compresión paralela según NTP 251.014.2014, en la dureza de los lados según NTP 251.015.2014, en la extracción de clavos según NTP 251.036.2015 y en la extracción de tornillos según NTP 251.087.1986 revisada el 2012?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El cuesco son partículas lignocelulósicas duras y compactas, que rodean las almendras de los frutos del aceite de palma. En la actualidad, la práctica común es quemarlo como combustible en las calderas de vapor. Se ha prestado poca atención a su uso de valor agregado. Sin un tratamiento previo, no es factible un uso alternativo, menciona (Van Dam, 2016).

En general se han hecho investigaciones en tal sentido como el uso de cascarilla de arroz, la concha o cascara de coco, el bagazo de la caña de azúcar, materiales de tipo vegetal de los cuales se quiere sacar algún provecho, apuntando todo a lo que últimamente se le conoce como “desarrollo sostenible”, menciona (Oceana, 2018).

(Buzón 2009), menciona que regulaciones ambientales en la materia cada día son más severas y las plantas procesadoras de palma aceitera producen a diario desecho de cuesco en cantidades considerables. Por ello los mismos agricultores tratando de dar solución a este problema, implementado como material de base en vías terciarias internas o externas, en las mismas fincas o plantaciones donde se cultiva la palma y así evacuar un poco las grandes cantidades acumuladas.

En el Perú se formuló la LEY N° 30884, en cumplimiento derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, para ello reducir el impacto adverso del plástico de la basura marina, fluvial y lacustre y de otros contaminantes similares, en la salud humana y del ambiente (LEY N°30884., 2018).

El uso de fibras naturales como refuerzo para termoplásticos ha despertado interés debido al bajo costo, mencionan (Bonelli, Elzubair, Miguez Suarez, & Mano, 2005),

que realizaron la evaluación de las propiedades térmicas, mecánicas y morfológicas de compuestos de polietileno de alta densidad reciclada (HDPE) y fibra de piassava de la Amazonía (*Leopoldinia piassaba*), tratada y no tratada, en diferentes proporciones (5%, 10% y 15% de fibra). Se ha comprobado que los compuestos presentaron un mejor rendimiento mecánico.

Para (García *et al.*, 2013) “un material compuesto es aquel que se forma al mezclar dos o más materiales distintos, sin que haya reacción química. El material compuesto presenta dos elementos principales: un refuerzo y una matriz.”

Buscando la reducción de costos parciales y finales en los proyectos arquitectónicos y de ingeniería (Torne & Gómez, 2015), mencionan que incorporaron como agregado grueso a cuesco de palma africana los resultados determino buen mezclado con cemento.

En busca de impacto económico y ambiental positivo se realizó análisis en laboratorio que el material cumpliría especificaciones técnicas para las capas de base. Para ello se utilizó cuesco de palma aceitera. Objeto de la caracterización fue establecer si puede ser utilizado como agregado grueso o fino en las pacas granulares de la estructura. Menciona (Becerra, 2017).

En la búsqueda de presentar un producto sustituto con mejores cualidades que la madera natural. Producir madera plástica por medio de la combinación de celulosa de paja de (trigo, cebada y maíz) y polietileno de tereftalato (PET) a través del método de exposición al calor con la cual obtuvo una plancha celu-plástica mucho más resistente a inclemencias ambientales, pudiendo industrializarse y bajar los niveles de contaminación ambiental.

El avance científico ha revelado grandes cambios en refiere al uso correcto de nuevos materiales capaces de resistir al fuego. Existen algunos termoplásticos

como el polipropileno (PP, tetrabrik) que, debido a su composición química, alcanza buena resistencia al fuego, el uso de estos materiales en la fabricación de tableros de madera plástica puede aportar un valor agregado superior a estos últimos respecto a otros tipos de tableros de partículas convencionales (Henek, Venkrbec, & Novotný, 2017)

En Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos que se generan. El año 2016, a nivel nacional se generaron 7'005,576 toneladas de residuos sólidos de municipales urbanos, tales como (plástico, vidrio, cartón, entre otros). El Ministerio del Ambiente (MINAM) publicó en diciembre del 2017 el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que entre sus objetivos busca minimizar la generación de residuos sólidos en el origen (viviendas, empresas, industrias, comercios, entre otros), menciona en su página web (SINIA, 2018).

Según la información del web (Oceana, 2018) describen que los plásticos desechables que sirven unos minutos o que "usas y tiras", estos pueden ser cañitas, botellas, envases de tecnopor, cubiertos, envolturas, entre otros, demoran cientos de años en degradarse.

Los plásticos ocupan el segundo lugar en cantidad de residuos desechados en el mundo, luego de los restos orgánicos. La mayoría no es tratada para ser reutilizado, el 91% del plástico que fabrica no se recicla. En el Perú, solo se recicla el 0.3% de las 950 mil toneladas de plástico desechadas. El 94% de los comercios del país utiliza bolsas como empaque, en promedio se usan 3 millones de bolsas plásticas al año.

De acuerdo con estudios del (MINAM), Cada minuto se vierte al mar el equivalente a un camión de basura lleno de plásticos. según Naciones Unidas, al menos 15% de las especies que ingirieron microplásticos, están en peligro de extinción. Perú

tiene algunas de las playas más contaminadas en latinoamérica y el mundo. Según el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), casi la mitad (el 46%) son plásticos, este fue el resultado de la limpieza de playa del año 2016.

Esta investigación tiene como objetivo principal fabricar ladrillos livianos mencionan (Léctor & Villareal, 2017), para ello se adiciono plástico reciclado (PET) con 3 tipos de dosificación 1:7:3 (cemento: arena: confitillo), Luego a esta dosificación se le adiciono en porcentajes de 35%, 45%, 55% y 100% de PET del peso del cemento. Luego se realizó el ensayo de resistencia a la compresión, teniendo como resultado la dosificación 1:7:3 + 55% de PET, con una resistencia a los 28 días de 57kg/cm². La incorporación de un agente espumante redujo la densidad del polímero reciclado de 938 kg/m³ a 801 kg/m³. En los compuestos con 15% y 25% de fibra con agente espumante sin la incorporación del agente de acoplamiento, la densidad fue de 872 kg/m³ y 922 kg/m³ respectivamente (Moreno P. *et al.*, 2013)

La madera plástica, siendo un material compuesto por plástico reciclado (bolsas de basura, mangueras, cajas plásticas y residuos plásticos de industrias de envasado) y residuos de madera, ha sido uno de los insumos que se ha venido implementando en la industria por presentar ventajas de resistencia a los agentes degradativos, facilidad de moldeado y no requiere mantenimiento. Adicionalmente, es un material viable de uso por su durabilidad, impacto ambiental y su resistencia en compresión paralela a la fibra se obtuvo una resistencia promedio de 17, 92 Mpa (Ruiz J., Diego A. Lozano D. y González J., 2019).

De la práctica de la prueba de dureza a la madera plásticas, a diferencia de la madera de cualquier tipo que a esta se puede practicar en el sentido radial y en el sentido tangencial; esta difiere ya que no cuenta con estas características. De la

prueba de dureza a la madera plásticas se obtiene un valor promedio de 201.7 kg (Pérez E., 2010)

Aplicando a la probeta una carga en sentido paralela a la posición del tornillo (Pérez E., 2010) obtuvo resultado de este ensayo de suma importancia ya que se pudo observar que la madera plástica soporto de buena manera la carga que fue aplicada al sistema; siendo los tornillos los llegaron a fallar por un esfuerzo a corte y quedando en un buen estado las dos piezas del producto reciclado.

En este sentido, (Leal, Fonseca, Ferreira, & Bohrz, 2009) elaboraron compuestos a base de polipropileno con 40 por ciento de cáscara de arroz, obteniendo un compuesto con una densidad de 0,94 g/cm³. Además, registró que la resistencia a la tensión de los composites disminuye con el incremento del componente lignocelulósico, con una deficiente área interfacial entre los componentes, de manera que los débiles enlaces entre ellos disminuyen la resistencia a la tensión.

Tabla 1.

Algunas propiedades mecánicas de materiales compuestos con fibras naturales.

Fuente	Matriz	Refuerzo lignocelulósico	Proporción del refuerzo (%)	Tensión		Flexión	
				MOR (Mpa)	MOE (Gpa)	MOR (Mpa)	MOE (Gpa)
Samal, Mohanty, & Nayak, (2009)	PP	Bambú	30	43,96	1,2	56,2	2,5
Cárdenas, (2012)	PP	Partículas de Pino	50	21	1,5 -1,7	25	1
Vallejos, (2006)	PP	Cáñamo	30	37,2	2,7	69,4	4,1

Además, otros investigadores como Cárdenas (2012) y Moya, Poblete, & Valenzuela (2020) elaboraron compuestos reforzados con material lignocelulósico, a base de pino con PP y PE reciclado, respectivamente y obteniendo un compuesto con densidades de 0,99 g/cm³-1,05 g/cm³ y 1,06 g/cm³-1,11 g/cm³,

respectivamente. Por su parte, (Lázaro, 2016) registró que las propiedades de densidad, tensión, flexión e impacto del compuesto bambú-plástico, se encontraron por debajo de los valores comunes. Sin embargo, los compuestos con malla ASTM -60/+80 y 30 por ciento de contenido de partículas de bambú fueron los que presentaron mejores propiedades físico-mecánicas. Mientras que los compuestos con 50 por ciento de contenido de partículas fueron las que presentaron menores propiedades.

2.2 Fundamento teórico del problema

2.2.1 El polipropileno

Es el segundo termoplástico lineal más común de la familia de las poliolefinas. En comparación con el polietileno de alta y baja densidad, el PP tiene una baja resistencia al impacto, pero tiene una mayor resistencia a la tracción y trabaja a temperaturas superiores. El PP es principalmente fabricado por procesos de polimerización para obtener cadenas estructurales altamente regulares (La Mantia, 2012)

2.2.1.1 Propiedades mecánicas del Polipropileno

Módulo de elástico :0,896 – 1,55 GPa

Resistencia mecánica a la comprensión :0,405 – 0,427

Resistencia mecánica a la tracción :27,6 – 41,4 MPa

2.2.1.2 Propiedades físicas del Polipropileno

Absorción de agua - equilibrio (%) :0,03

Densidad (g/cm³) :0,9

2.2.1.3 Principales propiedades del Polipropileno

- Resistente al Uso.

- Resistencia a los agentes químicos.

- Resistencia al agua hirviendo.
- Resistencia a las cargas.
- Resistencia a los detergentes.
- Bajo costo, fácil de moldear y colorear

2.2.2 Polipropileno reciclado

El polipropileno (PP) es usado en un amplio rango de aplicaciones. Las principales fuentes del PP recuperado son carcasas de batería, películas, partes de automotores, etc. En muchos casos, la estructura y morfología, y las propiedades del PP son muy similares a las del polímero virgen. Cambios significantes en la estructura, morfología y propiedades son hallados cuando las partes del PP son expuestas a duras condiciones durante su vida útil, en particular, parachoques de carros sujetos a exposiciones al aire libre, tubos para el agua caliente, etc. La degradación del PP se debe a la pérdida de estabilizadores y son particularmente rápidos y peligrosos. De hecho, el PP es muy propenso a todo tipo de degradación por su estructura química especialmente por la presencia de un flojo átomo terciario de carbono en la cadena principal. Los fenómenos de degradación durante el proceso son acelerados por la presencia de esfuerzos mecánicos. Por esta razón solamente una buena estabilización permite el proceso y el uso del PP (La Mantia, 2012).

Buzón (2009) menciona que, en su objetivo de la investigación, se planteó dar uso de cuesco de palma, sustituyendo parcialmente el consumo de materias convencionales tales como (agregado grueso y fino), muchas veces escasas o ubicadas en sitios distantes de aquel donde se les requiere, este desecho llamado cuesco presenta alta dureza y poco peso. Por estas

mismas características mecánicas de dureza, resistencia y bajo peso, se usó el cuesco como material constitutivo de mezclas de concreto y de mortero en la fabricación de adoquines y bloques de mampostería.

Según Becerra (2017) esto, se puede apreciar que no se está aprovechando el desecho en su totalidad, y que un gran porcentaje se está llevando a calderas aumentando la contaminación ambiental.

Según el Estudio de mercado nacional de madera y productos de madera por la empresa social holandesa SNV y el Centro de Innovación Tecnológica de la Madera (CITEmadera), la demanda de madera aserrada por parte del sector construcción equivale al 45% del mercado nacional de madera. (Germán, 2010).

Un caso de estudio típico donde se evalúa la utilización de cuesco de palma africana como una alternativa de combustible para uso comercial e industrial frente al diésel y GLP. (Mario & Heredia, 2017), Revela que el uso de cuesco de palma aceitera como alternativa para producir energía térmica puede representar importantes ahorros y que la inversión en la implementación de la infraestructura asociada puede ser recuperada en periodos de entre 4.3 y 3.8 años.

2.2.3 Clasificación de madera según los valores tecnológicos.

a) Densidad básica (g/cm³)

Según Arostegui (1982) clasifica a la madera por su densidad en:

Muy Bajo (MB)	: Menos de 0,30 g/cm ³
Bajo (Ba)	: De 0,31 g/cm ³ a 0,40 g/cm ³
Medio (M)	: 0,41 g/cm ³ a 0,60 g/cm ³
Alto (A)	: 0,61 g/cm ³ a 0,80 g/cm ³
Muy Alto (MA)	: Más de 0,81 g/cm ³

b) Flexión estática.

b.1. Esfuerzo de la Fibra al Límite Proporcional (ELP).

Según Puchaicela, (2013):

Muy Bajo (MB)	: Menos de 465 Kgf/cm ²
Bajo (B)	: De 466 Kgf/cm ² a 668 Kgf/cm ²
Medio (M)	: 669 Kgf/cm ² a 889 Kgf/cm ²
Alto (A)	: 890 Kgf/cm ² a 1035 Kgf/cm ²
Muy Alto (MA)	: Más de 1036 Kgf/cm ²

b.2. Módulo de Ruptura (MOR)

Muy Bajo (MB)	: Menos de 300 Kgf/cm ²
Bajo (B)	: De 301 Kgf/cm ² a 500 Kgf/cm ²
Medio (M)	: 501 Kgf/cm ² a 800 Kgf/cm ²
Alto (A)	: 801 Kgf/cm ² a 1000 Kgf/cm ²
Muy Alto (MA)	: Más de 1001 Kgf/cm ² (Arostegui, 1982)

b.3. Módulo de elasticidad (MOE)

Puchaicela (2013) afirma:

Muy Bajo (MB)	: Menos de 104 Kgf/cm ²
Bajo (B)	: De 105 Kgf/cm ² a 140 Kgf/cm ²
Medio (M)	: 141 Kgf/cm ² a 182 Kgf/cm ²
Alto (A)	: 183 Kgf/cm ² a 225 Kgf/cm ²
Muy Alto (MA)	: Más de 226 Kgf/cm ²

c) Resistencia a la dureza (lados y extremos)

Muy Bajo (MB)	: Menos de 200 Kgf/cm ²
Bajo (B)	: De 201 Kgf/cm ² a 400 Kgf/cm ²
Medio (M)	: 401 Kgf/cm ² a 600 Kgf/cm ²
Alto (A)	: 601 Kgf/cm ² a 800 Kgf/cm ²
Muy Alto (MA)	: Más de 801 Kgf/cm ² (Arostegui, 1982)

d) Resistencia a la extracción de clavos.

Muy Bajo (MB)	: Menos de 50 Kgf/cm ²
---------------	-----------------------------------

Bajo (B)	: De 51 Kgf/cm ² a 100 Kgf/cm ²
Medio (M)	: 101 Kgf/cm ² a 150 Kgf/cm ²
Alto (A)	: 151 Kgf/cm ² a 200 Kgf/cm ²
Muy Alto (MA)	: Más de 201 Kgf/cm ² (Arostegui, 1982)

Tabla 2.
Criterios cuantitativos de las propiedades Mecánicas

PROPIEDAD MECÁNICA	RANGO	CALIDAD	GRADO
FLEXIÓN			
Módulo de elasticidad (MOE)			
Clasifica a la madera por su resistencia o esfuerzo a la aplicación de una carga central sin causar deformaciones.	Menor de 100 t/cm ²	Muy Flexible	I
	De 101 a 120 t/cm ²	Flexible	II
	De 121 a 150 t/cm ²	Poco rígida	III
	De 151 a 200 t/cm ²	Rígida	IV
	Mayor de 200 t/cm ²	Muy rígida	V
Módulo de ruptura (MOR)			
Clasifica a la madera según su resistencia a esfuerzos en el cual se produce la falla o ruptura. Se rompe por influencia de una carga.	Menor de 300 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 300 a 500 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 501 a 800 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 801 a 1000 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 1000 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
COMPRESIÓN			
Compresión Perpendicular			
Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras. Esfuerzo de las fibras en el limite proporcional de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras	Menor de 10 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 10 a 40 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 41 a 70 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 71 a 100 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 100 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
Compresión Paralela			
Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección paralela a las fibras. La carga que produce la falla se considera resistencia máxima a la compresión paralela al grano.	Menor de 120 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 120 a 240 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 241 a 360 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 361 a 480 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 480 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V

CIZALLAMIENTO			
Corte paralelo a las fibras. Resistencia que ofrece la madera a la acción de dos fuerzas opuestas	Menor de 30 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 30 a 60 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 61 a 90 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 91 a 120 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 120 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
DUREZA EN LOS LADOS			
Resistencia de un cuerpo a la penetración de otro. Se clasifican el promedio de las cargas máximas de las cuatro caras de la pieza de madera. Sirve para clasificar a la madera según su dureza lateral.	Menor de 100 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 100 a 300 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 301 a 600 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 601 a 900 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 900 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V

Fuente: Guía de procesamiento Industrial de las maderas LKS del proyecto de WWF (Sibille, 2006)

2.2.4 Madera plástica.

La madera plástica se obtiene a partir del reciclaje de los residuos sólidos urbanos (RSU) y plásticos 100% reciclados. Los principales residuos sólidos urbanos son los residuos de madera, los residuos de papel y los residuos de plástico (Stark, Winandy, & Clemons, 2004). El reciclaje de estos componentes para la elaboración de la madera plástica permite que presente mayores prestaciones que la madera convencional, ofreciendo grandes oportunidades de aprovechamiento de las ventajas estéticas de la madera natural además mejorando sus propiedades al incorporar las ventajas del plástico. La madera fabricada con plástico reciclado se caracteriza por ser un material 100% reciclado y reciclable, evitando la tala de árboles, por lo que es un elemento con un alto porcentaje ecológico. (Stark, Winandy, & Clemons, 2004).

Definición de términos básicos

Compresión

Dentro de las propiedades mecánicas que son de mayor interés en el comportamiento estructural de materiales se encuentran la resistencia a compresión, Esta propiedad se evalúan mediante pruebas con prensas universales describe, (Constructor Civil, 2011).

Cuesco

El cuesco se refiere a la cáscara que recubre la almendra y a las fibras resultantes del proceso de prensado del fruto. Las cascara de la almendra tienen un poder calorífico de 12.56 MJ/Kg y equivalen aproximadamente al 7% del peso del racimo, mientras que las fibras tienen un poder calorífico de 8.97 MJ/ Kg y son el 10% del peso del racimo (Forero Núñez, y otros, 2012).

Densidad

La densidad es la relación entre la masa y el volumen ($V = m/v = g/cm^3$), los materiales están muy relacionadas con el contenido de agua, por lo que es imprescindible medir siempre la densidad en condiciones concretas. Normalmente, se mide con una humedad del del ambiente describe (Tknica, 2018).

Dureza

La aplicación del ensayo de dureza le permite evaluar las propiedades de un material, tales como su fuerza, ductilidad y resistencia al desgaste. También le ayuda a determinar si un material o el tratamiento de un material es adecuado para el propósito deseado, menciona (struers, 2019).

Endocarpio o cuesco

Es el endocarpio o cáscara dura que recubre la semilla de la palma africana, también llamada palmiste. (Fedepalma, s.f.).

Extracción de clavos y tornillos

Son objetos que determinan unión de dos materiales, estos pueden ser diferentes pero su función es dar resistencia en la unión. (Descripción propio).

Extrusor

Extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio. La extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja (hilera) describe (Tecnología de los Plásticos, 2011).

Flexión

Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. (Ensayos de flexion, 2018).

Materiales Compuestos

Se definen como las combinaciones de dos o más materiales a partir de una unión química o no química. Estos materiales que forman el compuesto poseen propiedades mejores que las que presentan los materiales componentes por si solos. (Composites, 2016).

Mezcla

Se conoce como mezcla a la combinación de dos o más sustancias, sin que se produzca como consecuencia de esta una reacción química y las sustancias participantes de la mencionada mezcla conservarán sus propiedades e identidad, describe (Definicion ABC, 2019).

Plástico

El término plástico se aplica a las sustancias de similares estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen durante un intervalo de

temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones (Wiki culturalia, 2013).

Polipropileno (PP)

Es un polímero termoplástico, fabricado por la industria química y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo los envases, textiles (por ejemplo, cuerdas, ropa interior térmica y alfombras) y contenedores reutilizables de varios tipos, equipos de laboratorio (Manufacturing terms, 2019)

Propiedad física

Las características físicas de la madera más importantes para la construcción son: el contenido de humedad, la higroscopicidad, la merma, la densidad, tendencia a curvarse, etc. El conocimiento de dichas características es muy importante para poder utilizar el material adecuado. (Tknica, 2018).

Propiedad mecánica

Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos. (Educación Tecnológica, 2019).

Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen domiciliario, describe (Orsu, 2019).

Resistencia

La Resistencia de Materiales es una rama de la mecánica que estudia el comportamiento de los sólidos sometidos a cargas exteriores. Dentro de la mecánica se consideran tres campos fundamentales. (tecnología, 2017).

CAPITULO III

METODOLOGÍA.

3.1. Método de investigación

En la presente investigación se utilizó el método experimental, porque los factores de análisis como granulometría y proporción de fibras del endocarpio o cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno reciclado (PPr), variaron a voluntad del investigador y se llevó a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de modo detallado el proceso de la investigación.

En caso de granulometrías de cuesco o endocarpio del fruto de palma aceitera se realizó con tamices N° 8 y 16. Cada uno se mezcló dos proporciones con plástico polipropileno reciclado (PPr). Composición que se planteo es lo siguiente, 20% de cuesco con 80% de plástico (PPr) y 40% de cuesco con 60% de plástico (PPr)). Se realizaron evaluaciones de las propiedades físicas (densidad) y en propiedades mecánicas (Comprensión, dureza, flexión estática, extracción de clavos y tornillo).

Tabla 3.

Composición para obtención del material compuesto.

Propiedades	PPr (picado)			
	Granulometría con tamiz No. 8 (2,380 mm)		Granulometría con tamiz No. 16 (1,190 mm)	
Compresión	20:80	40:60	20:80	40:60
Dureza	20:80	40:60	20:80	40:60
Flexión estática	20:80	40:60	20:80	40:60
Extracción de tornillo	20:80	40:60	20:80	40:60
Extracción de clavos	20:80	40:60	20:80	40:60
Densidad	20:80	40:60	20:80	40:60

En la tabla 3 se observa las pruebas físicas y mecánicas adecuados según la Norma Técnica Peruana (NTP) para este material. Obteniendo 24

composiciones de mezclas, cada prueba tendrá 4 repeticiones, cantidad de probetas de muestra fueron 96 unidades para evaluar.

3.2. Población y muestra.

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por 96 unidades o barras del compuesto, producto de la combinación de dos granulometrías de cuesco o endocarpio del fruto de palma aceitera y dos proporciones de la mezcla de cuesco o endocarpio de palma aceitera y plástico polipropileno reciclado, es decir 24 barras por combinación

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por las 96 unidades o barras de compuestos de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno, que constituyeron la población.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Obtención de la materia prima.

El plástico polipropileno reciclado (PPr), se obtuvo de los recicladores de plásticos de ciudad de Pucallpa. Previamente se realizó el picado con la ayuda de molino motorizado eléctrico con dimensión de 1 cm x 1 cm. Luego se realizó el lavado de (PPr) en bandeja con abundante agua y detergente. El cuesco o endocarpio de palma se obtuvo de la empresa Industrial OLAMSA (Oleaginosas Amazónicas S.A.), y se procedió a moler con la ayuda de un molino manual, luego fue tamizado con tamiz N° 8 y N° 16 (tamaño de malla de tamiz)

3.3.2. Elaboración de las barras de compuesto.

Etapa I. Preparación de materiales:

Se pesaron los materiales tanto el plástico polipropileno reciclado (PPr) y las fibras de cuesco o endocarpio del fruto de la palma aceitera utilizando una balanza en kilogramos.

Se prepararon moldes metálicos y fueron diseñados en concordancia con las dimensiones de las probetas, establecidas en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la madera (figura 1)

- Densidad 16 probetas de 5 cm x 5 cm x 10 cm por dosificación.
- Flexión estática 16 probetas de 5 cm x 5 cm x 75 cm por dosificación.
- Comprensión 16 probetas de 5 cm x 5 cm x 20 cm por dosificación.
- Dureza 16 probetas de 5 cm x 5 cm x 15 cm por dosificación.
- Extracción de clavos 16 probetas de 5 cm x 5 cm x 15 cm por dosificación.
- Extracción de tornillos 16 probetas de 5 cm x 5 cm x 15 cm por dosificación.

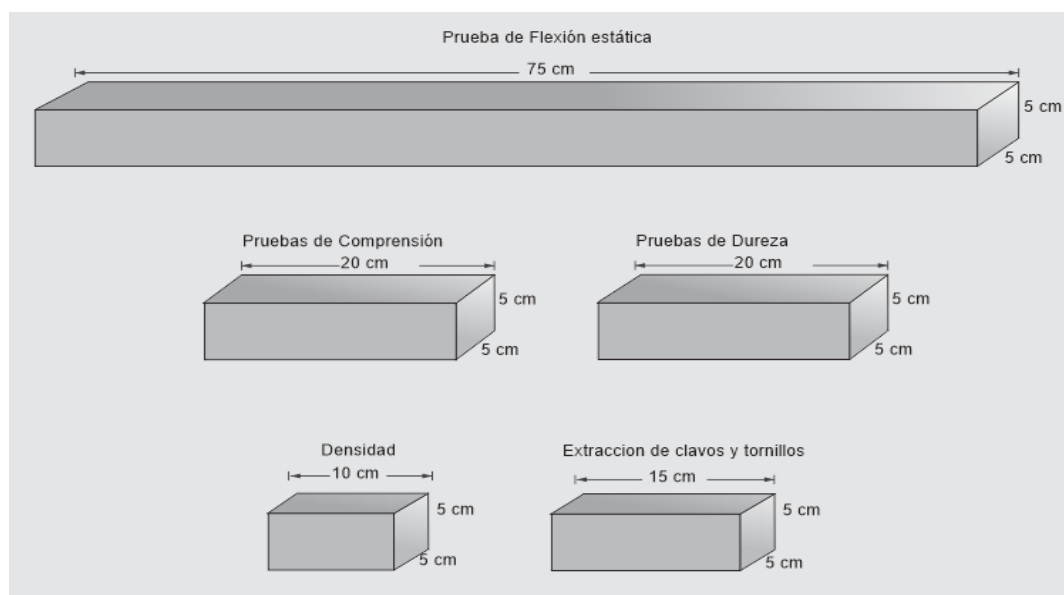


Figura 1. Dimensión de las probetas para evaluación físicas y mecánicas según manual de Norma Técnica Peruano (NTP).

Estos moldes fueron limpiados interiormente con trapo industrial para eliminar todo tipo de impurezas, y luego se le lubricó con una capa de aceite comestible interiormente con la ayuda de trapo industrial, para evitar que el compuesto se pegue en el molde.

3.3.3. Fabricación del material compuesto

Fue calentado el extrusor, en un rango de temperatura de 95°C a 210 °C hasta 290 °C, donde fue diluido la mezcla hasta obtener la probeta.

Una vez alcanzada temperatura deseada se instaló el molde en la boquilla del extrusor, luego se vertió en la tolva proporciones según las combinaciones definidas en estudio, una vez que paso el material extrusado (fundido) en molde, se desinstalo el molde, y fue depositado en tina con agua, manipuleo de molde se realizó con la ayuda de guante de cuero. Proceso mencionado se repitió hasta completar todo el combinado propuesto para este proyecto.

3.3.4. Ensayos de propiedades físicas y mecánicas

La evaluación de propiedades físicas y mecánicas, se realizó en Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU). El equipo indispensable fue la prensa universal de ensayo, marca (Tinues Olsen WILLOW GROVE. PA. U.S.A.), las pruebas adecuadas que se realizaron, se adecuaron a la Norma Técnica Peruana (NTP) que se detalla en la tabla 4.

Tabla 4.

Norma Técnica Peruana (NTP) para cada método de prueba.

NTP	Método para determinar la densidad	Establece los métodos a seguir para determinar la densidad de la madera bajo diferentes condiciones de contenido de humedad.
251.011:2014	Método para determinar la flexión estática	Establece los procedimientos a seguir para la ejecución del ensayo de flexión estática en maderas.
251.017:2014	Método para determinar la compresión axial o paralela al grano	Establece los procedimientos a seguir para la ejecución de ensayo de la compresión axial, o paralela al grano en maderas sólidas

NTP 251.015:2014	Método de determinación de la dureza	Establece los procedimientos a seguir en la ejecución de ensayos para la determinación de la dureza en maderas sólidas,
NTP 251.036:2015	Método de extracción de clavos	La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos a seguir en la ejecución de ensayos para determinar la extracción de clavos en madera sólida.
NTP 251.087:1986 (el 2012)	Determinación de la resistencia a la extracción de tornillos	Establece el método de ensayo para medir la resistencia de la madera a la extracción de tornillos en un plano normal y en un plano paralelo a la dirección de las fibras

a. Ensayo de densidad

La determinación de la densidad se llevó a cabo según NTP 251.0116:2014, la cual establece los procedimientos para determinar la densidad de material compuesto. para este ensayo se usaron probetas de 5 cm x 5 cm de sección x 10 cm de longitud.

$$d = \frac{m}{v} = g/cm^3$$

Donde:

d = densidad de material compuesto g/cm³.

m = masa (g)

v= volumen de material compuesto cm³

b. Flexión estática

Se utilizó probetas con dimensiones del material compuesto de 5 cm x 5 cm x 75 cm de longitud, el ensayo consistió en aplicar una carga central en la cara tangencia de la probeta, con una luz entre apoyos de 36 cm y una velocidad de avance constante de 1,3 mm/min hasta que se produzca la ruptura de dicha probeta, el ensayo se llevó a cabo adaptándola a la NTP 251.017:2014.

Con los datos obtenidos fue calculado lo siguiente: el esfuerzo máximo en flexión o módulo de ruptura (MOR) y el módulo de elasticidad (MOE), para cada probeta.

b.1. Cálculo del esfuerzo de la fibra al límite proporcional

El esfuerzo en el límite proporcional de la fibra se calculó según la fórmula siguiente:

$$ELPF = \frac{1.5P_1L}{2ae^3} \text{ kgf/cm}^2$$

Donde:

P_1 = carga límite proporcional kgf

L = distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm)

a = ancho de la probeta (cm)

e = espesor de la probeta (cm)

Y = deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en cm^3

b.2. Cálculo del módulo de ruptura (esfuerzo unitario máximo)

$$MOR = \frac{1.5 P_1 L^3}{ae^2} \text{ kgf/cm}^2$$

Donde:

P_1 = carga Máxima (kgf)

L = distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm)

a = ancho de la probeta (cm)

e = espesor de la probeta (cm)

b.3. Cálculo del módulo de elasticidad

$$MOE = \frac{0.25PL^3}{ae^2DLP} \text{ kgf/cm}^2$$

Donde:

P = carga Máxima (kgf)

L = distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm)

a = ancho de la probeta (cm)

e = espesor de la probeta (cm)

Y = deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en cm^3



Figura 2. Ensayo de flexión estática

c. Ensayo de compresión paralela al eje longitudinal

Para el ensayo de compresión paralela al eje longitudinal de la barra de compuesto, se utilizaron probetas de 5 cm x 5 cm de sección x 20 cm de longitud. Se establecieron los procedimientos a seguir para la ejecución de ensayos de compresión perpendicular al grano en maderas sólidas. Consistió en aplicar una carga de velocidad uniforme de 0,6 mm/min hasta que la penetración de la placa metálica de precisión sea de 2.5 mm (NTP251.017.201). Con los datos conseguidos se aplicaron la siguiente de formula.

c.1. Esfuerzo en el límite proporcional

$$EFLPP = \frac{P_1}{bxe} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P_1 = carga máxima soportado, en kilogramos fuerza

b = ancho de probeta cm

e = espesor de la probeta cm

c.2. Cálculo del módulo de rotura

$$MOR = \frac{\text{Carga maxima}}{(\text{Ancho prob.}) * \text{Espesor Prob.}} \left(\frac{Kgf}{Cm^2} \right)$$

Donde:

P = carga Máxima soportado, en kilogramos fuerza por cm².

A = superficie de la sección trasversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm²

$$MOR = \frac{P}{A} \text{ Kgf/cm}^2$$

Donde:

ERP = módulo de de ruptura (kgf/cm²).

P_2 = carga máxima soportada por la probeta kg.

b = ancho de probeta en cm

d = espesor de la probeta en cm.

$$ERP = \frac{P_2}{bxd} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

c.3. Cálculo del módulo de elasticidad

$$MOE = \frac{P_1 \cdot l}{A \cdot d}$$

Donde:

P_1 = la carga límite proporcional, en kilogramos fuerza (klf).

l = la distancia entre las abrazaderas del deflectómetro, en centímetros.

A = la superficie de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm^2 .

d = la deformación experimental por la probeta al límite proporcional, en cm.

Donde:

Δ = acortamiento en límite proporcional en cm.

P_1 = carga límite proporcional kg.

L = distancia entre abrazadores deflectómetro (16cm).

b = ancho de la probeta en cm

d = espesor de la probeta en cm

$$MOE = \frac{P_1 \cdot xL}{b \cdot d \cdot \Delta} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$



Figura 3. Ensayo de compresión paralela

d. Ensayo de dureza de lados y extremos

Para este ensayo se usaron probetas de 5 cm x 5 cm x 15 cm. Este ensayo consistió en aplicar cargas constantes en los diferentes lados y extremos hasta conseguir una penetración de 2 mm de una semiesfera, velocidad de la carga fue de 6 mm/min (NTP 251.015.2014).



Figura 4. Ensayo de dureza

Con los datos obtenidos se calcularon el esfuerzo máximo para cada una de las probetas ensayadas. El cálculo se realizó mediante la siguiente formula.

Esfuerzo máximo

$$EM = \text{carga Maxima (kg)}$$

e. Ensayo de extracción de clavos

En este ensayo se usaron probetas de 5 cm x 5 cm x 15 cm, y consistió en obtener la resistencia a la extracción de clavos a través de fuerza externas que se aplicaron a cada clavo. Los clavos que se utilizaron fueron de 2.5 mm de diámetro y se introdujeron 32 milímetros dentro de la probeta de ensayo. Dos clavos fueron introducidos en las caras y uno en los extremos de la pieza. Fue aplicada una carga continua, a una velocidad de 2 milímetros por minuto (NTP 251.036.2015).

Esfuerzo máximo por extracción de clavo

Donde:

$$ERC = C_{max} (Kg/cm^2)$$

ERC: esfuerzo en el límite proporcional en kg/cm^2

b: Ancho de la probeta en *cm*

L: largo de la probeta en *cm*



Figura 5. Ensayo de extracción de clavos

f. Extracción de tornillos (NTP 251.087:1986 revisada el 2012)

En este ensayo se usaron probetas de 5 cm x 5 cm x 15 cm, y consistió en obtener la resistencia a la extracción de clavos a través de fuerza externas que se aplicaron a cada tornillo. Los tornillos que se utilizaron de 2.5 mm de diámetro y fueron introducidos 32 milímetros dentro de la probeta de ensayo. Dos clavos fueron introducidos en las caras y uno en los extremos de la pieza. Este ensayo se realizó con una carga continua, a una velocidad de 2 milímetros por minuto.



Figura 6. Ensayo de extracción de tornillo

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

La técnica utilizada fue la de observación directa en laboratorio y el instrumento utilizado fue la Norma Técnica Peruano (NTP), ejemplos de pruebas realizadas por otros autores, formatos de recolección de datos y fórmulas para realizar los cálculos.

Para efectividad del trabajo de investigación se apoyó con los siguientes:

a) Equipos:

Computadora (Laptop), cámara digital, molino de cuesco, extrusor de plástico, balanza de pesaje en kilogramos, prensa universal de ensayo (Tinues Olsen WILLOW GROVE. PA. U.S.A.).

b) Materiales:

Guantes de jebe, guante de cuero, bandeja, aceite vegetal, detergente, trapos, moldes de fierro, tamices (8 y 16)

c) Insumos

Fibras de cuesco de palma aceitera (tamizado), Polipropileno reciclado (PPr) (picados)

3.5. Procesamiento para recolección de datos

Se inició con la obtención de materias primas, luego se realizó proceso de elaboración para obtener material compuesto y finalmente se procedió con las evaluaciones de propiedades físicas y mecánicas.

3.6. Tratamiento de datos

Se determinaron los valores promedios, desviación estándar y el coeficiente de cada una de las propiedades física y mecánicas de cada una de las combinaciones del material en estudio.

- Para establecer si existen diferencias significativas entre los promedios de propiedad física, (densidad) y propiedades mecánicas (Flexión estática y comprensión paralela al eje) de los 4 tipos de material compuestos, de cuesco de palma aceitera con dos tipos de granulometría y dos proporciones de plástico polipropileno reciclado (PPr), se utilizó el análisis de la variancia de 2 factor (ANVA₂), siendo:

Factor 1: granulometría de las fibras cuesco (8 y 16) tamaño de malla de tamiz.

Factor 2: proporciones (fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado) (20:80 y 40:60) %

Nº de Tratamientos: 4 (tipos de materiales compuestos)

T1: **(G8) (P20:80)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 8 y proporción 20:80 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado

T2: **(G8) (P40:60)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 8 y proporción 40:60 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado

T3: **(G16) (P20:80)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 16 y proporción 20:80 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado

T4: **(G16) (P40:60)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 16 y proporción 40:60 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado

Nº de repeticiones: 4

Tabla 5.*Esquema del Análisis de variancia de dos factores (ANVA2)*

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc/F _{obs}
Entre granulometría	p - 1	SCa	CMa	CMa/CMr
Entre proporciones	q - 1	SCb	CMb	CMb/CMr
Interacción granulometría x proporciones	(p-1) (q-1)	SCab	CMab	CMab/CMr
Error	(pqn-1)	SCr	CMr	
Total	pqn - 1	SCt		

En el tratamiento de las propiedades mecánicas como dureza, extracción de clavos y tornillo), de los 4 tipos de material compuestos de cuesco de palma aceitera con dos tipos de granulometría y dos proporciones de plástico polipropileno reciclado (PPr), se utilizó el análisis de la variancia de 3 factores (ANVA₃), siendo:

Factor 1: granulometría de las fibras cuesco (8 y 16) tamaño de malla de tamiz.

Factor 2: proporciones (fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado) (20:80 y 40:60) %

Factor 3: Secciones de ensayo (Lados y extremos)

Nº de Tratamientos: 8 (tipos de materiales compuestos)

T1: **(G8) (P20:80) (SL)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 8, proporción 20:80 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección lado

T2: **(G8) (P40:60) (SL)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 8, proporción 40:60 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección lado

T3: **(G16) (P20:80) (SL)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 16, proporción 20:80 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección lado

T4: **(G16) (P40:60) (SL)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 16, proporción 40:60 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección lado

T1: **(G8) (P20:80) (SE)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 8, proporción 20:80 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección extrema

T2: **(G8) (P40:60) (SE)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 8, proporción 40:60 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección extrema

T3: **(G16) (P20:80) (SE)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 16, proporción 20:80 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección extrema

T4: **(G16) (P40:60) (SE)**: Granulometría de las fibras de cuesco en malla 16, proporción 40:60 fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado y sección extrema

Nº de repeticiones: 4

Tabla 6.
Esquema del análisis de variancia de tres factores (ANVA₃)

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F _c /F _{obs}
Entre granulometría	p – 1	SCa	Cma	Cma/CMr
Entre proporciones	q – 1	SCb	CMb	CMb/CMr
Entre secciones	r-1	SCc	CMc	CMc/CMr
Interacción granulometría x proporciones	(p-1) (q-1)	SCab	CMab	CMab/CMr
Interacción granulometría x secciones	(p-1) (r-1)	SCac	CMac	CMac/CMr
Interacción proporciones x secciones	(q-1) (r-1)	SCbc	CMbc	CMbc/CMr
Interacción granulometría x proporciones x secciones	(p-1) (q-1) (r-1)	SCabc	CMabc	CMabc/CMr
Error	(pqn-1)	SCr	CMr	
Total	pqn – 1	SCt		

En los casos en que se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba estadística de Tukey

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Densidad de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno

Tabla 7.

Densidad de los compuestos de fibras de cuesco de palma aceitera – plástico, con dos granulometrías y dos proporciones.

Densidad (g/cm ³)	Granulometría			
	Malla 8		Malla 16	
	P20:80	P40:60	P20:80	P40:60
Promedio (g/cm ³)	0.82	0.89	0.87	0.90
Desv. estándar (g/cm ³)	0.02	0.04	0.06	0.03
Coef. de variación (%)	2.43	4.93	6.55	3.47

La tabla 7 muestra los parámetros estadísticos de la única propiedad física como es la densidad de 4 tipos compuestos, obtenidos por la combinación de dos granulometrías de las fibras del cuesco de palma aceitera del género *elaeis* y de dos proporciones de cuesco - plástico polipropileno reciclado (PPr). Es necesario precisar que los coeficientes de variación de la densidad son bastante bajos no superando ni el 7 %.

Para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de la densidad de los cuatro compuestos se realizó el análisis de la varianza de dos factores.

Tabla 8.

Análisis de varianza de dos factores de la densidad de cuatro compuestos (granulometría y proporción)

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P-Valor	Signif.
Entre granulometría	1	0.0031	0.0031	1.9241	0.1906	N. S
Entre proporciones	1	0.0118	0.0118	7.2228	0.0198	*
Interacción G x P	1	0.0017	0.0017	1.0567	0.3242	N. S
Error	12	0.0196	0.0016			
Total	15	0.0362				

N.S.: No existe significancia.

*: Existe diferencia significativa.

La tabla 8 demuestra que la granulometría del cuesco de las fibras de la palma aceitera, no influye en la densidad del material, más bien las proporciones del material cuesco de palma aceitera y el plástico polipropileno reciclado influyen en la densidad del compuesto.

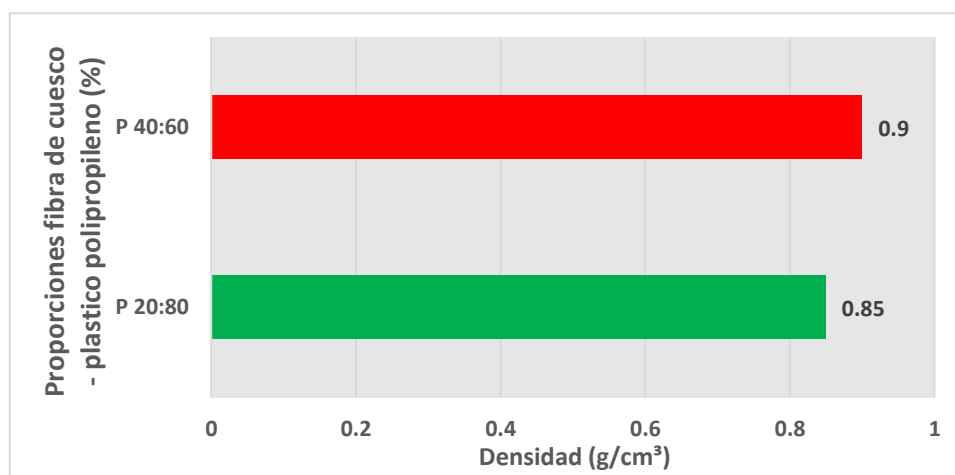


Figura 7. Densidad de dos compuestos con dos proporciones fibras de cuesco de palma aceitera – plástico polipropileno.

La figura 7, muestra que la densidad de los compuestos se incrementa significativamente cuando se incrementa las proporciones de las fibras de cuesco de palma aceitera del género *Elaeis* y a su vez disminuye la proporción del plástico polipropileno reciclado, lográndose 0.9 g/cm³ de densidad en proporciones 40:60 y 0.85 g/cm³ en proporciones 20:80. De acuerdo a la escala establecido por (Arostegui, 1982) los materiales compuestos son considerados de muy alta densidad.

Comparando los resultados obtenidos con los resultados de otros investigadores como (Cárdenas, 2012) y (Moya, Poblete, & Valenzuela, 2020) elaboraron compuestos reforzados con material lignocelulósico, a base de pino con PP y PE reciclado, respectivamente y obteniendo un compuesto con densidades de 0,99 y 1,05 g/cm³ con PP y de 1,06 a 1,11 g/cm³ con PE respectivamente. Por su parte (Moreno P. *et al.*, 2013) incorporando un agente espumante redujo la densidad del polímero reciclado de 938 kg/m³ a 801 kg/m³, además en los compuestos con 15% y 25% de fibra con agente espumante sin la incorporación del agente de acoplamiento,

la densidad fue de 872 kg/m³ y 922 kg/m³ respectivamente, valores muy próximos a los obtenidos en el presente estudio.

4.2 Propiedades mecánicas de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno

4.2.1 Flexión estática

Tabla 9.

Resultados de flexión estática de compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de las fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno.

Propiedades	Parámetros estadísticos	Tratamientos			
		N° 8 P20:80	N° 8 P40:800	N° 16 P20:80	N° 16 P40:60
ELP (kgf/cm ²)	Media	105	86	65	69
	S	30	30	22	36
	C.V. (%)	28.67	35.34	33.91	51.86
MOR (kgf/cm ²)	Media	127	146	143	129
	S	42	8	39	5
	C.V. (%)	33.47	5.46	27.05	4.19
MOE (kgf/cm ²)	Media	14066	17033	16434	15890
	S	1655	3517	2769	638
	C.V. (%)	16.07	70.42	43.26	64.24

La tabla 9 muestra los parámetros estadísticos en la flexión estática como el esfuerzo en el límite proporcional de la fibra (ELP), módulo de ruptura (MOR) y el módulo de elasticidad (MOE) de los compuestos obtenidos de la mezcla de granulometría de las fibras de cuesco (N° 8 y N° 16) y las proporciones fibras – Plástico Polipropileno reciclado (PPr). (20:80 y 40:80). Es necesario precisar que los coeficientes de variación de las propiedades de flexión estática como ELP y MOE presentan elevados coeficientes de variación, como consecuencia de la heterogeneidad del material, debido a la presencia de espacios vacíos en centro de la probeta, formados al momento de su fabricación.

a) **Esfuerzo en el límite proporcional de las fibras (ELP)**

Tabla 10.

Análisis de varianza (ANVA₂) del ELP en flexión estática de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P-Valor	Signif.
Entre granulometría	1	3120.3	3120.3	3.464	0.087	N:S
Entre proporciones	1	211.4	211.4	0.235	0.637	N. S
Interacción G x P	1	544.7	544.7	0.605	0.452	N. S
Error	12	10810.1	900.8			
Total	15	14686.5				

N.S.: No existen diferencias significativas.

La tabla 10 muestra el análisis de variancia de los valores del esfuerzo en el límite proporcional de las fibras (ELP) de los compuestos obtenidos por la mezcla de dos granulometrías de fibras de cuesco de palma aceitera y dos proporciones de fibras de cuesco y plástico polipropileno, en porcentaje.

A su vez se aprecia que no existen diferencias significativas entre los promedios del esfuerzo en el límite proporcional (ELP), debidos a los factores de estudio como la granulometría de las fibras de cuesco de palma aceitera, precisando que el tamaño de malla no tiene incidencia en la resistencia en el ELP.

Por otro lado, se aprecia que tampoco existen diferencias significativas entre las dos proporciones porcentuales de la fibra del cuesco y plástico polipropileno (20:80 y 40:60), por lo tanto, las proporciones de los insumos no influyen significativamente en los valores del esfuerzo en el límite proporcional de la fibra del material compuesto con fibra de cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno reciclado, cuyo valor único fue 81.25 kgf/cm².

b) Módulo de ruptura (MOR) en flexión

Tabla 11.

Análisis de varianza (ANVA₂) del MOR en flexión estática de los perfiles de fibras de cuesco y plástico polipropileno

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P-Valor	Signif.
Entre granulometría	1	0.3	0.3	0.0004	0.985	N. S
Entre proporciones	1	22.2	22.2	0.026	0.874	N. S
Interacción G x P	1	1133.7	1133.7	1.341	0.269	N. S
Error	12	10149.0	845.7			
Total	15	11305.3				

N.S.: No existe significancia.

La tabla 11 pone en evidencia que no existe diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de ruptura en flexión estática, en ninguno de los factores de estudio, por lo tanto se puede afirmar que ni la granulometría de la fibra de cuesco, ni las proporciones de las fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado, no tienen efecto en los valores del MOR, resultando similares los valores en los cuatro compuestos cuesco-plástico; por lo tanto el MOR promedio en flexión para cualquier compuesto será aproximadamente 136kgf/cm². Estos compuestos clasifican como un material de muy baja resistencia a la rotura, comparado con la madera (Sibille, 2006).

El valor promedio del módulo de ruptura encontrado para los cuatro compuestos fibra de cuesco - plástico (136 kgf/cm²) es menor a los MOR reportado por (Samal, Mohanty, & Nayak, 2009) con 56,2 Mpa (573,081 Kgf/cm²), (Cárdenas, 2012) con 25 Mpa (254,929 Kgf/cm²) y (Vallejos, 2006) con 69,4 Mpa (707,683 Kgf/cm²).

c) Módulo de elasticidad (MOE) en flexión

Tabla 12.

Análisis de varianza (ANVA₂) del MOE en flexión estática de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno.

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P-Valor</i>	<i>Signif.</i>
Entre granulometría	1	1500151.0	1500151.0	0.259	0.620	N.S
Entre proporciones	1	5868401.3	5868401.3	1.013	0.334	N. S
Interacción G x P	1	12329482.9	12329482.9	2.127	0.170	N. S
Error	12	69549990.9	5795832.6			
Total	15	89248026.1				

En la tabla 12 se demuestra que no existen diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de elasticidad en flexión por efecto de la granulometría (N° 8 y N° 16) por lo tanto el tamaño de las partículas no tiene efecto sobre el módulo de elasticidad del material compuesto de cuesco de palma aceitera y Plástico *Polipropileno Reciclado (PPr)*.

Por otro lado, se aprecia que no existen diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de elasticidad (MOE) en flexión de las dos proporciones de la fibra del cuesco y plástico polipropileno (20:80 % y 40:60 %), por lo tanto, las proporciones de los insumos no influyen significativamente en los valores del MOE del material compuesto con fibra de cuesco de palma aceitera del género *Elaeis* y Plástico *Polipropileno Reciclado (PPr)*. En consecuencia, los valores del MOE en los cuatro compuestos cuesco-plástico son similares; por lo tanto, el MOE promedio en flexión para cualquier compuesto será aproximadamente 15856 kgf/cm² (15.86 tf/cm²). Estos compuestos clasifican como un material muy flexible, comparado con la madera (Sibille, 2006).

El valor promedio del módulo de ruptura encontrado para los cuatro compuestos fibra de cuesco - plástico (15856 kgf/cm²) es menor a los MOE reportado por (Samal, Mohanty, & Nayak, 2009) con 2,5 Gpa (25492,9 Kgf/cm²), y (Vallejos, 2006) con 4,1 Gpa (41808,4 Kgf/cm²), pero superior al encontrado por (Cárdenas, 2012) con 1 Gpa (10197,2 Kgf/cm²).

4.2.2 Compresión paralela al eje longitudinal

Tabla 13.

Resistencia a la compresión paralela al eje de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de las fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno.

Propiedades	Parámetros estadísticos	Tratamientos			
		G8 P20:80	G8 P40:800	G16 P20:80	G16 P40:60
ELP (kgf/cm ²)	Media	36.1	31.28	73.0	57.1
	S	17.1	27.96	56.1	36.6
	C.V. (%)	47.4	61.68	76.8	64.1
MOR (kgf/cm ²)	Media	128.2	83.0	126.6	124.5
	S	26.4	10.1	17.6	14.8
	C.V. (%)	20.6	12.2	13.9	11.8
MOE (kgf/cm ²)	Media	376.5	311.5	126.6	124.5
	S	128.2	81.2	17.6	14.8
	C.V. (%)	34.1	26.1	13.9	11.8

EFLP: Esfuerzo de la fibra al límite proporcional

MOR: Módulo de ruptura

MOE: Módulo de elasticidad

La tabla 13 muestra los parámetros estadísticos en la compresión paralela al eje longitudinal de los compuestos, obtenidos de la mezcla de granulometría de las fibras de cuesco (N° 8 y N° 16) y las proporciones fibras – Plástico polipropileno reciclado (PPr) en porcentaje (20:80 y 40:60), como el esfuerzo en al límite proporcional (ELP), módulo de ruptura (MOR) y el módulo de elasticidad (MOE). Es necesario precisar que los coeficientes de variación de las propiedades en la compresión paralela al eje longitudinal de los compuestos, como el ELP presentan elevados coeficientes de variación, como consecuencia de la heterogeneidad del material, debido a la presencia de espacios vacíos en centro de la probeta, formados al momento de su fabricación, mientras que el MOR y MOE presentan coeficientes de variación de una población normal, menores de 30%.

a) Esfuerzo en el límite proporcional en compresión paralela

Tabla 14.

Análisis de varianza del esfuerzo en el límite proporcional en la compresión paralela al eje de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P-Valor	Signif.
Entre granulometría	1	150.1	150.1	0.120	0.735	N. S.
Entre proporciones	1	2927.9	2927.9	2.337	0.152	N. S
Interacción G x P	1	385.3	385.3	0.308	0.589	N. S
Error	12	15034.7	1252.9			
Total	15	18498.0				

En la tabla 14 se pone en evidencia que no existe diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de ruptura en compresión paralela al eje longitudinal, en ninguno de los factores de estudio, por lo tanto se puede afirmar que ni la granulometría de la fibra de cuesco, ni las proporciones de las fibras de cuesco y plástico polipropileno reciclado, no tienen efecto en los valores del ELP, resultando similares los valores en los cuatro perfiles cuesco-plástico; por lo tanto el ELP promedio en compresión paralela al eje longitudinal para cualquier compuesto será 51.51 kgf/cm².

b) Módulo de ruptura (MOR) en compresión paralela al eje longitudinal

Tabla 15.

Análisis de varianza del MOR en compresión paralela al eje longitudinal de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P-Valor	Signif.
Entre granulometría	1	13167.6	13167.6	21.488	0.001	**
Entre proporciones	1	756.8	756.8	1.235	0.288	N. S
Interacción G x P	1	591.0	591.0	0.964	0.345	N. S
Error	12	7353.3	612.8			
Total	15	21868.7				

** =Diferencias altamente significativas
N.S: No Existe diferencia significativa

La tabla 15 muestra el resumen del análisis de varianza del módulo de ruptura en compresión paralela al eje longitudinal donde se puede observar que existen diferencias significativas entre el módulo de ruptura (MOR) en compresión paralela debido a la granulometría de las fibras de cuesco. La figura 8 pone en evidencia que los compuestos obtenidos con partículas tamizadas en malla 16 presentan módulo de ruptura en compresión paralela promedio de 126.4 kgf/cm², que supera al MOR del compuesto obtenido con partículas tamizada en malla 8, cuyo valor promedio fue de 104.8 kgf/cm².

Por otro lado se aprecia que no existen diferencias significativas entre los valores promedios del MOR en compresión paralela al eje longitudinal de las dos proporciones porcentuales de la fibra del cuesco y plástico polipropileno (20:80 y 40:60) por lo tanto las proporciones de los insumos no influyen significativamente en los valores del módulo de ruptura del material compuesto con fibra de cuesco de palma aceitera del género *Elaeis sp.* y plástico *polipropileno reciclado (PPr)*, alcanzando un valor promedio 127.4 kgf/cm² para proporciones de 20:80 y para la proporción 40:60 103.7 kgf/cm². De acuerdo con la escala mencionada por (Sibille, 2006), los compuestos con granulometría N° 8 y con proporciones de 40:60 son compuestos de muy baja resistencia a la compresión paralela, mientras que los compuestos con granulometría N° 16 y con proporciones de 20:80 son compuestos de baja resistencia a la compresión paralela

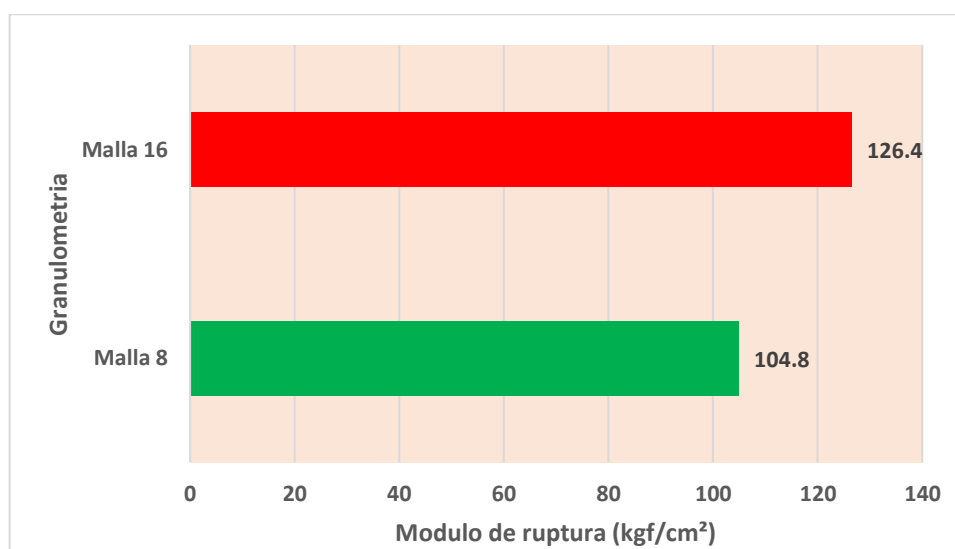


Figura 8. MOR en compresión paralela al eje longitudinal de dos compuestos de fibras de cuesco - plástico polipropileno por granulometría

Si se compara el MOR en compresión paralela con el obtenido por (Ruiz A., Johanna C., et al., 2019) en compuesto por plástico reciclado (bolsas de basura, mangueras, cajas plásticas y residuos plásticos de industrias de envasado) y residuos de madera, quien encontró una resistencia a la compresión paralela promedio de 17, 92 MPA (182.7 kgf/cm²), por lo tanto, se dice que son más resistentes que los compuestos de fibras de cuesco – plástico polipropileno.

c) Módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela al eje longitudinal

Tabla 16.

Análisis de varianza del MOE en compresión paralela al eje longitudinal de los compuestos de fibras de cuesco y plástico polipropileno

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	P-Valor	Signif.
Entre granulometría	1	9060.9	9060.9	0.605	0.452	N. S
Entre proporciones	1	22200.5	22200.5	1.482	0.247	N. S
Interacción G x P	1	1224.1	1224.1	0.082	0.780	N. S
Error	12	179801.4	14983.5			
Total	15	212286.9				

En la tabla 16 se pone en evidencia que no existe diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de elasticidad en compresión paralela al eje longitudinal, en ninguno de los factores de estudio; en consecuencia se puede afirmar que la granulometría de la fibra de cuesco y las proporciones de las fibras de cuesco - plástico polipropileno reciclado, tienen efecto en los valores del MOE, resultando similares los valores en los cuatro compuestos cuesco-plástico; por lo tanto el MOE promedio en compresión paralela al eje longitudinal para cualquier perfil será 234.8 kgf/cm².

Si se compara el MOE en compresión paralela obtenido en el presente trabajo de investigación (234.8 kgf/cm²), con el valor encontrado por (Ruiz A., Johanna C., et al., 2019) para compuesto de madera plástica (300 kgf/cm²) resultando ligeramente mayor a los compuestos cuesco - plástico.

4.2.3 Dureza

La tabla 17 muestra los parámetros estadísticos de la dureza de Janka en los lados y en los extremos de los compuestos, obtenidos de la mezcla de granulometría de las fibras de cuesco (N° 8 y N° 16) y las proporciones fibras – Plástico polipropileno reciclado (PPr) en porcentaje (20:80 y 40:60). Es necesario precisar que los coeficientes de variación de la dureza de los compuestos, presentan elevados coeficientes de variación principalmente en los extremos, como consecuencia de la heterogeneidad del material, debido a la presencia de espacios vacíos en centro de la probeta, formados al momento de su fabricación.

Tabla 17.

Resistencia a la dureza de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno.

Propiedades	Parámetros estadísticos	Tratamientos				Media Secc.
		G8	G8	G16	G16	
		P20:80	P40:80	P20:80	P40:60	
Dureza de lados (kg)	Media	527	508	402	467	476
	S	77.6	139.1	118.8	289.7	156.3
	C.V. (%)	14.7	27.4	29.5	62.1	33.42
5						
Dureza de extremos (kg)	Media	405	342	337	347	358
	S	158.4	159.7	100.9	165.3	146.1
	C.V. (%)	39.1	46.7	30.0	47.6	40.9

Tabla 18.

Análisis de varianza de la dureza de los lados y extremos de los compuestos obtenidos con la mezcla de dos factores granulometría y proporción de cuesco y plástico polipropileno.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	F _{tab}	Signif.
Entre granulometría	1	26391.1	26391.1	0.998	4.137	NS
Entre proporciones	1	27.7	27.7	0.001	4.137	NS
Entre secciones	1	112364.7	112364.7	4.250	4.137	*
Interacción G x P	1	12451.4	12451.4	0.471	4.137	NS
Interacción G x S	1	5340.0	5340.0	0.202	4.137	NS
Interacción P x S	1	4812.4	4812.4	0.182	4.137	NS
Interacción G x P x S	1	48.6	48.6	0.002	4.137	NS

Error	24	634527.4	26438.6
Total	31	795963.2	

N.S.: No existe significancia

En la tabla 18 se aprecia el análisis de varianza de dureza y se observa que no existe diferencia significativa entre los promedios de la dureza de los compuestos con los factores tanto en granulometría, como en las proporciones de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno reciclado (PPr); sin embargo el factor sección si presentan diferencias significativas, lo que conlleva a manifestar que la dureza de los lados es mayor que la dureza en los extremos, tal como lo ilustra la figura 9.

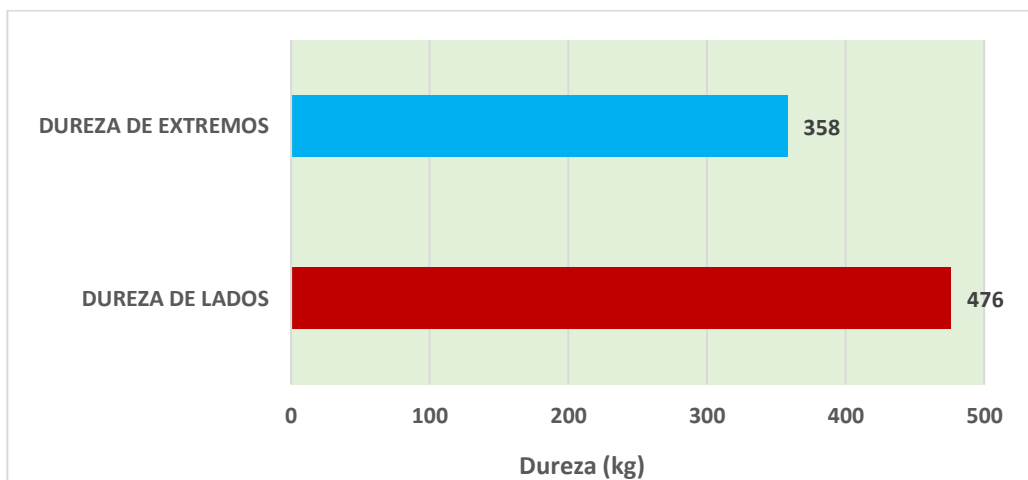


Figura 9. Dureza de lados y extremos de perfiles de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno.

Comparando los resultados obtenidos tanto para la dureza de lados (476 kg) y la dureza extremos (378 kg) con los valores de dureza para compuestos madera plástica encontrados por (Ruiz A., Johanna C., et al., 2019), en donde obtuvieron carga promedio de 196,8 Kg y 253,3 Kg. La dureza de la madera plásticas, a diferencia de la madera de cualquier tipo que a esta se puede practicar en el sentido radial y en el sentido tangencial; esta difiere ya que no cuenta con estas características. De la prueba de dureza a la madera plásticas se obtiene un valor promedio de 201.7 kg (Pérez Emerson, 2010),

en ambos casos la dureza de la madera plástica es inferior al compuesto cuesco – plástico polipropileno.

En consecuencia, los valores de dureza en los cuatro compuestos cuesco-plástico son similares; por lo tanto, la dureza tanto de lados como de extremos se clasifican como un material medianamente dura, comparado con la madera (Sibille, 2006).

4.2.4. Extracción de clavos

Tabla 19.

Resistencia a la extracción de clavo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno.

Tipo de malla	Parámetros estadísticos	Extracción de clavo (kg)				Media Gran.
		P20:80 Lado	P20:80 Extremo	P40:60 Lado	P40:60 Extremo	
Granulometría N° 8	Media	19.4	21.1	21.2	21.7	20.9
	S	3.9	5.27	2.54	6.21	4.5
	C.V. (%)	19.9	25.0	12.0	28.6	21.4
Granulometría N° 16	Media	18.6	14.8	21.2	15.9	17.6
	S	1.93	5.91	3.92	0.60	3.1
	C.V. (%)	10.4	39.9	18.5	3.8	18.2

La tabla 19 muestra los parámetros estadísticos de la resistencia a la extracción de clavo en los lados y extremos de los compuestos, obtenidos de la mezcla de granulometría de las fibras de cuesco (N° 8 y N° 16) y las proporciones fibras – Plástico polipropileno reciclado (PPr) en porcentaje (20:80 y 40:60). Es necesario precisar que los coeficientes de variación de las de la resistencia a la extracción de clavo de los perfiles, son menores de 30 % pudiéndose afirmar que se trabajó con poblaciones normales.

Tabla 20.

Análisis de varianza de la resistencia a la extracción de clavo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	F _{tab}	Signif.
Entre granulometría	1	82.4	82.4	4.628	4.137	*
Entre proporciones	1	19.3	19.3	1.082	4.137	NS
Entre secciones	1	23.3	23.3	1.307	4.137	NS
Interacción G x P	1	0.8	0.8	0.047	4.137	NS
Interacción G x S	1	63.7	63.7	3.577	4.137	NS
Interacción P x S	1	3.8	3.8	0.216	4.137	NS
Interacción G x P x S	1	0.03	0.03	0.002	4.137	NS
Error	24	426.0	17.8			
Total	31	619.3				

N.S.: No existe significancia.

En la tabla 20 muestra el análisis de varianza de la resistencia a la extracción de clavos, donde se aprecia que existe diferencia significativa en cuanto a la resistencia a la extracción de clavos como consecuencia del factor granulometría, pudiéndose afirmar que los compuestos fabricados con fibras de cuesco tamizado en la malla 8 presentaron mayor resistencias a la extracción de clavos (20.9 kg), mientras que los fabricados con fibras tamizados con malla 16 presentaron menor resistencia a la extracción de clavos (17.6 kg), tal como lo ilustra la figura 11.

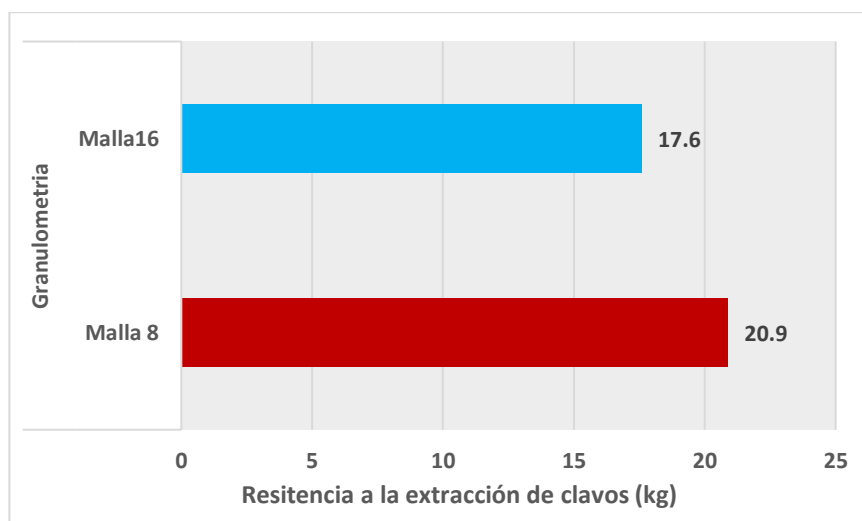


Figura 10. Resistencia a la extracción de clavos de los lados y extremos de compuestos de fibras de cuesco - plástico polipropileno.

Entre tanto los factores proporciones de los materiales y secciones del compuesto no presentan diferencias significativas o no tienen influencia sobre la resistencia a la extracción de clavos.

No se encontró antecedentes sobre extracción de clavos en material compuesto de fibras y plástico, sin embargo, relacionándolo con la resistencia de la madera, ambos compuestos de cuesco y plástico polipropileno con dos granulometrías, clasifican como de muy baja resistencia a la extracción de clavos (Arostegui, 1982).

4.2.5 Extracción de tornillos

Tabla 21.

Resistencia a la extracción de tornillo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno.

Tipo de malla	Parámetros estadísticos	Extracción de tornillo (kg)				Media Gran.
		P20:80 Lado	P40:60 Lado	P20:80 Extremo	P40:60 Extremo	
Granulometría N°8	Media	194	199	142	149	171
	S	33.7	37.5	57.9	37.9	41.8
	C.V. (%)	17.3	18.8	40.8	25.4	25.6
Granulometría N° 16	Media	236	227	213	177	214
	S	46.1	20.1	13.9	15.7	24.0
	C.V. (%)	19.5	8.8	6.5	8.8	10.9
	Media de secciones	215	213	177.5	163	
		214		170.5		

La tabla 21 muestra los parámetros estadísticos de la resistencia a la extracción de tornillo en los lados y extremos de los compuestos, obtenidos de la mezcla de dos granulometrías de las fibras de cuesco (N° 8 y N° 16) y las proporciones fibras – Plástico polipropileno reciclado (PPr) en porcentaje (20:80 y 40:60). Es necesario precisar que los coeficientes de variación de las de la resistencia a la extracción de clavo de los compuestos, en su mayoría son menores de 30% pudiéndose afirmar que se trabajó con poblaciones normales.

Tabla 22.

Análisis de varianza de la resistencia a la extracción de tornillo de los compuestos obtenidos por la combinación de granulometría de fibras de cuesco y proporciones de plástico polipropileno.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	F _{tab}	Signif.
Entre granulometría	1	14304.9	14304.9	11.122	7.438	**
Entre proporciones	1	527.6	527.6	0.410	4.137	NS
Entre secciones	1	15465.4	15465.4	12.024	7.438	**
Interacción G x P	1	1704.4	1704.4	1.325	4.137	NS
Interacción G x S	1	468.3	468.3	0.364	4.137	NS
Interacción P x S	1	293.1	293.1	0.228	4.137	NS
Interacción G x P x S	1	418.0	418.0	0.325	4.137	NS
Error	24	30869.1	1286.2			
Total	31	64050.7				

En la tabla 22 se aprecia el análisis de la varianza de la resistencia a la extracción de tornillo, donde se demuestra que existe diferencia altamente significativa en la resistencia a la extracción de tornillo entre las granulometrías y entre las secciones de los compuestos de la combinación de fibra del cuesco de palma aceitera del género *Elaeis* y plástico polipropileno reciclado (PPr) tal como se aprecia en la figura 12. Esta situación no ocurrió con el factor proporciones de fibra de cuesco y plástico polipropileno, no teniendo influencia alguna en la resistencia a la extracción de tornillo.

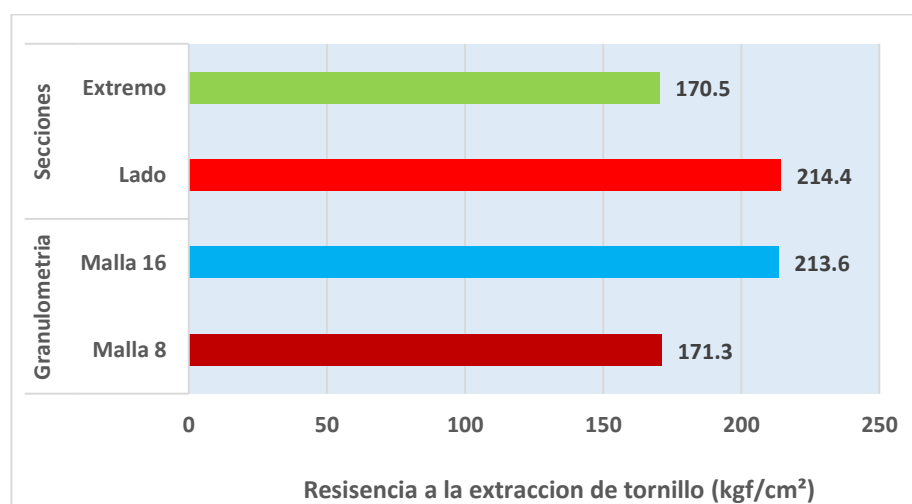


Figura 11. Resistencia a la extracción de tornillos de los compuestos de fibras de cuesco de palma aceitera y plástico polipropileno según granulometría y secciones.

La figura 12 pone en evidencia que los perfiles de los compuestos presentan mayor resistencia a la extracción de tornillo en los lados (214.4 kg) que en los extremos (170.5 kg). De igual manera los compuestos fabricados con granulometría N° 16 resisten más a la extracción de tornillos (213.5 kg) que los fabricados con granulometría N° 8 (171.3 kg). Estos valores ponen de manifiesto que los compuestos de fibra de cuesco – plástico polipropileno resiste más a la extracción del tonillo que a la extracción de clavo.

Al respecto (Pérez Emerson, 2010) realizó ensayos sobre la extracción d tornillo en probetas de madera plástica donde la carga fue aplicada en sentido paralela a la posición del tornillo logrando como resultado una carga promedio de 287.5 kg. Comparando este valor con los resultados hallados para los compuestos de cuesco de palma aceitera – plástico polipropileno tanto en los lados del perfil (214.4 kg) como en los extremos (170.5 kg), resulto ligeramente superior.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La densidad de los compuestos se incrementa significativamente cuando se incrementa la proporción de las fibras de cuesco de palma aceitera y a la vez disminuye la proporción del plástico polipropileno, lográndose 0.9 g/cm^3 de densidad con proporciones 40:60 y 0.85 g/cm^3 en proporciones 20:80, la granulometría no tiene efecto en la densidad del compuesto.

Con respecto a la flexión estática, no existen diferencias significativas entre los promedios de: esfuerzo en el límite proporcional (ELP), módulo de ruptura (MOR) y módulo de elasticidad (MOE), por lo tanto los factores como la granulometría de las fibras y las proporciones cuesco – plástico polipropileno no tienen incidencia en la resistencia en el ELP, MOR y MOE, resultando compuestos de muy baja resistencia a la rotura y muy flexibles.

En lo que se refiere a la compresión paralela al eje longitudinal, se puede afirmar que ni la granulometría de la fibra de cuesco, ni las proporciones de fibras de cuesco y plástico polipropileno, no tienen efecto en los valores del ELP, ni en el MOE; con respecto al módulo de ruptura (MOR) se evidenció que existen diferencias significativas debido a la granulometría, los compuestos con partículas obtenidos con tamiz N°16 presentaron MOR más alto de 126.4 kgf/cm^2 , mientras que con tamiz N° 8 fue de 104.8 kgf/cm^2 ; las proporciones de los insumos no influyeron significativamente en el MOR, resultando compuestos de muy baja resistencia a la compresión paralela.

En cuanto a la dureza se observó que no existe diferencia significativa entre los promedios de los compuestos debido a los factores tanto en granulometría como en las proporciones de fibras de cuesco y plástico polipropileno; sin embargo, en el factor sección si presentó diferencias significativas, lo que conllevó a manifestar que la dureza de los lados es mayor que la dureza en los extremos, clasificando como un material medianamente dura.

Con respecto a la resistencia a la extracción de clavos, se halló diferencias significativas como consecuencia del factor granulometría, pudiéndose afirmar que los compuestos fabricados con fibras de cuesco con tamiz N° 8, presentaron mayores resistencias a la extracción de clavos (20.9 kg) que los fabricados con fibras del tamiz N° 16, los que presentaron menor resistencia (17.6 kg). Así mismo no se encontraron diferencias significativas debidos a los factores proporciones de insumos y la sección de ensayos de los compuestos, que dio como resultado una baja resistencia a la extracción de clavos.

En lo que concierne a la resistencia a la extracción de tornillo, quedó demostrado que existe diferencia altamente significativa entre las granulometrías y entre las secciones, los compuestos fabricados con granulometría N° 16 resisten más a la extracción de tornillos (213.5 kg) que los fabricados con N° 8 (171.3 kg), de igual manera los compuestos presentan mayor resistencia a la extracción de tornillo en los lados (214.4 kg) que en los extremos (170.5 kg). Esta situación no ocurrió con el factor proporciones de fibra de cuesco y plástico polipropileno, no teniendo influencia alguna en la resistencia a la extracción de tornillo.

5.2. Recomendaciones

1. El tipo de plástico y la fibra de cuesco como materia prima debe ser fundamental para la elaboración de perfiles cuesco plástico.
2. Al realizar el fundido del material compuesto debe de ser continuo para que en el molde no haya formación de espacios vacíos y al finalizar material compuesto sean uniformes.
3. Es importante saber qué porcentaje de los materiales compuestos va implicar los diferentes métodos de fundido, para ello el control de temperaturas en el tablero del extrusor debe ser en un rango de 230 °C a 280 °C según la experiencia realizada en este trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo., A. D., & Hernandez, G. D. (2015). Variacion en las propiedades fisicas y mecanicas de una matriz de concreto al incorporar cuesco de palma africana como agregado grueso. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería.
- Arostegui, A. (1982). Recopilación y análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas. Lima.
- ARRASCUE., & MARX. (2017). Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboracion de concreto . Nuevo Chimbote: Universidad Nacional Del Santa.
- Becerra, E. (2017). Caracterización del desecho agroindustrial de la palma de aceite “cuesco” para el mejoramientos de las capas granulares de la estructura de pavimento. bogota: Universidad Militar Nueva Granada.
- Buzón, O. J. (2009). Uso del Cuesco de la Palma Africana en la fabricación de Adoquines y Bloques de Mampostería . Barranquilla, Colombia: Corporación Universitaria de la Costa, CUC.
- Cárdenas, A. (2012). Evaluación de la eficiencia como preservante antifúngico del borato de zinc y su efecto en las propiedades físicas y mecánicas de materiales compuestos de plástico y madera de Pino. Guadalajara.
- Claudia M. C. Bonelli, A. E. (2005). Comportamento Térmico, Mecânico e Morfológico de Compósitos de Polietileno de Alta Densidade Reciclado com Fibra de Piaçava. Brasil.
- Composites, N. (13 de junio de 2016). Naval Composites. Obtenido de <https://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos>
- Constructor Civil. (3 de febrero de 2011). Constructor Civil. Recuperado el 12 de junio de 2019, de <https://www.elconstructorcivil.com/2011/02/propiedades-de-la-madera-compresion.html>
- CONVERSIO MARKET, S. G. (17 de octubre de 2020). Plastics – the Facts 2018.An analysis of European plastics production, demand and waste data. Europa.
- Definicion ABC. (2019). Definicion ABC. Recuperado el 13 de junio de 2019, de <https://www.definicionabc.com/general/mezcla.php>
- Educación Tecnológica. (13 de junio de 2019). educación tecnológica. Obtenido de http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades_mecnicas.html

- Ensayos de flexion. (2018). ensayos de flexion. Recuperado el 13 de junio de 2019, de <https://matensayos.webcindario.com/ensayos/flexion.htm>
- Fedepalma. (s.f.). Recuperado el 14 de junio de 2019, de Fedepalma: <http://web.fedepalma.org/node/737>
- Forero Núñez, C., A., C. U., J.L, R. G., A., S. M., F.E., S., & F.E., S. V. (2012). Estudio preliminar del potencial energético de cuesco de palma y cascara de coco en Colombia. *Revista Ingeniería Solidaria*, 19-25.
- García, A. e. (2013). Madera Plástica con paja de trigo y matriz polimérica. Tecnología en Marcha Rev. Obtenido de www.dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835722
- Germán, L. (2010). Sector construcción demanda 45% de la madera aserrada. Lima: Cámara de Comercio de Lima.
- Henek, V. V. (2017). Fire resistance of large-scale cross-laminated timber panels. *Earth and Environmental Science*.
- La Mantia, F. (2012). Handbook of Plastics Recycling. F. La Mantia, Ed.
- Lázaro, K. (2016). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del material compuesto bambú-plástico. Lima.
- Leiva, C., & Torres, G. (21 de octubre de 2019). Caracterización y reciclado por extrusión del EVA de desecho ETIL VINIL ACETATO. Salgolquí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/776>
- Manufacturing terms. (2019). Manufacturing terms. Recuperado el 19 de agosto de 2019, de <https://www.manufacturingterms.com/Spanish/PP.html>
- Mario, A., & Heredia, S. (2017). Cuesco de palma africana, un nuevo combustible para uso. ecuador: Researchgate.
- Moreno P., Rodríguez D., Giroux Y., Ballerini A. y Gacitúa W. (2013). Caracterización mecánica y morfológica de termoplásticos reciclados espumados reforzados con sub productos de madera. *Maderas. Ciencia y tecnología* 15(1): 3-16, 2013
- Moya, C., Poblete, H., & Valenzuela, L. (17 de octubre de 2020). Propiedades físicas y mecánicas de compuestos de polietileno reciclado y harinas de corteza de madera de *Pinus radiata* fabricados mediante moldeo por inyección.

- Oceana. (marzo de 2018). protegiendo los oseños del mundo. Recuperado el 16 de junio de 2019, de <https://peru.oceana.org/es/blog/10-datos-graficos-sobre-los-plasticos-de-un-solo-uso>
- Orsu. (2019). consorcio provincial residual solidos urbanos malaga. Recuperado el 14 de junio de 2019, de <http://www.consorciorsumalaga.com/5936/residuos-organicos>
- PLASTICO. (Mayo de 2007). tecnologia del plastico. Recuperado el 14 de junio de 2019, de <http://www.plastico.com/temas/Propiedades-termicas-y-mecanicas-del-PET-reciclado-y-sus-mezclas+3056093>
- Pérez Emerson (2010). Análisis de las propiedades físico.mecánicas para un sustituto de madera natural elaborado a base de plásticos reciclados. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería. Trabajo de Graduación Presentado a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería. Guatemala. Recuperado el 19 de Noviembre de 2020, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3198_C.pdf
- Puchaicela, C. A. (2013). Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico mecánicas de cinco especies maderables en bosques secundarios del Cantos Zamora (Tesis de pregrado). Universidad Nacional La Joya.
- REPUBLICA, C. D. (2018). Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. Lima: sistema peruano de informacion juridica.
- Rosa, S., Santos, E., Ferreira, C., & Nachtigall, S. (30 de setiembre de 2020). Studies on the Properties of Rice-Hulk-FilledPP Composites- Effect of Maleated PP . Porto Alegre, Brasil.
- Ruiz J., Diego A. Lozano D. y González J., (2019). Propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica para uso en estructura de atención y prevención de desastres de la “ESMIC”. INGENIARE, Universidad Libre Barranquilla, Año 15, No. 27.
- Samal, S., Mohanty, S., & Nayak, S. (2009). Fabrication and analysis of mechanical, morphological, thermal and dynamic mechanical.
- Sibille A. (2006). Guía de Procesamiento Industrial Fabricación de Muebles con Maderas Poco Conocidas – LKS Editora Argentina S.R.L. Lima 2006 pg. 21-23

- SINIA. (1 de mayo de 2018). Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>
- Struers. (2019). struers ensuring certainty. Recuperado el 13 de junio de 2019, de <https://www.struers.com/es-ES/Knowledge/Hardness-testing#>
- Tecnología. (20 de enero de 2017). tecnología. Recuperado el 13 de junio de 2019, de <https://www.areatecnologia.com/materiales/resistencia-materiales.html>
- Tecnología de los Plásticos. (15 de marzo de 2011). Recuperado el 13 de junio de 2019, de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- Termoplasticos. (s.f.). Termoplasticos. Recuperado el 15 de junio de 2019, de <http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/tecno/tercero/plastico/contents/trmoplas.html>
- Tknica. (28 de diciembre de 2018). Obtenido de <http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-f%C3%ADsicas-de-la-madera>
- Vallejos, M. (2006). Aprovechamiento integral de la Cannabis sativa como material de refuerzo/carga de polipropileno. . Cataluña.
- Van Dam, J. (2016). Subproductos de la palma de aceite como. Holanda.
- Wiki culturalia. (20 de abril de 2013). wiki culturalia. Recuperado el 13 de junio de 2019, de <https://edukavital.blogspot.com/2013/04/plastico-definicion-de-plastico.html>

ANEXOS

Tabla 23.

Datos de densidad en los diferentes tratamientos.

	PPr (picado)			
	cuesco Gra. (8)		cuesco Gra. (16)	
	20:80 Densidad g/cm ³	40:80 Densidad g/cm ³	20:80 Densidad g/cm ³	40:60 Densidad g/cm ³
1	0.818	0.918	0.859	0.895
2	0.790	0.880	0.934	0.899
3	0.837	0.836	0.875	0.864
4	0.824	0.935	0.796	0.940

Tabla 24.

Datos de flexión estática esfuerzo a la fibra al límite proporcional en los diferentes tratamientos.

Código	promedio de (ELP) PPr (picado)						
	cuesco granulometría (8)		probeta	cuesco granulometría (16)			
	20-80	Código 40-60	Código 20-80	20-80	Código 40-60		
(1)20:80-FE(8)	95.2	(1)40:60-FE(8)	135.1	(1)20:80-FE(16)	142.9	(1)40:60-FE(16)	141.9
(2)20:80-FE(8)	83.5	(2)40:60-FE(8)	74.8	(2)20:80-FE(16)	79.6	(2)40:60-FE(16)	112.2
(3)20:80-FE(8)	92.8	(3)40:60-FE(8)	90.5	(3)20:80-FE(16)	148.1	(3)40:60-FE(16)	108.7
(4)20:80-FE(8)	38.8	(4)40:60-FE(8)	31	(4)20:80-FE(16)	149.6	(4)40:60-FE(16)	54.6
promedio (CLP)	77.575		82.85		130.05		104.35

Tabla 25.

Datos de flexión estática del Módulo de Ruptura (MOR) los diferentes tratamientos.

codigo	promedio de Modulo de ruptura (MOR) PPr (picado)						
	cuesco granulometría (8)		probeta	cuesco granulometría (16)			
	20-80	codigo 40-60	codigo 20-80	20-80	Codigo 40-60		
(1)20:80-FE(8)	143231	(1)40:60-FE(8)	136100	(1)20:80-FE(16)	121000	(1)40:60-FE(16)	157400
(2)20:80-FE(8)	138660	(2)40:60-FE(8)	146267	(2)20:80-FE(16)	147700	(2)40:60-FE(16)	141200
(3)20:80-FE(8)	163500	(3)40:60-FE(8)	144725	(3)20:80-FE(16)	143600	(3)40:60-FE(16)	140200
(4)20:80-FE(8)	148464	(4)40:60-FE(8)	144725	(4)20:80-FE(16)	166600	(4)40:60-FE(16)	146267
promedio (MOR)	148464		142954.167		144725		146266.67

Tabla 26.

Datos de flexión estática del Módulo de Elasticidad (MOE) los diferentes tratamientos.

Módulo de Elasticidad (MOE)							
PPr (picado)							
cuesco granulometría (8)				probeta	cuesco granulometría (16)		
codigo	20-80	código	40-60	código	20-80	Código	40-60
(1)20:80- FE(8)	16060	(1)40:60- FE(8)	151700000	(1)20:80-FE (16)	133600000	(1)40:60- FE(16)	155200000
(2)20:80- FE(8)	13990000	(2)40:60- FE(8)	16470	(2)20:80-FE (16)	117100000	(2)40:60- FE(16)	165200000
(3)20:80- FE(8)	1.5E+08	(3)40:60- FE(8)	16400	(3)20:80- FE(16)	150500000	(3)40:60- FE(16)	140100000
(4)20:80- FE(8)	20400	(4)40:60- FE(8)	15540	(4)20:80- FE(16)	153600000	(4)40:60- FE(16)	22100
promedio (MOE)							



Residuo del palma aceitera, endocarpio de fruto del palma aceitera (cuesco)



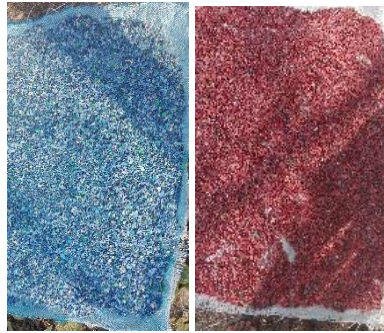
Reciclado de Plástico



Molienda de cuesco de palma aceitera, con molino de mano.



Tamizado de cuesco (8 - 16).



Plástico polipropileno molido



Material cuesco de palma



Pesado y mezclado del material (ppr con cuesco)



Extrusado y preparado del material compuestos



Extrusado del material.



Abriendo molde del material compuesto extrusado.



Realización de pruebas mecánicas.



Materiales compuestos .