



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Elaboración y caracterización de material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico pet-2019.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Br. Pozo Imán, Jesús Isaac (ORCID: 0000-0002-7264-9963)

**ASESOR:**

Mg. Rivera Calle, Omar (ORCID: 0000-0002-1199-7526)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**PIURA - PERÚ**

2019

### **Dedicatoria**

La presente investigación es dedicada a Dios por derramar su bendición como también brindarme la sabiduría, fortaleza para la realización del mismo; a mis padres José y Ana, así mismo a toda mi familia Pozo Imán por el apoyo incondicional que me brindan.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios en primer lugar por darme la vida, salud y sabiduría durante mi etapa estudiantil.

A la Universidad César Vallejo, al director de escuela Mg. Hugo García Juárez, a mi asesor especialista, a mi metodóloga y a todos los docentes que tuvieron parte, en brindarme diversos conocimientos y apoyo moral durante mi correcta formación universitaria

## **Página del jurado**

## Declaratoria de autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **POZO IMÁN, JESÚS ISAAC**, estudiante de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, de la Universidad César Vallejo, sede Piura, declaro que el trabajo académico titulado: **“Elaboración y caracterización de material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET-2019”**, presentada en 81 folios para la obtención del título profesional de INGENIERO INDUSTRIAL, es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación, identificando correctamente toda la cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajos académicos.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

.....  
Firma

DNI° 71540265

Piura, 04 de diciembre de 2019

## Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice.....	vi
Índice de Tablas.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>11</b>
2.1. Diseño de Investigación.....	11
2.2. Tipo de Investigación .....	13
2.3. Población y Muestra.....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	17
2.5. Procedimiento.....	18
2.6. Métodos de análisis de datos.....	20
2.7. Aspectos éticos.....	20
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## Índice de Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia .....	41
Anexo 2: Deforestación Nivel global .....	42
Anexo 3: Los 10 países que perdieron más bosques en 2017 .....	43
Anexo 4: Composición del bagazo de la caña de azúcar.....	44
Anexo 5: NTP 251.014:2014.....	45
Anexo 6: NTP 251.017:2014.....	46
Anexo 7: Manual para ensayos de tracción paralela en los materiales. ....	47
Anexo 8: Norma E.010 Madera.....	48
Anexo 9: Ficha de registro de cantidades de residuos de plástico PET y bagazo de caña de azúcar – Tiempos empleados en proceso.....	49
Anexo 10: Ficha de registro de cantidades de residuos de plástico PET y bagazo de caña de azúcar – Tiempos empleados en proceso.....	50
Anexo 11: Ficha de registro de cantidades de residuos de plástico PET y bagazo de caña de azúcar – Tiempos empleados en proceso.....	51
Anexo 12: Resultados de ensayos de Tracción Paralela en los materiales.....	52
Anexo 13: Resultados de ensayos de Compresión Paralela en materiales.....	53
Anexo 14: Resultados de ensayos de Flexión Estática en materiales. ....	54
Anexo 15: Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas. ....	55
Anexo 16: constancia de validación 1 .....	56
Anexo 17: constancia de validación 2 .....	58
Anexo 18: constancia de validación 3 .....	60
Anexo 19: Galería fotográfica del proceso de elaboración del material de construcción. ....	62
Anexo 20: Diagrama de Operaciones (DOP) Elaboración de material de construcción.....	66
Anexo 21: Depreciación de materiales y equipos. ....	67
Anexo 22: Acta de originalidad de Turnitin.....	68
Anexo 23: Pantallazo de originalidad.....	68
Anexo 24: Autorización de publicación de Tesis.....	68
Anexo 25: Autorización de versión final del trabajo de investigación.....	68

## Índice De Tablas

Tabla 1: Factores y Niveles .....	12
Tabla 2: Tratamientos.....	12
Tabla 3: Esquema de distribución de tratamiento en bloques completos aleatorios. ....	12
Tabla 4: Matriz de Operacionalización de Variables .....	14
Tabla 5: Población y Muestra.....	16
Tabla 6: Instrumentos.....	17
Tabla 7: Resultados de Ensayos de Tracción Paralela .....	21
Tabla 8: Análisis de varianza de la tracción paralela según las interacciones del reciclado del bagazo de la caña de azúcar con el plástico PET, en la elaboración del material de construcción.....	22
Tabla 9: Prueba de Tukey de la tracción según las interacciones del reciclado del bagazo de la caña de azúcar con el plástico PET, en la elaboración del material de construcción. .....	23
Tabla 10: Resultados de Ensayos de Compresión paralela. ....	24
Tabla 11: Análisis de varianza de la resistencia a la compresión paralela según las interacciones del reciclado del bagazo de la caña de azúcar con el plástico PET, en la elaboración del material de construcción. ....	25
Tabla 12: Prueba de Tukey de la compresión paralela según las interacciones del bagazo reciclado de la caña de azúcar con el plástico PET en la elaboración del material de construcción.....	26
Tabla 13: Resultados de Ensayos de Flexión Estática.....	27
Tabla 14: Análisis de varianza de la flexión estática según las interacciones del bagazo reciclado de la caña de azúcar con el plástico PET en la elaboración del material de construcción.....	28
Tabla 15: Prueba de Tukey de la tracción paralela según las interacciones del bagazo reciclado de la caña de azúcar con el plástico PET en la elaboración del material de construcción.....	29
Tabla 16: Análisis de costo del Material de Construcción.....	31

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue elaborar y caracterizar un material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET. La investigación es experimental puro, siendo de tipo, según su nivel o alcance, explicativa. La población estuvo conformada por 10.26 kg de plástico PET y 7.02 kg de bagazo de la caña de azúcar, para la elaboración de 36 probetas, distribuyéndose en unidades de probetas conformadas en concentraciones de plástico PET de 210 gr para P1, 360 gr para P2, y bagazo de la caña de azúcar con concentraciones de 250 gr para B1, 140 gr para B2. Para la técnica de observación experimental se empleó como instrumentos una ficha de registro de cantidades de plástico PET y bagazo de caña de azúcar-Tiempos empleados en proceso, así mismo para el análisis documental los documentos de laboratorio de ensayos físico-mecánicos. Logrando determinar que el material de construcción elaborado con las cantidades de 360gr de plástico PET y 250 gr de bagazo de la caña de azúcar, presenta mejores resultados en los ensayos físico-mecánicas, ya que logró soportar en los ensayos de tracción paralela una carga máxima de 689 kg con una resistencia de  $9.19 \text{ kg/cm}^2$ , así mismo en los ensayos de compresión paralela se obtuvo una carga máxima de 914 kg con una resistencia de  $9 \text{ kg/cm}^2$  y finalmente en los ensayos de flexión estática una carga máxima de 678 kg con una resistencia de  $6.61 \text{ kg/cm}^2$ ; resistencia que no llegan a cumplir con los parámetros de esfuerzos admisibles establecidos por la Norma E.010 Madera para uso estructural. Asimismo, se pudo determinar el costo de la elaboración del material de construcción con dicha composición que mejores resultados obtuvo, logrando estimar finalmente que el costo unitario es de S/ 1.90.

**Palabras clave:** Elaboración, Caracterización. Material de construcción, Plástico PET, Bagazo de Caña de Azúcar.

## ABSTRACT

The aim of this research was to elaborate and characterize a construction material from the recycling of bagasse from sugar cane and PET plastic. The research is experimental pure, being of type, according to its level or scope, explanatory. The population consisted of 10.26 kg of PET plastic and 7.02 kg of sugar cane bagasse, for the elaboration of 36 test pieces, distributed in units of test pieces formed in concentrations of 210 gr PET plastic for P1, 360 gr for P2, and sugar cane bagasse with concentrations of 250 gr for B1, 140 gr for B2. For the experimental observation technique was used as instruments a record sheet of quantities of PET plastic and bagasse sugar cane-Times used in process, also for documentary analysis laboratory documents of mechanical physical tests. Managing to determine that the construction material made with the quantities of 360gr of PET plastic and 250 gr of sugarcane bagasse, presents better results in physical-mechanical tests, since it managed to withstand a maximum load in parallel tensile tests of 689 kg with a resistance of 9.19 kg / cm<sup>2</sup>, likewise in the tests of parallel compression a maximum load of 914 kg with a resistance of 9 kg / cm<sup>2</sup> was obtained and finally in the tests of static bending a maximum load of 678 kg with a resistance of 6.61 kg / cm<sup>2</sup>; resistance that do not meet the admissible stress parameters established by Standard E.010 Wood for structural use. It was also possible to determine the cost of the elaboration of the material of construction with said composition that obtained the best results, finally estimating that the unit cost is S / 1.90.

**Keywords:** Elaboration, Characterization. Construction Material, PET Plastic, Sugar Cane Bagasse.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El sector de la Construcción es una industria que ha estado siempre inmerso en un consecutivo desarrollo tecnológico y evolución de la civilización del planeta. Lo cual es manifestado en el IEC “Informe Económico de la Construcción”- CAPECO (2018) quien especifica que este sector es trascendental para todos los países, por su aporte de crear trabajo indirecto y directo, del mismo modo generar valor agregado y por ser parte fundamental de la economía de las naciones del mundo, así mismo por ser parte esencial de la relación del consumo de los insumos, siendo la madera uno de los insumos con mayor requerimiento, obtenida por la deforestación, que solo en el año dos mil diecisiete ocasiono la pérdida de quince mil ochocientos millones de hectáreas de bosque tropical según manifiesta la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2018).

De acuerdo con el último reporte económico, elaborado por la Cámara Peruana de la Construcción (2019) detallo que el PBI de dicha industria en el Perú incremento en 5,77 por ciento de diciembre del año 2017 a noviembre del año 2018, lográndose observar que la industria de la construcción desempeña un papel económico muy significativo para el surgimiento de los países. Además, este sector debido a su cúspide en el Perú, demandan de diversos insumos con precios altos, que mayormente son los corchos, los ladrillos, las maderas, la barrilla, etc., brindados por el sector de los Materiales constructivos, llegando hacer uno de los materiales más utilizados en este sector la madera. Según estudios de Loyaga Aliaga (2015) detallan que en el Perú los proyectos que utilizan una mayor magnitud de madera son las obras públicas y los edificios de oficinas, empleando un cuarenta y cinco por ciento de materiales y productos de madera, mientras que las obras como casas, remodelaciones de locales de negocios utilizan entre un veinte por ciento y treinta y cinco por ciento de madera.

En la actualidad, el compromiso social empresarial y el cuidado del planeta ha tomado gran impulso, el cual es un tema que la industria de la construcción no le da mucha importancia, es allí donde se presenta un problema, debido a que no se fabrican materiales de construcción que están relacionados al cuidado ambiental, con el objetivo de reemplazar los convencionales materiales que forman cuantiosas consecuencias negativas en el medio ambiente, por la cantidad extensa de materiales de construcción no biodegradables que se fabrican,. Espinosa (2012) experto en construcción civil expresa que dicha industria en la ciudad de Piura, no ha tenido un cambio continuo, que le permita

a las entidades constructoras y a la sociedad introducir alternativas nuevas y novedosas en sus proyectos, permitiéndoles diferenciarse de otras construcciones, ya sea por sus modernos y atractivos diseños, además por su invención sostenible.

Si el sector de los materiales constructivos no se sumerge en la investigación de nuevos insumos con innovación sostenible, como resultado cada día los residuos de diversos insumos seguirán aumentando y a su vez continuaran en la intemperie por mucho tiempo causando daños en el medio ambiente, diversas especies de la fauna y a la salud del ser humano, así mismo habrá un despilfarro ilógico de recursos, desperdiciando los residuos que cuentan con las propiedades y características iguales a los materiales constructivos tradicionales, los cuales mediante el reciclaje y un proceso de transformación podrían llegar a reemplazar a los materiales existentes empleados en el sector constructivo, a esto se le añade otra dificultad, que es la sobreexplotación de los recursos naturales para producir materiales de construcción útiles y necesarios para la industria constructiva, tal como es el caso de la madera natural.

Debido a tales condiciones, se ha considerado la reutilización del plástico PET y del bagazo de la *Saccharum officinarum* para la elaboración de un material constructivo como una nueva alternativa, además de encontrarse en grandes cantidades en todo el mundo. Tal como lo expresa la Asociación Europea PlasticsEurope de fabricantes de materiales plásticos (2018), que la producción global de plásticos en el dos mil diecisiete alcanzó los trescientos cuarenta y ocho millones de toneladas, así mismo según Cadena (2017) en la revista AGRO Productividad de información tecnológica y científica, manifiesta que anualmente en todo el mundo la producción de *Saccharum officinarum* es de alrededor de 758 millones de toneladas, representando veinticuatro millones de hectáreas a nivel global, como se detalla el sector de producción de plásticos y *Saccharum officinarum* cuenta con una amplia producción, por lo tanto, se generan grandes cantidades de desperdicios que se podrían convertir en una importante fuente de materia prima, quienes al unirse se podrían generar materiales constructivos con propiedades físico-mecánicas superiores o similares a la madera natural que al encontrarse en la intemperie sufre grandes daños, además dicho material podría adquirir un costo accesible tanto para la sociedad y el sector de la construcción.

Para la presente investigación se han considerado los siguientes antecedentes internacionales: CEVALLOS (2011) evidencia en su investigación titulada **“Elaboración de paneles ligeros a base de bagazo de caña de azúcar aglomerado con**

**cemento Pórtland”** para obtener Título Profesional de Grado de Maestría en construcción civil y desarrollo sustentable por la Universidad Nacional de Loja, planteó como objetivo general demostrar con las diversas combinaciones de cemento portland y bagazo de la *Saccharum officinarum* se obtiene un material duradero y competitivo, que tiene características físico mecánicas necesarias, para la fabricación de paneles livianos, empleados en construcciones de muros para departamentos y casas, concluyendo con los resultados que los paneles evidencia ser un material resistentes y duradero, con propiedades físico-mecánicas requeridas para materiales constructivos. Por ello se consideró la presente investigación debido a la relación que tiene con el objetivo general de la presente investigación.

ZAVALA (2015) en su Investigación titulada **“Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado”** por la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE, Dirección de Investigación y Proyección Social, en donde establece como Objetivo General: desarrollar un diseño de morteros hidráulicos, para poder ser utilizados en los sectores constructivos, con una idea arquitectónica, utilizando plástico reciclado de botellas, logrando ser un modelo para establecerse como una novedosa opción en la construcción. Llegando a concluir con resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio que el material elaborado es más ecológico, liviano y ofrecen una mayor aislación térmica que otros productos similares. Siendo seleccionado el trabajo investigativo por la relación existente con el objetivo general de la presente investigación.

También se consideraron las siguientes investigaciones nacionales: PAZ (2014) en su investigación, titulada **“Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado”** para optar el título Profesional de Ingeniero de materiales por la Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de procesos, donde constituye como Objetivo General: análisis de las propiedades físico y mecánicas del ladrillo de plástico reciclado, la cual primero realizó la elaboración del material de construcción, donde posterior a ello se realizaron estudios de las propiedades físico y mecánicas, concluyendo que al ser sometidos a fuerzas de flexión el ladrillo se rompe en un ángulo de 45° aproximadamente logrando soportar una presión promedio de 8.48 kg/cm<sup>2</sup>, lo que lo hace un ladrillo altamente resistente a la rotura, además el ladrillo de plástico reciclado tiene un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kg/cm<sup>2</sup> y verticalmente 239 Kg/cm<sup>2</sup>, así mismo se puede apreciar que el costo de elaboración de este material de construcción es

bajo debido a que se emplea un material residual. Esta investigación fue seleccionada por su relación con el primer objetivo específico de la presente investigación.

REYNA (2016) en su Tesis titulada **“Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo”**, para optar título de Maestro en Ingeniería Ambiental, Escuela de Posgrado Sección de Posgrado Ingeniería Química, por la Universidad Nacional de Trujillo, estableció como objetivo general: determinar los efectos de la reutilización de los residuos de papel, plástico PET Y bagazo (*Saccharum officinarum*) a modo de insumos para la elaboración de concreto ecológico a un menor costo para la construcción de viviendas, apoyándose en aspectos, tales como establecer un diseño mezclando adecuadamente el concreto con polietileno tereftalato, papel y bagazo, seguido de realizar su respectivo análisis del costo por unidad del concreto normal y del concreto ecológico. Logrando determinar finalmente con los resultados que la composición del concreto de residuos antes mencionados es de cinco por ciento, diez por ciento y veinte por ciento en base al peso propuesto, con respecto a la evaluación de los costos del concreto con los residuos del veinte por ciento de plástico PET y el tradicional, resultando un costo unitario de S/13.21 soles al usar plástico PET. Siendo el motivo de la selección de la investigación, por la relación que tiene con el tercer objetivo específico de la presente investigación, en realizar análisis de costos unitarios.

ECHEVERRÍA (2017) para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil, en su investigación titulada **“Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado”** por la Facultad De Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Cajamarca, estableció como objetivo general: Determinar las propiedades físico mecánicas que cuenta el ladrillo de concreto con plástico PET reciclado fundamentado por la norma técnica E.070 de Construcción, obteniendo como resultados que debido a las propiedades de los tres tipos de ladrillo de concreto con el 3 %, 6 % y 9 % de PET reciclado se catalogan en ladrillos clase III, donde la resistencia de compresión de los tres tipos de ladrillo de concreto PET son de 127.08 kg/cm<sup>2</sup>, 118.80 kg/cm<sup>2</sup> y 110.46 kg/cm<sup>2</sup>. La investigación fue seleccionada por la relación que tiene con el tercer objetivo de la presente investigación.

TINOCO (2018) en su Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por la Universidad César Vallejo, titulada **“Uso del residuo agrícola de la caña de azúcar como material alternativo para la elaboración de paneles prefabricados ecológicos de yeso – lima**

2018”, estableció como objetivo general: demostrar el beneficio del desperdicio de la caña como un insumo para la obtención de paneles ecológicos prefabricados de yeso, logrando concluir que la mezcla que mejor resultado obtuvo de resistencia a la flexión fue la muestra M1 que está compuesta por un cinco por ciento de bagazo de *Saccharum officinarum* y un noventa y cinco por ciento de yeso natural, soportando una carga de dieciocho kilogramos, por lo tanto se dedujo que a mayor porcentaje de bagazo de caña de azúcar y menor porcentaje de yeso natural en la dosificación para la mezcla, mayor será su resistencia a la flexión, por ende la cantidad de bagazo y yeso natural influyen en la composición del material, además determino que el costo del panel de yeso con fibra de bagazo y otros aditivos, desarrollado en la presente investigación incluido la ganancia sería de S/ 21.00. La siguiente investigación es de gran utilidad para la presente investigación debido a la información seleccionada para la elaboración del producto, esta investigación fue seleccionada por la información en su marco teórico y por la relación con el segundo objetivo específico de la presente investigación.

Por otro lado, se tomaron en consideración los siguientes aspectos teóricos que fundamentan la presente investigación:

De acuerdo con Jaramillo, y otros (2014) la contaminación sin fronteras es el aumento desmedido de los desperdicios no biodegradables en todas las naciones del mundo, debido a la creciente producción de productos que cada vez su ciclo de vida de los artículos de consumo es menor, conllevando a la acumulación de grandes cantidades de desechos en corto tiempo. Poniendo en peligro la capacidad del planeta para salvaguardar las necesidades requeridas por el ser humano y del mismo modo de las próximas generaciones. Todos los residuos generados de plásticos y de fibras orgánicas son consideradas una de las más grandes dificultades ambientales a nivel global que afectan a toda la humanidad y diversas especies de fauna. Para Tramoy, y otros (2019) indican que de “1100 y 5900 toneladas al año de basura plástica fluyen en los océanos, donde aproximadamente 88 – 128 millones de toneladas al año se eliminan mediante operaciones de limpieza”.

A esto se le suma otro problema que es la deforestación a nivel global, el cual es uno de los problemas más graves en el presente, logrando a llegar a un nivel industrial, donde los árboles son talados sin limitaciones, inicialmente por la demanda de las maderas, para beneficiar las distintas actividades realizadas por la industria de construcción. Según Spracklen, y otros (2015) la deforestación tropical que se está dando actualmente

alrededor del mundo representa una amenaza significativa para la biodiversidad global y la prestación de servicios ecosistémicos (Anexo 2). Por otro lado, Swenson, y otros (2017), expresan que en los últimos cinco años los países como Bolivia, Indonesia, Madagascar, República Democrática del Congo, Malasia, Brasil, etc. han generado una mayor deforestación que representan el 33 por ciento de la deforestación mundial (Anexo 3)

Los bosques y su Importancia: La importancia radica principalmente por su complejidad amplia de servicios y bienes que brinda, así mismo por ser una parte esencial de hábitats que resguardan la mayor parte de la biodiversidad global. Mader (2019) indica que los “bosques extraen el dióxido de carbono del aire, trabajando todo el día para así poder brindar el oxígeno a cambio, cumpliendo con unos roles muy importantes para la supervivencia del ser humano, además es necesario para prevenir el cambio climático peligroso”.

Según Ren, y otros (2015) el progreso de la sociedad es sincrónico con el desarrollo de todos los materiales de construcción, garantizando el desarrollo de los seres humanos, en donde se emplea madera, ladrillos, acero, cemento portland y entre otros. Por otro lado, Orus (1984) declara que los materiales de construcción “son los cuerpos que integran las obras de construcción, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma”. Los cuales presentan diversas propiedades físico mecánicas que, son los esfuerzos físicos a los que pueden ser sometidos los materiales, dentro de ellos tenemos la resistencia a la tracción el cual es el esfuerzo sometido a un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en distintos sentidos logrando extender el cuerpo, asimismo esta la resistencia a la compresión que es el esfuerzo que tiende a acortar el cuerpo, así mismo la resistencia a la flexión que es la fuerza que tiende a curvar al material.

Uno de los materiales más requeridos en el sector constructivo es la madera, siendo empleado para construir casas, escuelas, centros comerciales, para Viluma (2017) esto es debido a que la madera “es un material fuerte y ligero, haciéndolo ideal para prefabricados”. Así mismo Schuetze (2018) considera que la madera “es un material estructuralmente eficiente que es empleado en el sector de la construcción, en donde se utilizan las especies de madera blanda y especies de madera dura”.

Importancia del reciclaje: “Se define al reciclaje como uno de los procesos en donde los residuos son acopiados y convertidos en productos nuevos que se pueden utilizar o

comercializar como materiales o insumos nuevos” (EROSKI, 2011). Para Rutkowski, y otros (2017) expresan que “una de las estrategias para reducir los desechos de plástico radica a través del reciclaje mecánico o la reutilización, el cual es un proceso eficiente y de bajo costo”.

Uno de los residuos que se pueden reutilizar y se encuentran en grandes cantidades es el bagazo de la *Saccharum officinarum*, el cual, según Ming-Jie, y otros (2016) expresan que es un residuo nervudo que se mantiene en la caña luego de haber pasado por un tratamiento de exprimido y de extracción, empleado en la industria azucarera, siendo un recurso abundante y renovable en la tierra. Así mismo Vasques, y otros (2017) manifiestan que la industria de la caña de azúcar se basa principalmente en la elaboración de azúcar y etanol, la cual genera enormes volúmenes de bagazo y basura. Además, es empleado en otros sectores de fabricación de cartones, papeles, incluso en la fabricación de materiales en la industria constructiva.

La composición del bagazo de la *Saccharum officinarum* según Almazán (2016) está compuesta de la siguiente manera: “2 % de sólidos solubles, 49 % de humedad, 48 % de fibras, entre un dieciocho 18 % y 24 % de lignina, 1 % por ciento de pectina y de 1 % a 4 % de cenizas, 55 % por ciento de celulosa” (Anexo 4). La Estructura del bagazo de la *Saccharum officinarum* se identifica inicialmente por su ilustre heterogeneidad morfológica, a su vez por estar hecha por dos fracciones diferentes, que es una composición de fibra y otra cristalina, además de tener una estructura disforme, brinda resistencia a los dobles y dureza, además tiene un alto nivel de absorción”.

Otro de los residuos que existe en grandes magnitudes es el polietileno tereftalato-poliéster o plástico PET, el cual es un plástico descubierto por J. R. Whinfield y J.T. Dicknson. Para Wiggin (2019) la producción de plástico en todo el mundo ha aumentado rápidamente desde la década de 1950. Por otro lado, según Rhodes (2019) el 90% de los artículos de plástico PET se usan una vez y luego se desechan. Es empleado para la elaboración de depósitos siendo completamente reciclables, otorgándole un cuantioso valor agregado, a este plástico el cual cuenta con una estructura macromolecular por el mayor porcentaje de sustancias de hidrocarburos, alcoholes y diversos componentes orgánicos.

Según Bordón (2012), las propiedades que presenta el plástico PET son las siguientes, buen comportamiento ante esfuerzos admisibles, un claro ejemplo alta resistencia

mecánica a la compresión, por otro lado presenta resistencia a los ácidos y disolventes, alto grado de ligereza, alta resistencia química y al desgaste, y buenas propiedades térmicas.

El plástico pasa por un proceso de moldeo, que consiste en dar determinadas formas y medidas al plástico, para ello se requiere de moldes definidos que cumplan con las formas y medidas según especificaciones deseadas, existiendo las siguientes técnicas:

Técnica de moldeo por extrusión: para Hoyos (2017), esta técnica es un proceso continuo, en donde el plástico previamente molido, es fundido por la acción de una temperatura constante y de la fricción generada durante el proceso, el cual permite pasar al plástico derretido por un dado o molde que le proporciona una forma definida, y que inmediatamente es enfriada para evitar ciertas deformaciones permanentes; según Huda (2016) “los productos típicos que se obtienen mediante este proceso son tubos, barras, molduras, laminas y películas.

Técnica de moldeo por inyección: para Young, y otros (2016) es una técnica ampliamente utilizada para producir la mayoría de los productos plásticos. Así mismo Krebelj, y otros (2019) expresan, que es una de las técnicas más comunes para el proceso de moldeo, el cual consiste en fundir el plástico y hacerlo fluir bajo presión en un molde determinado, en el cual la pieza se enfría duplicando y solidificando su forma. Para Singh, y otros (2015) el proceso de inyección se puede dividir en cinco pasos: dosificación, inyección, retención, enfriamiento y finalmente expulsión.

Técnica de moldeo por proceso térmico: Richardson, y otros (2003), denominan esta técnica como una de las más sencillas y fácil de aplicarla, ya que permite fundir el plástico empleando una temperatura constante que oscila entre los 70°C o 80°C, después del fundido, el plástico es vertido en moldes predefinidos, obteniendo durante su enfriamiento un molde homogéneo, definido y consistente.

Para llevar a cabo los ensayos físicos mecánicos de la presente investigación de las probetas de plástico PET y bagazo de *Saccharum officinarum*, se tomaron en cuenta las siguientes Normas Técnicas Peruanas: Según INACAL (2019) las “Normas Técnicas Peruanas” para dichas pruebas son las siguientes, Norma Técnica Peruana 251.014:2014: Método para determinar la compresión en maderas sólidas. (Anexo 5), Norma Técnica Peruana 251.017:2014: Método para determinar la flexión estática en maderas, (Anexo 6), y el Manual para ensayos tracción paralela certificado de la Universidad César Vallejo

(Anexo 7). Para la comparación de los resultados se tomó como referencia la Norma E 0.10: Madera (Anexo 8), centrándose en específico en el capítulo I de Agrupamiento de maderas para uso estructural, en el cual se encuentran establecidos los parámetros que deben de tener las maderas para uso estructural, en cuanto a esfuerzos admisibles para su respectiva aplicación. (SENCICO, 2019)

En la presente investigación se planteó la formulación de la siguiente pregunta general: ¿De qué manera se elaborará y caracterizará un material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET? y de la formulación de las siguientes preguntas específicas: ¿Qué propiedades físico-mecánicas presentarán las diferentes cantidades de bagazo y plástico PET del material de construcción?, ¿Cuál será la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración de un material de construcción, ¿Cómo se estimará el costo unitario de la elaboración del material de construcción?

Por otro lado, la presente investigación es conveniente y se justifica por su invención sostenible, ya que la preparación del material constructivo se aprovechara y servirá como una contribución significativa para la ingeniería en cuanto a la industria de producción de materiales de construcción, ya que podría ser una opción tecnológica ecológica e innovadora que lograría sustituir a la madera y a otros materiales que al exponerse a la intemperie sufren grandes daños y que poseen costos muy elevados. Además, podría abrir paso a nuevas investigaciones sobre estos insumos reciclables, debido a los pocos estudios que hay en el país que toquen estas investigaciones sobre la transformación de materiales constructivos en base al aprovechamiento del bagazo de la *Saccharum officinarum* y del plástico PET, ya que su elaboración no demandaría de un alto costo por ser insumos reutilizables. Tal preparación del material constructivo servirá significativamente de aporte por su contribución sostenible con el medio ambiente y para la sociedad, ya que brindaría una nueva alternativa ecológica en cuanto a materiales de construcción que cuente con un bajo costo para su adquisición. Además, beneficiaría a las entidades constructoras permitiendo incorporar alternativas novedosas en sus proyectos con innovación sostenible, que contaría con costos bajos de elaboración dado que se emplearían materiales reciclados.

Consecuentemente, se consideró la Hipótesis General: Es posible elaborar y caracterizar un material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET. Asimismo las siguientes Hipótesis Específicas para el primer objetivo, existen

diferencias en las características de resistencia a la tracción paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET, existen diferencias en las características de resistencia a la compresión paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET, existen diferencias en las características de resistencia a la flexión estática según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET, seguidamente de la hipótesis establecida para el segundo objetivo: es posible determinar la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración de un material de construcción; y finalmente la hipótesis para el tercer objetivo: el coste de la elaboración del material de construcción se logra estimar mediante un análisis de costos.

Además se planteó para la presente investigación, como objetivo general: Elaborar y caracterizar un material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET, y los siguiente objetivos específicos: Determinar las características físico-mecánicas para las diferentes cantidades de bagazo y plástico PET del material de construcción, determinar la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración de un material de construcción; y estimar costos de la elaboración del material de construcción mediante un análisis de costos.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de Investigación.

De acuerdo con la investigación es EXPERIMENTAL PURO, para (Hernández Sampieri, y otros, 2006) expresan que “(...) son aquellas investigaciones en las cuales se manejan una o más variables independientes para apreciar los cambios en las variables dependientes en un controlado escenario.”

Debido a su diseño se aplicó un diseño bifactorial de bloques completos aleatorios, según Kuehl (2001) es aquel que es utilizado para disminuir y controlar los errores experimentales, debido a que los tratamientos son determinados al azar en los bloques, logrando hacer la comparación más precisa entre cada uno los tratamientos experimentales de cada bloque pertenecientes a un conjunto unirme.

Fórmula referida al Diseño Bifactorial de Bloques Completos Aleatorias:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \delta_k + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$X_{ijk}$  = Observación experimental.

$\mu$  = Promedio Poblacional.

$\alpha_i$  = Tratamientos con los diferentes cantidades de plástico PET.

$\beta_j$  = Tratamientos con las diferentes cantidades de bagazo de la *Saccharum officinarum*.

$\alpha\beta_{ij}$  = Interacción de tratamientos de las concentraciones.

$\delta_k$  = Efecto de bloques.

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental.

$i$  = Cantidades de plástico PET.

$j$  = Cantidades de bagazo de caña de azúcar.

$k$  = Bloques (1, 2, 3).

**Tabla 1: Factores y Niveles**

<b>FACTORES</b>	<b>NIVELES</b>	<b>CLAVE</b>
Cantidades de plástico PET.	210 gr	P1
	360 gr	P2
Cantidades de bagazo.	250 gr	B1
	140 gr	B2

Elaboración Propia.

**Tabla 2: Tratamientos.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Plástico PET</b>	<b>Bagazo</b>
P1B1	210 gr	250 gr
P1B2	210 gr	140 gr
P2B1	360 gr	250 gr
P2B2	360 gr	140 gr

Elaboración Propia.

**Tabla 3: Esquema de distribución de tratamiento en bloques completos aleatorios.**

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
I				
II				
III				

Elaboración Propia.

## 2.2. Tipo de Investigación

- De acuerdo con su Finalidad: Investigación Aplicada.

Para (Hernández Sampieri, y otros, 2006) también es llamada “investigación practica” porque busca la utilización y aplicación de los conocimientos, por lo cual esta investigación por su finalidad es aplicada, debido a que busca aprovechar al bagazo y plástico PET reciclado para la preparación del material constructivo innovador y sostenible.

- De acuerdo con su nivel: Investigación Explicativa.

“Las investigaciones explicativas son aquellas que manifiestan el origen de los fenómenos y eventos sociales y físicos” (Hernández Sampieri, y otros, 2006). Por lo cual el presente estudio es una investigación explicativa, debido que se quiere informar sobre el comportamiento de las variables de estudio en función de las otras.

- De acuerdo con su enfoque: Investigación Cuantitativa

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2006) dicha investigación cuantitativa es aquella en donde los datos cuantitativos de las variables se recopilan y analizan. La presente investigación es cuantitativa, debido a que se recolectarán y analizarán los datos obtenidos de las variables de estudio de sus propiedades físicas mecánicas.

### 2.2.1. Variables.

#### Variable Independiente:

Elaboración a partir del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET reciclado.

#### Variable Dependiente:

Caracterización del Material de Construcción.

2.2.2. Operacionalización de variables.

Tabla 4: Matriz de Operacionalización de Variables

Variable		Definición Conceptual	Dimensión	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Variable Independiente	Elaboración a partir del reciclaje del bagazo de caña de azúcar y plástico PET.	“Acción y efecto de elaborar productos que se logran convirtiendo una o más materias en continuas operaciones” (OXFORD, 2017) a partir del “(...) es el residuo fibroso, obtenido a la salida del último molino del tándem. Representa el 28% en peso de la caña que se procesa (...)” (ALMAZÁN DEL OLMO, 2016) y “(...) material fuerte poliéster claro, de peso ligero de. Se utiliza para hacer recipientes para bebidas de jugos suaves, agua, aceites comestibles, limpiadores caseros, bebidas alcohólicas y otros” (GARCÍA OLIVARES, 2006)	Composición y Proceso de elaboración	Se determinó las cantidades apropiadas del bagazo de Saccharum officinarum y plástico PET en proporción a muestras por unidad.	gr de bagazo de Saccharum officinarum	De Razón
					gr de plástico PET	
				Mediante un cronómetro y la observación se registró el tiempo adecuado de la trituración del plástico PET.	Tiempo de molienda por gr.	De Razón
				Mediante un cronómetro y la observación se registró el tiempo adecuado del deshilachado del bagazo de la Saccharum officinarum.	Tiempo de deshilachado por gr.	
		Mediante un cronómetro y la observación se registró el tiempo adecuado de la cocción del plástico PET.	Tiempo de cocción por gr.			

Elaboración Propia.

Variable		Definición Conceptual	Dimensión	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Variable Dependiente	Caracterización del material de construcción	“(…) es una descripción cualitativa que puede acudir a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo (…)” (Bonilla Castro, y otros, 2009) del “(…) los cuerpos que integran las obras de construcción, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma (…)” (ORUS ASSO, 1984)	Propiedades Físicas – mecánicas	Se evaluaron las propiedades Físicas – Mecánicas del material de construcción a través de pruebas de laboratorio	Tracción paralela	De Razón
					Compresión paralela	
			Costos	Se determinó el costo unitario considerando, los costes de los insumos, costo de mano de obra y la depreciación de los equipos empleados.	Costo unitario de elaboración	De Razón

Elaboración Propia.

### 2.3. Población y Muestra.

La presente investigación, presenta una población finita, siendo conformada por 10.26 kg de plástico PET y 7.02 kg de bagazo de la *Saccharum officinarum*, distribuido para la preparación de las 36 probetas.

La muestra estuvo conformada por las 36 probetas (12 probetas para ensayos de compresión paralela, 12 probetas para ensayos de tracción paralela, y 12 probetas para ensayos de flexión estática) establecidas en la Tabla 3: Esquema de distribución de tratamientos en bloques completos aleatorios.

Tabla 5: Población y Muestra.

Indicadores	Unidad de análisis	Población		Muestra
		Plástico PET	Bagazo de <i>Saccharum officinarum</i>	
gr de bagazo de <i>Saccharum officinarum</i>	Mezcla	10.26 kg	7.02 kg	-
gr de plástico PET				
Tiempo de molienda por gr.	Mezcla			
Tiempo de deshilachado por gr.				
Tiempo de cocción por gr.				
Tracción paralela	Mezcla			12 probetas (3.420 kg de Plástico PET y 2.340 kg de bagazo)
Compresión paralela				12 probetas (3.420 kg de Plástico PET y 2.340 kg de bagazo)
Flexión estática				12 probetas (3.420 kg de Plástico PET y 2.340 kg de bagazo)
Costo unitario de elaboración	Material de Construcción	1	-	

Elaboración Propia.

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

2.4.1. Observación Experimental: “Es la correlación entre el observador y el objeto observado, además la observación experimental es considerada como una técnica simple, además de ser la apertura de todo entendimiento de la realidad” (Hernández Sampieri, y otros, 2006). Dicha técnica en la presente investigación radica en utilizar las cantidades precisas establecidas de cada componente: plástico PET y el bagazo de la *Saccharum officinarum*, para lograr producir un material ecológico empleado en la construcción. Asu vez se logró tomar imágenes en la ejecución del proceso de preparación y obtener datos detallados.

2.4.2. Análisis Documental: según (Hernández Sampieri, y otros, 2006), es aquella técnica que se realizan análisis específicos intelectuales que permiten estimular el pensar al analizar textos y documentos desde su información y estructura. La aplicación de dicha técnica en la presente investigación fue para examinar la información conseguida y documentada de los datos de laboratorio de las características físico mecánicos del material constructivo, además de registrar los costos generados para su elaboración.

2.4.3. Instrumentos:

Tabla 6: Instrumentos.

Indicadores	Técnicas	Instrumentos
gr de bagazo de caña de la <i>Saccharum officinarum</i>	Observación experimental	Ficha de registro de cantidades de plástico PET y bagazo de <i>Saccharum officinarum</i> - Tiempos empleados en proceso. (Anexo 9, Anexo 10, Anexo 11)
gr de plástico PET		
Tiempo de molienda por gr.		
Tiempo de deshilachado por gr.		
Tiempo de cocción por gr.	Análisis documental	Documentos de ensayos físicas-mecánicos. (Anexo 12, Anexo 13, Anexo 14)
Tracción paralela		
Compresión paralela		
Flexión estática	Análisis documental	Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas. (Anexo 15)
Costo unitario		Ficha de registro de costo unitario de elaboración. (Tabla 16)

Elaboración Propia.

#### 2.4.4. Validación y confiabilidad del instrumento.

Los instrumentos realizados fueron aprobados por el juicio de tres expertos quienes determinaron que la estructura y el contenido de los instrumentos presentados son los apropiados para la pertinente recolección de información para la presente investigación. (Anexo 16, Anexo 17, Anexo 18)

#### **2.5. Procedimiento.**

Para fines del estudio de la presente investigación se tomaron fotografías como evidencia de la elaboración del material de construcción (Anexo 19), además se fabricaron 9 moldes con dimensiones establecidas por las Normas Técnicas Peruanas y el Manual para ensayos tracción paralela certificado de la Universidad César Vallejo.

Las medidas de los 3 primeros moldes de 5cm x 5cm de sección transversal x 20cm de largo, las cuales son requeridas para ensayo de acuerdo con la NTP 251.014-2014 (Método para determinar la compresión paralela). (Anexo 5)

Los 3 últimos moldes fueron de 2.5cm x 2.5cm de sección transversal x 41cm de largo, medidas requeridas para ensayos de acuerdo con la NTP 251.017-2014 (Método para determinar la flexión estática). (Anexo 6)

Las medidas de los 3 moldes siguientes fueron de 5cm x 5 cm de sección transversal x 15 cm de largo, medida que es establecida por el Manual para ensayos tracción paralela certificado de la Universidad César Vallejo. (Anexo 7)

En base al reaprovechamiento de la *Saccharum officinarum* (bagazo) y plástico PET se inició con la elaboración del material de construcción, el cual consta de las siguientes etapas importantes, mencionadas a continuación, también para ello se ha considerado la elaboración de un diagrama de operaciones (Anexo 20)

#### **Recolección de plástico PET reciclado y Bagazo de la *Saccharum officinarum*:**

Los 10.26 kg de plástico PET se obtuvieron de una empresa recicladora denominada Recicladora Rosita y Alexander E.I.R.L ubicada en la ciudad de Talara y los 7.02 kg de bagazo de la *Saccharum officinarum* se recolectaron en una industria procesadora de azúcar, que por motivos de confidencialidad no puede ser mencionada.

### **Pesado del plástico PET y bagazo de la Saccharum officinarum:**

Se empleó una balanza para pesar las cantidades exactas determinadas en la Tabla 1.

### **Lavado y secado del bagazo de la Saccharum officinarum:**

Los 7.02 kg de bagazo de la Saccharum officinarum fueron lavados con el fin de eliminar impurezas y cantidad de azúcar adherida al bagazo. Seguidamente el bagazo de la Saccharum officinarum se dejó reposar en el sol sobre togas plásticas durante veinticuatro horas a temperatura ambiente.

### **Deshilachado del bagazo de la Saccharum officinarum:**

Una vez totalmente seco el bagazo de la Saccharum officinarum, se procedió a deshilar y cortar en fracciones pequeñas de aproximadamente una pulgada de largo.

### **Molido de plástico PET:**

Los 10.26 kg de plástico PET fueron molidos para obtener partículas pequeñas de plástico PET, que posteriormente se fundirá.

### **Cocción de plástico PET:**

El plástico PET fue fundido a una temperatura constante de 80°C para obtener un plástico derretido y viscoso. Los tiempos se encuentran detallados en el (Anexo 9, 10 y 11).

### **Mezclado del bagazo de la Saccharum officinarum y plástico PET:**

Una vez derretido el plástico PET, se procede a mezclarlo con el bagazo de la Saccharum officinarum para obtener un material homogéneo.

**Vaciado de mezcla en moldes:** La mezcla homogénea fue vaciada a los moldes, para poder obtener el material de construcción con la forma deseada.

### **Enfriamiento:**

El producto obtenido se dejó a temperatura ambiente durante 3 horas aprox. para su enfriamiento respectivo.

**Desmoldado:**

En esta fase de manera individual fueron desmoldadas las probetas, para obtener finalmente el material de construcción.

**2.6. Métodos de análisis de datos.**

Se realizó un análisis comparativo en base a la “Norma E.010 Madera”, de los parámetros establecidos de esfuerzos admisibles para Maderas para uso estructural y de los resultados obtenidos en laboratorio de los análisis físicos mecánicos del material de construcción elaborado, además dichos datos fueron subidos y analizados en tablas en el programa de SPSS.

**2.7. Aspectos éticos.**

La presente investigación presenta la total veracidad de los resultados logrados en el proceso de transformación y de los análisis obtenidos del laboratorio, realizados con el objetivo de comprobar sus propiedades físicas y mecánicas. Además de ser un trabajo investigativo para el cuidado del bienestar del ser humano, de otras especies existentes de la fauna, del planeta y con el compromiso de responsabilidad social. Por otro lado, por un tema de confidencialidad la empresa que brindo el bagazo de la *Saccharum officinarum* no será mencionado por no autorizar su mención en la presente investigación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Determinación de las características físico-mecánicas para las diferentes cantidades de bagazo y plástico PET del material de construcción:

De acuerdo con el primer objetivo específico, se efectuó un análisis de ensayos físicos mecánico de compresión paralela, flexión estática y de tracción paralela a las muestras elaboradas.

#### Ensayos de resistencia a la Tracción Paralela.

**Tabla 7: Resultados de Ensayos de Tracción Paralela**

Bloque	Nº	Registro de Tratamiento	Carga (Kg.)	Resistencia a la Tracción Paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	Norma E. 010 - Madera clase C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
I	1.1	P2B2	488	6.51	75	9
	1.2	P1B1	321	4.28		6
	1.3	P2B1	595	7.93		11
	1.4	P1B2	244	3.25		4
II	2.1	P1B1	196	2.61		3
	2.2	P2B2	400	5.33		7
	2.3	P2B1	689	9.19		12
	2.4	P1B2	100	1.33		2
III	3.1	P2B1	602	8.03		11
	3.2	P1B1	140	1.87		2
	3.3	P1B2	264	3.52		5
	3.4	P2B2	278	3.71		5

Fuente: Documento de laboratorio - Elaboración Propia.

En la tabla 7 se puede apreciar, que, de todas las muestras analizadas, las que presentan una mejor resistencia a la tracción paralela, son las muestras 1.3 con registro P2B1, 2.3 con registro P2B1 y 3.1 con registro P2B1, llegando a soportar una carga máxima de 595 kg, 689 kg y 602 kg, así mismo con unas resistencias de 7.93 kg/cm<sup>2</sup>, 9.19 kg/cm<sup>2</sup> y 8.03 kg/cm<sup>2</sup>. La composición de la mezcla de los tratamientos y la determinación de los tiempos empleados se encuentra detallado en el Anexo 9.

Dichas resistencias antes mencionadas, no llegan a cumplir con el parámetro de esfuerzos admisibles de resistencia a la tracción paralela establecida por la Norma E.010 Madera (Anexo 8).

**Tabla 8: Análisis de varianza de la tracción paralela según las interacciones del reciclado del bagazo de la *Saccharum officinarum* con el plástico PET, en la elaboración del material de construcción.**

**ANOVA**

Variable dependiente:	Resistencia a la Tracción Paralela en los materiales (kg/cm <sup>2</sup> )				
Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Bloque	217,173	1	217,173	187,121	,000
Cantidad de plástico	109,212	1	109,212	94,100	,000
Cantidad de bagazo	2,057	1	2,057	1,773	,220
Interacciones P y B	11,997	1	11,997	10,337	,012
Error	9,285	8	1,161		
Total	349,724	12			

Elaboración Propia.

Como se puede observar en la Tabla 8, el análisis de varianza para las diferentes **resistencias a la tracción paralela (kg/cm<sup>2</sup>)** en la elaboración de materiales de construcción. De manera separada en el factor **“Cantidades de plástico PET en sus niveles de 360 gr y 210 gr”**, se puede observar que existe diferencias altamente significativas en las resistencias medias a la tracción paralela (kg/cm<sup>2</sup>), ya que la significancia fue de 0.000 siendo esta menor a la probabilidad 0.01. Por otra parte, el factor **“Cantidades de Bagazo de caña de azúcar en sus niveles de 250 gr y 140 gr”** se puede apreciar que no existe diferencia significativa en las resistencias medias a la tracción paralela (kg/cm<sup>2</sup>), ya que la significancia fue de 0.220 siendo esta mayor a la probabilidad 0.05. Además, la interacción entre los **“niveles de Cantidades de plástico PET con los niveles de Cantidades de Bagazo de *Saccharum officinarum*”**, el valor de la significancia de la prueba es 0.012, siendo esta menor a la probabilidad de 0.05. Esto quiere decir que existe diferencia significativa en las resistencias medias a la tracción paralela (kg/cm<sup>2</sup>), para los diferentes tratamientos (4 tratamientos).

**Tabla 9: Prueba de Tukey de la tracción paralela según las interacciones del reciclado del bagazo de la *Saccharum officinarum* con el plástico PET, en la elaboración del material de construcción.**

<b>Comparaciones múltiples</b>					
Variable dependiente: Resistencia a la Tracción Paralela en los materiales (kg/cm <sup>2</sup> )					
(I) Tratamiento			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
HSD Tukey	P2B2	P1B1	2,26333	,95015	,158
		P2B1	-3,20000*	,95015	,040
		P1B2	2,48333	,95015	,115
	P1B1	P2B2	-2,26333	,95015	,158
		P2B1	-5,46333*	,95015	,002
		P1B2	,22000	,95015	,995
	P2B1	P2B2	3,20000*	,95015	,040
		P1B1	5,46333*	,95015	,002
		P1B2	5,68333*	,95015	,001
P1B2	P2B2	-2,48333	,95015	,115	
	P1B1	-,22000	,95015	,995	
	P2B1	-5,68333*	,95015	,001	

Elaboración Propia.

Se puede observar en la tabla N° 9, que el mayor nivel de diferencias se encuentra entre la mezcla P2B1 con respecto a las demás mezclas, tales como la mezcla (P2B2 =0,040) logrando superar el límite de significancia idóneo ( $p=0,05$ ), afirmando que dicha diferencia es estadísticamente significativa, por otro lado la mezcla P2B1 con las mezclas (P1B1=0,002; P1B2=0,001), logran superar el límite significancia idóneo ( $p=0,05$ ), pero afirmando estadísticamente que tales diferencias son altamente significativas.

### 3.1.1. Prueba de Hipótesis.

Hipótesis Ho:

No existen diferencias en las características de resistencia a la tracción paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.

Hipótesis Ha:

Existen diferencias en las características de resistencia a la tracción paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.

Se aprecia en el análisis de varianza y la prueba tukey que si existen diferencias significativas de resistencia a la tracción paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa.

### Ensayos de resistencia a la Compresión Paralela:

Tabla 10: Resultados de Ensayos de Compresión paralela.

Bloque	Nº	Registro de Tratamiento	Carga (Kg.)	Resistencia a la Compresión Paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	Norma E. 010 - Madera clase C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
I	1.1	P2B2	230	2	80	3
	1.2	P1B1	301	3		4
	1.3	P2B1	914	9		11
	1.4	P1B2	452	5		6
II	2.1	P1B1	654	6		8
	2.2	P2B2	411	4		5
	2.3	P2B1	745	7		9
	2.4	P1B2	110	1		1
III	3.1	P2B1	874	9		11
	3.2	P1B1	389	4		5
	3.3	P1B2	541	5		7
	3.4	P2B2	621	6		8

Fuente: Documento de laboratorio - Elaboración Propia.

En la tabla 10 se puede apreciar, que, de todas las muestras analizadas, las que presentan una mejor resistencia a la compresión paralela, son las muestras 1.3 con registro P2B1, 2.3 con registro P2B1 y 3.1 con registro P2B1, llegando a soportar una carga máxima de 914 kg, 745 k y 874 kg, así mismo una resistencia de 9 kg/cm<sup>2</sup>, 7 kg/cm<sup>2</sup> y 9 kg/cm<sup>2</sup>. La composición de la mezcla de los tratamientos y la determinación de los tiempos empleados se encuentra detallado en el Anexo 10.

Las resistencias antes mencionadas, no llegan a cumplir con el parámetro de esfuerzos admisibles de resistencia a la compresión paralela establecida por la Norma E.010 Madera (Anexo 8).

**Tabla 11: Análisis de varianza de la resistencia a la compresión paralela según las interacciones del reciclado del bagazo de la *Saccharum officinarum* con el plástico PET, en la elaboración del material de construcción.**

ANOVA					
Variable dependiente:	Resistencia a la Compresión Paralela en los materiales (Kg/cm <sup>2</sup> )				
Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Bloque	297,161	1	297,161	69,997	,000
Cantidad de plástico	37,667	1	37,667	8,873	,018
Cantidad de bagazo	2,567	1	2,567	,605	,459
Interacciones P y B	20,642	1	20,642	4,862	,059
Error	33,962	8	4,245		
Total	392,000	12			

Elaboración Propia.

Como se puede observar en la Tabla 11, el análisis de varianza para las diferentes **resistencias a la compresión paralela (kg/cm<sup>2</sup>)** en la elaboración de materiales de construcción. De manera separada en el factor **“Cantidades de plástico PET en sus niveles de 360 gr y 210 gr”**, se puede observar que existe diferencia significativa en las resistencias medias a la compresión paralela (kg/cm<sup>2</sup>), ya que la significancia fue de 0.018 siendo esta menor a la probabilidad de 0.05; Por otra parte el factor, **“Cantidades de Bagazo de caña de azúcar en sus niveles de 250 gr y 140 gr”** se puede apreciar que no existe diferencia significativa en las resistencias medias a la compresión paralela (kg/cm<sup>2</sup>), ya que la significancia fue de 0.459 siendo esta mayor a la probabilidad 0.05. Además, la interacción entre los **“niveles de Cantidades de plástico PET con los niveles de Cantidades de Bagazo de caña de azúcar”**, el valor de la significancia de la prueba es 0.059, siendo esta mayor a la probabilidad de 0.05. Esto quiere decir que no existe

diferencia significativa en las resistencias medias a la compresión paralela ( $\text{kg/cm}^2$ ), para los diferentes tratamientos (4 tratamientos)

**Tabla 12: Prueba de Tukey de la compresión paralela según las interacciones del bagazo reciclado de la *Saccharum officinarum* con el plástico PET en la elaboración del material de construcción.**

<b>Comparaciones múltiples</b>					
Variable dependiente:	Resistencia a la Compresión Paralela en los materiales ( $\text{Kg/cm}^2$ )				
(I) Tratamiento			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
HSD Tukey	P2B2	P1B1	-,667	1,581	,973
		P2B1	-4,333	1,581	,096
		P1B2	,333	1,581	,996
	P1B1	P2B2	,667	1,581	,973
		P2B1	-3,667	1,581	,173
		P1B2	1,000	1,581	,919
	P2B1	P2B2	4,333	1,581	,096
		P1B1	3,667	1,581	,173
		P1B2	4,667	1,581	,071
	P1B2	P2B2	-,333	1,581	,996
		P1B1	-1,000	1,581	,919
		P2B1	-4,667	1,581	,071

Elaboración Propia.

Se puede observar en la tabla N° 12, que el mayor nivel de diferencias se encuentra entre la mezcla P2B1 con las demás mezclas ( $P2B2 = 0,096$ ;  $P1B1 = 0,173$ ;  $P1B2 = 0,071$ ), sin embargo, estas diferencias no llegan a superar el límite de significancia idóneo ( $p = 0,05$ ), por lo tanto, no se puede afirmar que dichas diferencias son estadísticamente significativas.

### 3.1.2. Prueba de Hipótesis.

Hipótesis Ho:

No existen diferencias en las características de resistencia a la compresión paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.

Hipótesis Ha:

Existen diferencias en las características de resistencia a la compresión paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET.

Se aprecia en el análisis de varianza y la prueba tukey que no existen diferencias significativas de resistencia a la compresión paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa.

### Ensayos de resistencia a la Flexión Estática.

Tabla 13: Resultados de Ensayos de Flexión Estática.

Bloque	Nº	Registro de Tratamiento	Carga (Kg.)	Resistencia a la Flexión Estática (kg/cm <sup>2</sup> )	Norma E. 010 - Madera clase C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (%)
I	1.1	P2B2	124	1.21	100	1
	1.2	P1B1	222	2.17		2
	1.3	P2B1	565	5.51		6
	1.4	P1B2	425	4.15		4
II	2.1	P1B1	234	2.28		2
	2.2	P2B2	417	4.07		4
	2.3	P2B1	678	6.61		7
	2.4	P1B2	371	3.62		4
III	3.1	P2B1	533	5.20		5
	3.2	P1B1	218	2.13		2
	3.3	P1B2	223	2.18		2
	3.4	P2B2	109	1.06		1

Fuente: Documento de laboratorio - Elaboración Propia.

En la tabla 13 se puede apreciar, que, de todas las muestras analizadas, las que presentan una mejor resistencia a la flexión estática, son las muestras 1.3 con registro P2B1, 2.3 con registro P2B1 y 3.1 con registro P2B1, llegando a soportar una carga máxima de 565 kg, 678 kg y 371 kg, así mismo una resistencia de 5.51 kg/cm<sup>2</sup>, 6.61 kg/cm<sup>2</sup> y 3.62 kg/cm<sup>2</sup>. La composición de la mezcla de los tratamientos y la determinación de los tiempos empleados se encuentra detallado en el Anexo 11.

Las resistencias antes mencionadas, no llegan a cumplir con el parámetro de esfuerzos admisibles de resistencia a la flexión estática establecida por la Norma E.010 Madera (Anexo 8).

**Tabla 14: Análisis de varianza de la flexión estática según las interacciones del bagazo reciclado de la *Saccharum officinarum* con el plástico PET en la elaboración del material de construcción.**

ANOVA					
Variable dependiente: Resistencia a la Flexión Estática en los materiales (Kg/cm <sup>2</sup> )					
Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Bloque	104,041	1	104,041	23,535	,001
Cantidad de plástico	7,944	1	7,944	1,797	,217
Cantidad de bagazo	16,680	1	16,680	3,773	,088
Interacciones P y B	5,739	1	5,739	1,298	,288
Error	35,365	8	4,421		
Total	169,768	12			

Elaboración Propia.

Como se puede observar en tabla 14, el análisis de varianza para las diferentes **resistencias a la flexión estática (kg/cm<sup>2</sup>)** en la elaboración de materiales de construcción. De manera separada en el factor **“Cantidades de plástico PET en sus niveles de 360 gr y 210 gr”**, se puede apreciar que no existe diferencia significativa en las resistencias medias a la flexión estática (kg/cm<sup>2</sup>), ya que la significancia fue de 0.217 siendo esta mayor a la probabilidad 0.05; Por otra parte el factor **“Cantidades de Bagazo de caña de azúcar en sus niveles de 250 gr y 140 gr”** se puede apreciar que no existe diferencia significativa en las resistencias medias a la flexión estática (kg/cm<sup>2</sup>), ya que la significancia fue de 0.088 siendo ésta mayor a la probabilidad 0.05. Además, la interacción entre los **“niveles de Cantidades de plástico PET con los niveles de Cantidades de Bagazo de caña de azúcar”**, el valor de la significancia de la prueba es 0.288, siendo esta mayor a la probabilidad de 0.05. Esto quiere decir que no existe

diferencia significativa en las resistencias medias a la flexión estática ( $\text{kg/cm}^2$ ), para los diferentes tratamientos (4 tratamientos).

**Tabla 15: Prueba de Tukey de la flexión estática según las interacciones del bagazo reciclado de la *Saccharum officinarum* con el plástico PET en la elaboración del material de construcción.**

<b>Comparaciones múltiples</b>					
Variable dependiente: Resistencia a la Flexión Estática en los materiales ( $\text{Kg/cm}^2$ )					
(I) Tratamiento			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
HSD Tukey	P2B2	P1B1	-2,02000	1,52754	,575
		P2B1	-1,19333	1,52754	,861
		P1B2	-1,73000	1,52754	,681
	P1B1	P2B2	2,02000	1,52754	,575
		P2B1	,82667	1,52754	,946
		P1B2	,29000	1,52754	,997
	P2B1	P2B2	1,19333	1,52754	,861
		P1B1	-,82667	1,52754	,946
		P1B2	-,53667	1,52754	,984
	P1B2	P2B2	1,73000	1,52754	,681
		P1B1	-,29000	1,52754	,997
		P2B1	,53667	1,52754	,984

Elaboración Propia.

Se puede observar en la tabla N° 15, que la prueba de Tukey, evidencia que no existe diferencias estadísticamente significativas, debido a que no llegan a superar el límite de significancia idóneo ( $p=0.05$ ).

### 3.1.3. Prueba de Hipótesis.

Hipótesis Ho:

No existen diferencias en las características de resistencia a la flexión estática según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.

Hipótesis Ha:

Existen diferencias en las características de resistencia a la flexión estática según las diferentes cantidades de bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET.

Se aprecia en el análisis de varianza y la prueba tukey que si existen diferencias significativas de resistencia a la flexión estática según las diferentes cantidades de bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa.

### **3.2. Determinación de la composición apropiada del Bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET para la elaboración de un material de construcción:**

Se ha evidenciado que las muestras que mejores resultados obtuvieron, de resistencia a la tracción y compresión paralelas, fueron los tratamientos P2B1 conformada por 360 gr de plástico PET y 250 gr de bagazo de la *Saccharum officinarum*, logrando ser la mayor resistencia de tracción paralela obtenida de 9.19 kg/cm<sup>2</sup>, de la resistencia de compresión paralela se obtuvo 9 kg/cm<sup>2</sup>, y finalmente en la resistencia a la flexión estática se obtuvo una resistencia máxima de 6.61 kg/cm<sup>2</sup>. (Anexo 15)

#### **3.2.1. Prueba de Hipótesis.**

Hipótesis Ho:

No es posible determinar la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración de un material de construcción

Hipótesis Ha:

Es posible determinar la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración de un material de construcción

En los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la tracción paralela, compresión paralela y flexión estática de las muestras obtenidas, se puede apreciar que las cargas máximas antes mencionadas, no cumplen con la Norma E.010 Madera, por lo tanto, no se puede determinar la composición apropiada para la producción de un material constructivo conformada por plástico PET y bagazo de la caña de azúcar, por lo cual se acepta la hipótesis nula.

### **3.3. Estimación de los costes de la elaboración del material de construcción:**

En este apartado se ejecutará un análisis de costos unitarios, para poder determinar el precio del material de construcción hecho a base de plástico PET y bagazo de la caña de azúcar, para lo cual se plantearon las siguientes condiciones:

- El costo unitario se determinó en base a la mezcla de 360 gr de plástico PET y 250 gr de bagazo de la *Saccharum officinarum*, composición que mejores resultados obtuvieron en los ensayos físicos-mecánicos.
- Para la mano de obra se tomó como referencia los costos promedios aplicados actualmente en el rubro. Además, para los equipos utilizados se realizó una depreciación simple en lineal recta teniendo en cuenta los días de un año comercial que son trescientos sesenta días. (Anexo 21).

Tabla 16: Análisis de costo del Material de Construcción.

<b>1. INSUMOS Y MATERIALES</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Elemento</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
1.1	Plástico PET	Kg	3.24	0.60	1.94
1.2	Bagazo De Caña De Azúcar	Kg	2.25	0.32	0.72
1.3	Gas	m <sup>3</sup>	1.08	3.08	3.33
1.4	Guantes de badana	Und.	1	0.17	0.17
1.5	Mascarilla de protección respiratoria de silicona.	Und.	1	0.18	0.18
<b>3. EQUIPOS</b>					
3.4	Cocina de una hornilla	Und.	1	0.02	0.02
3.5	Estufa de acero al carbono.	Und.	1	0.003	0.003
3.6	Moldes de madera.	Und.	1	0.004	0.004
<b>4. HORAS HOMBRE</b>					
4.1	Mano de Obra	Horas	2.52	4.20	10.58
<b>Costo Total (S/)</b>					<b>17.13</b>
<b>Costo Unitario del Material de Construcción (S/)</b>					<b>1.90</b>

Elaboración Propia.

De acuerdo con la Tabla 16, se determinó que el costo de los nueve tratamientos del material de construcción, con la composición que mayor resistencia tuvo en los ensayos físicos-mecánicos estudiados, obteniendo un costo total de S/17.13 y un costo unitario de S/1.90.

### **3.3.1. Prueba de Hipótesis:**

Hipótesis Ho:

El coste de la elaboración del material de construcción no se logra estimar mediante un análisis de costos.

Hipótesis Ha:

El coste de la elaboración del material de construcción se logra estimar mediante un análisis de costos.

Los cálculos estimados en la tabla 16, deja en evidencia la estimación del costo unitario de la elaboración del material de construcción, donde se tuvieron en cuenta, los materiales, los equipos e insumos empleados, así mismo la mano de obra. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

#### IV. DISCUSIÓN

Para el primer objetivo específico, el cual fue determinar las características físico-mecánicas del material de construcción, se realizaron los análisis físicos mecánicos, teniendo como mejores resultados, en los ensayos de tracción paralela que soportó una carga máxima de 689 kg con una resistencia de  $9.19 \text{ kg/cm}^2$  (Tabla 7), así mismo en los ensayos de compresión paralela se obtuvo una carga máxima de 914 kg con una resistencia de  $9 \text{ kg/cm}^2$  (Tabla 10) y finalmente en los ensayos de flexión estática una carga máxima de 678 kg con una resistencia de  $6.61 \text{ kg/cm}^2$  (Tabla 13), dichos resultados de compresión paralela y flexión estática se ven contrastados con los resultados obtenidos por Paz (2014), el cual concluyo que al ser sometidos a fuerzas de flexión el ladrillo soporto una presión de  $8.48 \text{ kg/cm}^2$ , además el ladrillo de plástico reciclado tiene un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de  $212,6 \text{ Kg/cm}^2$  y verticalmente  $239 \text{ Kg/cm}^2$ , apreciándose que si existe un grado de resistencia a las propiedades físico-mecánicas al emplear el plástico reciclado tal como se realiza en la presente investigación.

Para el segundo objetivo específico, que fue determinar la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET del material constructivo; debido a los resultados obtenidos de las resistencias de las probetas analizadas en laboratorio con las diferentes cantidades de plástico PET y bagazo de la caña de azúcar se logró determinar, que la composición P2B1 conformada por 360 gr de plástico PET y 250 gr de bagazo de la caña de azúcar, tuvo los mejores resultados con respecto a las demás composiciones, pero dichas resistencias de tracción paralela, compresión paralela y flexión estática antes mencionada no llegan a cumplir con los parámetros establecidos por la Norma E.010 Madera para uso estructural (Anexo 8), por lo tanto no se pudo determinar una composición apropiada para la preparación de un material constructivo que pueda reemplazar a la madera.

Al igual que Tinoco (2018) cuyo objetivo principal en su investigación fue demostrar el beneficio del residuo de la caña como un componente innovador para la elaboración de paneles ecológicos prefabricados de yeso, concluyó que la mezcla que mejor resultado obtuvo a la resistencia a la flexión fue la muestra M1 que está compuesta por un 5% de bagazo de caña de azúcar y un 95% de yeso natural, soportando una carga de 18 kg con una resistencia de 176.4 N (17.98 Kgf) la cual no cumple con los parámetros establecidos por la NTP 334.185 siendo lo aplicable a la norma 250 N (25.49 Kgf), por otro lado

dedujo que, a menor porcentaje de bagazo de caña de azúcar y mayor porcentaje de yeso natural en la dosificación para la mezcla, mayor será su resistencia a la flexión.

Para el último objetivo específico, se estimó el costo de elaboración del material de construcción a través de una ficha de costos, considerando para la estimación del costo unitario la composición que mejor resultado obtuvo en los ensayos físicos-mecánicos, para ello se tomó en cuenta los costos unitarios de los materiales, en el caso de los insumos y equipos empleados se consideró su depreciación, para finalmente estimar el costo unitario, el cual fue de S/ 1.90 (Tabla 16), así mismo Reyna (2016) estableció en su objetivo principal determinar los resultados de la elaboración de concreto ecológico con la reutilización de residuos de papel, bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET como materiales para la edificación de viviendas a un costo menor, en donde determinó que el costo unitario de dicho material es de S/ 13.21, teniendo un ahorro de S/ 14.25 al utilizar tereftalato de polietileno, con respecto al concreto tradicional. Tal cual se puede apreciar, que al usar estos materiales residuales los costos de elaboración son bajos.

## V. CONCLUSIONES

Luego del desarrollo de la presente investigación para la elaboración del material de construcción, se llegaron a las siguientes conclusiones.

Para el primer objetivo específico se logró determinar mediante la aplicación de ensayos de laboratorio que el material de construcción elaborado con las cantidades de 360gr de plástico PET y 250 gr de bagazo de la caña de azúcar, muestra mejores resultados en los ensayos físico-mecánicas, ya que logró soportar en los ensayos de tracción paralela una carga máxima de 689 kg con una resistencia de 9.19 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo en los ensayos de compresión paralela se obtuvo una máxima carga de 914 kg y con una resistencia de 9 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente en los ensayos de flexión estática una máxima carga de 678 kg y una resistencia de 6.61 kg/cm<sup>2</sup> (Fuente: Documentos de laboratorio)

Para el segundo objetivo específico se logró concluir que debido a los datos obtenidos en laboratorio, de los ensayos físicos mecánicas de las resistencias máximas que presentaron las probetas con las diferentes cantidades de bagazo de la *Saccharum officinarum* y plástico PET, no alcanzan los parámetros de esfuerzos admisibles establecidos por la Norma E.010 Madera para uso estructural, debido a ello no se puede determinar una composición apropiada del material de construcción para que reemplace a la madera natural. (Anexo 8)

En el tercer objetivo específico se realizó un análisis de costos unitarios del material de construcción conformada por 360 gr de plástico PET y 250 gr de bagazo de la caña de azúcar, composición que mejores resultados presentó en los ensayos físico-mecánicos, para ello se consideró los costos de los materiales, así mismo la depreciación de los insumos y equipos, logrando estimar finalmente que el costo unitario del material de construcción con dicha composición es de S/ 1.90 (Tabla 16)

Con respecto al objetivo general se concluyó finalmente que se logró determinar mediante la experimentación que al reutilizar y mezclar el bagazo de la *Saccharum officinarum* con plástico PET se puede obtener un material que posee un grado de resistencia a los ensayos físico-mecánicos tales como tracción paralela, compresión paralela y flexión estática, pero el cual no puede reemplazar a la madera para uso estructural; sin embargo, se le puede dar otra utilidad.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir con la investigación para lograr adquirir una mayor cantidad de resultados específicos que logren aportar en gran magnitud a la presente investigación, además para aquellas futuras investigaciones, se recomienda hacer pruebas aumentando la cantidad de plástico PET, además es necesario que se analicen el desarrollo de nuevos aditivos en especial de aquellos residuos sólidos que puedan ayudar aumentar las resistencias a la tracción paralela, compresión paralela y flexión estática del material de construcción elaborado.

Para facilitar y garantizar una mejor efectividad durante el proceso para la obtención del material de construcción se recomienda emplear técnicas de moldeo por inyección o por extrusión mediante el uso de equipos industriales, tales como maquinas inyectoras o extrusoras para derretir el plástico, con respecto a los moldes de madera se recomienda realizar molde de metal (acero al carbono) para lograr obtener las probetas o muestras más definidas.

Debido a que el material de construcción, con la composición de 360 gr de plástico PET y 250 gr de bagazo de caña de azúcar, posee buenos resultados de cargas máximas en kilogramos, las cuales oscilan entre los 533 kg y 914 kg, se recomienda darle otra utilidad a dicho material de construcción elaborado en la presente investigación, el cual puede ser empleado para la fabricación de mobiliario, tales como elaboración de sillas, mesas, armarios, considerando que para ello existe una serie de normas donde establece las dimensiones y condiciones generales de los artículos mobiliarios, tales como NTP 260.006:2004 (Mobiliario escolar para centros educativos. Mesa. Requisitos), NTP 260.008:2004 (Mobiliario escolar para centros educativos. Silla. Requisitos), NTP 260.048.2014 (Mobiliario para uso institucional. Armario guardarropa con o sin llave. Requisitos), además puede ser utilizado para la fabricación de artesanía en base a la NTP 232.501.2016 (Artesanías. Artesanías de madera. Requisitos), entre otras.

Para futuras investigaciones se recomienda realizar un estudio detallado para la aplicabilidad del material elaborado en la presente investigación, en base a las NTP de fabricación de artículos mobiliarios o artesanía, con la finalidad de brindar un mayor aporte para las ciencias de la ingeniería.

## **REFERENCIAS:**

**ALMAZÁN, Oscar. 2016.** El Bagazo De La Caña De Azúcar. Propiedades, Constitución Y Potencial. CUBA : s.n., 2016. ARTICULO DE INVESTIGACIÓN .

**BONILLA, E, HURTADO, J y JARAMILLO, H. 2009.** Aproximaciones A La Construcción Del Conocimiento. Colombia : Alfaomega, 2009.

**BORDÓN, Eduarda. 2012.** Propiedades del plástico. COLOR ABC. [Online] mayo 29, 2012. [Cited: mayo 15, 2019.] <http://www.abc.com.py/edicion-impresas/suplementos/escolar/propiedades-del-plastico-407352.html>.

**CADENA, Jorge . 2017.** AGRO Productividad "Papel Artesanal de Paja de Caña de Azucar". 2017, Vol. 10, 11.

**Cámara Peruana de la Construcción. 2019.** Capeco: el sector construcción alcanzó su mejor desempeño en cinco años. SEMANAeconómica.com. [Online] FEBREO 4, 2019. [Cited: ABRIL 17, 2019.] <http://semanaeconomica.com/article/sectores-y-empresas/conectividad/328785-capeco-el-sector-construccion-alcanzo-su-mejor-desempeno-en-cinco-anos/>.

**CAPECO. 2018.** IEC - Informe Económico De La Construcción . PERÚ : Instituto de la Construcción y el Desarrollo, 2018.

**CEVALLOS, Marco. 2011.** Elaboración de paneles ligeros a base de bagazo de caña de azúcar aglomerado con cemento pórtland. Universidad Nacional De Loja. Loja-Ecuador : Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, 2011. p. 87, Tesis.

**ECHEVERRÍA, Evelyn. 2017.** Ladrillos De Concreto Con Plástico PET. Cajamarca : UNC, 2017. pág. 173, Tesis.

**EROSKI. 2011.** “La importancia de reciclar”. [Online] agosto 9, 2011. [Cited: mayo 15, 2019.] <http://www.arpet.org/docs/La-importancia-de-reciclar.pdf>.

**ESPINOSA, Javier . 2012.** EOI - Escuela de la Organizacion Industrial. Innovar en el sector de la construcción... difícil, pero posible. [Online] Enero 9, 2012. [Cited: Abril 17, 2019.] <https://www.eoi.es/blogs/franciscojavierespinosa/2012/01/09/innovar-en-el-sector-de-la-construccion-dificil-pero-posible/>.

**FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018.** El estado de los bosques del mundo. Roma : ©Suman Acharya/Alamy Stock Photo, 2018. 978-92-5-130715-1.

**GARCÍA, Arnulfo. 2006.** Estudio de caso en la industria del reciclaje de plásticos. eumed.net. [Online] agosto 05, 2006. [Cited: mayo 06, 2019.] <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/aago/a5f.htm>.

**HERNÁNDEZ Sampieri, FERNÁNDEZ, Carlos and BAPTISTA, María. 2006.** Metodología de la investigación. esup.edu.pe. [Online] 5, 2006. [Cited: Junio 9, 2019.] [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20Edici%C3%B3n.pdf). 978-607-15-0291-9.

**HOYOS, Yilmar . 2017.** Moldeo de Plastico . Produccion Productiva. [Online] setiembre 17, 2017. [Cited: setiembre 15, 2019.] <http://procesosproduccion1.blogspot.com/2015/10/moldeo-de-que-es-el-el-plastico-es-un.html>.

**HUDA, Zainul. 2016.** Chapter 6: Plastic Molding Processes. Noviembre 2016.

**Instituto Nacional de Calidad . 2019.** INACAL . [Online] mayo 22, 2019. [Cited: mayo 27, 2019.] <https://www.inacal.gob.pe/>.

**JARAMILLO, Eduardo , MUÑOZ, Liliana and OSSA, Alexandra. 2014.** Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas/Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET) and geotechnical applications. Marzo 2014, pp. 207-219.

**KREBELJ, Kristjan, HALILOVIČ, Miroslav and MOLE, Nikolaj. 2019.** The cooling rate dependence of the specific volume in amorphous plastic injection molding. Julio 2019, 4.

**KUEHL, Robert O. 2001.** Diseños de experimentos. Segunda . Mexico : Thomson Learning, 2001. p. 680. Vol. II.

**LOYAGA, Germán. 2015.** Sector construcción demanda 45% de la madera aserrada. Lima : Infraestructura, 2015.

**MADER, Sebastian. 2019.** Plant trees for the planet: the potential of forests for climate change mitigation and the major drivers of national forest area. Junio 2019.

**MING, Chen, et al. 2016.** Homogeneous Modification of Sugarcane Bagasse by Graft Copolymerization in Ionic Liquid for Oil Absorption Application. 2016.

**ORUS, Felix. 1984.** Materiales de Construcción . s.l. : No data, 1984. mkt0002033716.

**OXFORD. 2017.** Diccionario de la lengua española. Spanish Oxford Living Dictionaries. [Online] marzo 22, 2017. [Cited: mayo 06, 2019.] <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/elaboracion>.

**PAZ, Erwin Edgardo. 2014.** Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado. San Agustín de Arequipa : s.n., 2014. TESIS.

**PlasticsEurope. 2018.** PlasticsEurope. [Online] Abril 2018. [Cited: Abril 14, 2019.] <https://www.plasticseurope.org/es/resources/publications/498-plasticseurope-annual-review-2017-2018>.

**REN, Hai , WANG, Shun and WANG, Chuan. 2015.** General Analysis on Green Building Materials and Development in China. Marzo 2015, pp. 1427-1430.

**REYNA, Cesar. 2016.** Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016. pág. 70, Tesis.

**RHODES, Christopher. 2019.** Solving the plastic problem: From cradle to grave, to reincarnation. Setiembre 2019, 3.

**RICHARDSON and LOKENSGARD. 2003.** Industria del plástico : plástico industrial. Madrid : s.n., 2003. 9788428325691.

**RUTKOWSKI, Jacqueline and RUTKOWSKI, Emília. 2017.** Recycling in Brasil: Paper and Plastic Supply Chain†. 2017, 3.

**SCHUETZE, Thorsten. 2018.** Wood Constructions for Sustainable Building Renovation. Noviembre 2018, pp. 67-72.

**SENCICO. 2019.** Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) vigentes. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. [Online]

Setiembre 14, 2019. [Cited: Setiembre 15, 2019.]  
<https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>.

**SINGH, Gurjeet, PRADHAN, Mohan and VERMA, Ajay. 2015.** A Review of the Effect of Process Parameters on the Performance of Plastic Injection Molding Process to Control the Warpage in Plastics. Setiembre 2015, pp. 116-119.

**SPRACKLEN, B, et al. 2015.** A Global Analysis of Deforestation in Moist Tropical Forest Protected Areas. Diciembre 2015, 12.

**SWENSON, Jennifer, et al. 2017.** Trends in size of tropical deforestation events signal increasing dominance of industrial-scale drivers. Environmental Research Letters. Mayo 21, 2017.

**TINOCO, Giovanni. 2018.** Uso del residuo agrícola de la caña de azúcar como material alternativo. Universidad César Vallejo. Lima : Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2018. p. 146, Tesis.

**TRAMOY, Romain, et al. 2019.** Assessment of the Plastic Inputs From the Seine Basin to the Sea Using Statistical and Field Approaches. Abril 10, 2019.

**VASQUES, Viviane, MARTELLI, Patrícia and GORGULHO, Honória. 2017.** Efficiency of sugarcane bagasse-based sorbents for oil removal from engine washing wastewater. Junio 2017.

**VILUMA, Antra. 2017.** The Situation With Use Of Wood Constructions In Contemporary Latvian Architecture. 2017.

**WIGGIN, Kara. 2019.** Presence and Effects of Microplastic Pollution in the Highly Urbanized Aquatic Environments Surrounding Long Beach, California. 2019, p. 106.

**YOUNG , Park, SANG, Lee and KWAK, Jae. 2016.** A study on compound contents for plastic injection molding products of metallic resin pigment. Diciembre 2016, pp. 5673-5677.

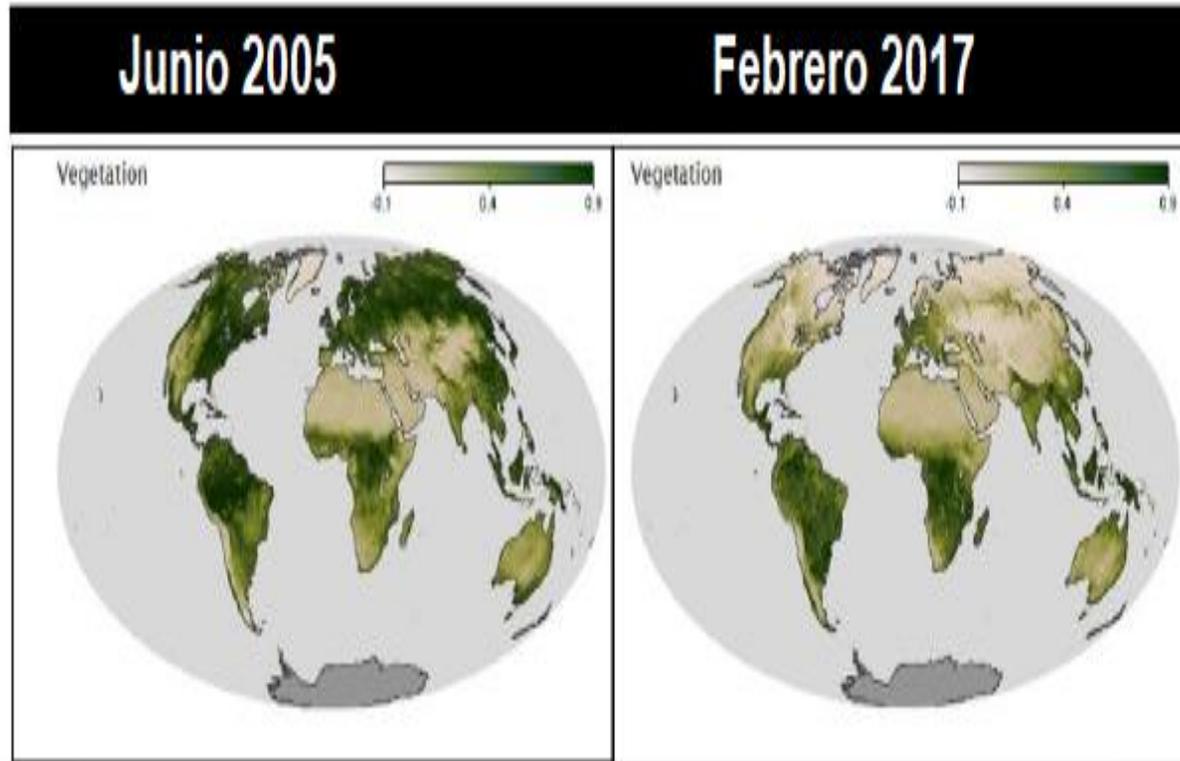
**ZAVALA, Guillermo. 2015.** Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado. Escuela Especializada En Ingeniería ITCA – FEPADE. Santa Tecla : ITCA, 2015. pág. 49, Programa De Investigación Aplicada. 978-99961-50-23-4.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título	Pregunta General	Objetivo General	Hipótesis General	Preguntas Específicas	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de análisis	Población	Muestra	Técnicas	Instrumentos						
Elaboración y caracterización de material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico pet-2019.	¿De qué manera se elaborará y caracterizará un material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET?	Elaborar y caracterizar un material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.	Es posible elaborar y caracterizar un material de construcción a partir del reciclaje del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.	¿Cuál será la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración del material de construcción?	Determinar la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración de un material de construcción.	Es posible determinar la composición apropiada del bagazo de la caña de azúcar y plástico PET para la elaboración de un material de construcción.	Variable independiente	Composición y Procesos de elaboración	Gr. de bagazo de caña de azúcar	Mezcla	10.26 kg de plástico PET y 7.02 kg de bagazo de caña de azúcar	-	Observación experimental	Ficha de registro de cantidades de plástico PET y bagazo de caña de azúcar - Tiempos empleados en proceso. (Anexo 9, Anexo 10, Anexo 11)						
									Gr. de plástico PET											
									Tiempo de molienda por gr.	Mezcla										
									Tiempo de deshilachado por gr.											
								Tiempo de cocción por gr.												
								¿Qué propiedades físico-mecánicas presentarán las diferentes cantidades de bagazo y plástico PET del material de construcción?	Determinar las características físico-mecánicas para las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET del material de construcción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen diferencias en la característica de resistencia a la tracción paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.</li> <li>Existen diferencias en las características de resistencia a la compresión paralela según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.</li> <li>Existen diferencias en las características de resistencia a la flexión estática según las diferentes cantidades de bagazo de la caña de azúcar y plástico PET.</li> </ul>		Variable Dependiente	Físico-mecánicas		Mezcla	Tracción paralela	Análisis documental	12 probetas (3.420 kg de Plástico PET y 2.340 kg de bagazo)	Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas. (Anexo 15)	
								Compresión paralela	12 probetas (3.420 kg de Plástico PET y 2.340 kg de bagazo)											
								Flexión estática	12 probetas (3.420 kg de Plástico PET y 2.340 kg de bagazo)											
								¿Cómo se estimará el costo unitario de la elaboración del material de construcción?	Estimar costos de la elaboración del material de construcción mediante un análisis de costos.	El coste de la elaboración del material de construcción se logra estimar mediante un análisis de costos.			Costos		Costo unitario de elaboración	Material de construcción	1	-	Análisis documental	Ficha de registro de costo unitario de elaboración. (Tabla 16)

Anexo 2: Deforestación Nivel global



Fuente: Nasa

Elaborado Por: Earth Observatory

Anexo 3: Los 10 países que perdieron más bosques en 2017

<b>Brasil</b>	4,519,831 ha
<b>República Democrática del Congo</b>	1,467,957 ha
<b>Indonesia</b>	1,300,719 ha
<b>Madagascar</b>	510,357 ha
<b>Malasia</b>	483,416 ha
<b>Bolivia</b>	463,194 ha
<b>Colombia</b>	424,870 ha
<b>Paraguay</b>	360,058 ha
<b>Mozambique</b>	359,011 ha
<b>Costa de Marfil</b>	357,273 ha

Fuente: Infoamazonia /Helena Calle

Elaboracion Propia.

Anexo 4: Composición del bagazo de la caña de azúcar

<b>Propiedades</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Humedad</b>	49%
<b>Solidos Solubles</b>	2.3%
<b>Fibra</b>	48.7%
<b>Celulosa</b>	45-55
<b>Hemi Celulosa</b>	20-25
<b>Lignina</b>	18-24
<b>Pectina</b>	0.6-0.8
<b>ceniza</b>	1-4

Fuente: Libro de Ciencias Técnicas.

Elaboración Propia.

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 251.014  
2014**

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---

## MADERA. Método para determinar la compresión axial o paralela al grano

WOOD. Determination of ultimate stress in compression parallel to grain

**2014-12-30**  
**3ª Edición**

© INDECOPI 2014

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INDECOPI.

INDECOPI

Calle de La Prosa 104, San Borja  
Lima- Perú  
Tel.: +51 1 224-7777  
Fax.: +51 1 224-1715  
[sacreclamo@indecopi.gob.pe](mailto:sacreclamo@indecopi.gob.pe)  
[www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)

i

© INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

Fuente: INACAL

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 251.017  
2014**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---

## MADERA. Método para determinar la flexión estática

WOOD. Method for determination of static bending.

**2014-12-30**

**3ª Edición**

© INDECOPI 2014

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INDECOPI.

INDECOPI

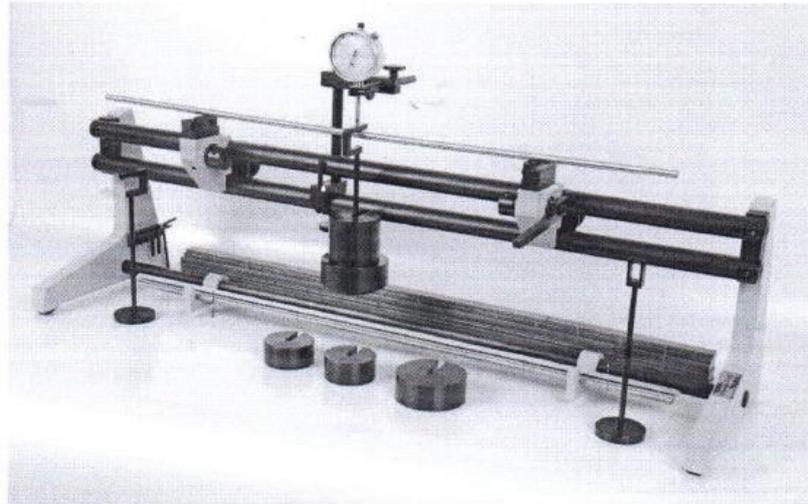
Calle de La Prosa 104, San Borja  
Lima- Perú  
Tel.: +51 1 224-7777  
Fax.: +51 1 224-1715  
[sacreclamo@indecopi.gob.pe](mailto:sacreclamo@indecopi.gob.pe)  
[www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)

i  
© INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

Fuente: INACAL



## MAQUINA PARA ENSAYO DE FLEXION Y TRACCION



### 1.1. INTRODUCCIÓN

La tracción es un tipo de esfuerzo que se presenta al aplicar un momento o par de fuerzas sobre una barra o elemento. Las secciones transversales de la barra sufren un deslizamiento por rotación alrededor de un eje normal a su plano por el que se desarrollan esfuerzos tangenciales análogos a los esfuerzos cortantes simples.

La flexión es otro tipo de esfuerzo (deformación) que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. Los momentos flectores son causados por la aplicación de cargas normales al eje longitudinal del elemento haciendo que el miembro se flexione.

El equipo de flexión y tracción es una unidad combinada de demostración de torsión y flexión para realizar prácticas en el laboratorio o como complemento al estudio teórico sobre tracción y flexión. Su tamaño y peso hacen que sea fácil de transportar e ideal para desarrollar las prácticas.



## III.2. ESTRUCTURAS

### NORMA E.010

#### MADERA

#### CAPITULO 1

#### AGRUPAMIENTO DE MADERAS PARA USO ESTRUCTURAL

#### ARTICULO 2: OBJETIVOS

Este capítulo establece el agrupamiento de las maderas para uso estructural, en tres clases denominadas A, B y C y fija los requisitos y procedimientos que se deberá seguir para la incorporación de especies a los grupos establecidos.

#### 5.2.3. Esfuerzos Admisibles \*\*

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Flexión $f_m$	Tracción Paralela $f_t$	Compresión Paralela $f_{  }$	Compresión Perpendicular $f_{\perp}$	Corta Paralelo $f_c$
A	20,6 (210)	14,2 (145)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
B	14,7 (150)	10,3 (105)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)

(\*\*) Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

#### ANEXO 3 LISTA DE ESPECIES AGRUPADAS

	NOMBRE		GRUPO
	COMÚN	CIENTIFICO	
1	AZUCAR HUAYO	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	A
2	ESTORAQUE	<i>Miroxylon peruvianum</i>	
3	HUACAPU	<i>Minuartia gualanensis</i>	
4	PUMAQUIRO	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	
5	QUINILLA COLORADA	<i>Manilkara bidentata</i>	
6	SHIHUAHUACO MARRON	<i>Dipteryx odorata</i>	
7	AGUANO MASHA	<i>Machaerum inundatum</i>	B
8	ANA CASPI	<i>Apuleia leiocarpa</i>	
9	CACHIMBO COLORADO	<i>Cariniana domestica</i>	
10	CAPIRONA	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	
11	HUAYRURO	<i>Ormosia coccinea</i>	
12	MANCHINGA	<i>Brosimum uleanum</i>	
13	BOLAÑA BLANCA	<i>Guazuma crinita</i>	C
14	CATAHUA AMARILLA	<i>Hura crepitans</i>	
15	COPAIBA	<i>Copaifera officinalis</i>	
16	DIABLO FUERTE	<i>Podocarpus rospigliosii</i>	
17	LAGARTO CASPI	<i>Calophyllum brasiliense</i>	
18	MASHONASTE	<i>Claudia racemosa</i>	
19	MOENA AMARILLA	<i>Aniba amazónica</i>	
20	MOENA ROSADA	<i>Ocotea bofo</i>	
21	PANGUANA	<i>Brosimum utile</i>	
22	PAUJILRURO BLANCO	<i>Pterygota amazonica</i>	
23	TORNILLO	<i>Credelia caceriformis</i>	
24	UTUCURO	<i>Septotheca tessmannii</i>	
25	YACUSHAPANA	<i>Terminalia oblonga</i>	

Anexo 9: Ficha de registro de cantidades de residuos de plástico PET y bagazo de caña de azúcar – Tiempos empleados en proceso.

Elaborado por: Jesús Isaac Pozo Imán.

Tipo de ensayo: Tracción Paralela.

N° De Bloques	N° de Pruebas	Tratamientos	Fecha de Elab.	Cantidad de plástico PET (gr)	Cantidad de bagazo (gr)	Tiempo de Molienda de plástico PET (Min)	Tiempo de deshilachado de bagazo (Min)	Tiempo de Cocción de plástico PET (Min)
I	1.1	P2B2	09/09/19	360	140	0.50	4.00	13.32
	1.2	P1B1	09/09/19	210	250	0.29	7.04	7.02
	1.3	P2B1	09/09/19	360	250	0.50	7.04	13.02
	1.4	P1B2	09/09/19	210	140	0.29	4.00	7.55
II	2.1	P1B1	23/09/19	210	250	0.29	7.04	8.40
	2.2	P2B2	23/09/19	360	140	0.50	4.00	13.59
	2.3	P2B1	23/09/19	360	250	0.50	7.04	14.05
	2.4	P1B2	23/09/19	210	140	0.29	4.00	7.52
III	3.1	P2B1	25/09/19	360	250	0.50	7.04	13.08
	3.2	P1B1	25/09/19	210	250	0.29	7.04	7.13
	3.3	P1B2	25/09/19	210	140	0.29	4.00	7.26
	3.4	P2B2	25/09/19	360	140	0.50	4.00	13.01

Elaboración Propia

Anexo 10: Ficha de registro de cantidades de residuos de plástico PET y bagazo de caña de azúcar – Tiempos empleados en proceso.

Elaborado por: Jesús Isaac Pozo Imán.

Tipo de ensayo: Compresión Paralela.

N° De Bloques	N° de Pruebas	Tratamientos	Fecha de Elab.	Cantidad de plástico PET (gr)	Cantidad de bagazo (gr)	Tiempo de Molienda de plástico PET (Min)	Tiempo de deshilachado de bagazo (Min)	Tiempo de Cocción de plástico PET (Min)
I	1.1	P2B2	09/09/19	360	140	0.50	4.00	13.32
	1.2	P1B1	09/09/19	210	250	0.29	7.04	7.02
	1.3	P2B1	09/09/19	360	250	0.50	7.04	13.02
	1.4	P1B2	09/09/19	210	140	0.29	4.00	7.55
II	2.1	P1B1	23/09/19	210	250	0.29	7.04	8.40
	2.2	P2B2	23/09/19	360	140	0.50	4.00	13.59
	2.3	P2B1	23/09/19	360	250	0.50	7.04	14.05
	2.4	P1B2	23/09/19	210	140	0.29	4.00	7.52
III	3.1	P2B1	25/09/19	360	250	0.50	7.04	13.08
	3.2	P1B1	25/09/19	210	250	0.29	7.04	7.13
	3.3	P1B2	25/09/19	210	140	0.29	4.00	7.26
	3.4	P2B2	25/09/19	360	140	0.50	4.00	13.01

Elaboración Propia

Anexo 11: Ficha de registro de cantidades de residuos de plástico PET y bagazo de caña de azúcar – Tiempos empleados en proceso.

Elaborado por: Jesús Isaac Pozo Imán.

Tipo de ensayo: Flexión Estática.

N° De Bloques	N° de Pruebas	Tratamientos	Fecha de Elab.	Cantidad de plástico PET (gr)	Cantidad de bagazo (gr)	Tiempo de Molienda de plástico PET (Min)	Tiempo de deshilachado de bagazo (Min)	Tiempo de Cocción de plástico PET (Min)
I	1.1	P2B2	09/09/19	360	140	0.50	4.00	13.32
	1.2	P1B1	09/09/19	210	250	0.29	7.04	7.02
	1.3	P2B1	09/09/19	360	250	0.50	7.04	13.02
	1.4	P1B2	09/09/19	210	140	0.29	4.00	7.55
II	2.1	P1B1	23/09/19	210	250	0.29	7.04	8.40
	2.2	P2B2	23/09/19	360	140	0.50	4.00	13.59
	2.3	P2B1	23/09/19	360	250	0.50	7.04	14.05
	2.4	P1B2	23/09/19	210	140	0.29	4.00	7.52
III	3.1	P2B1	25/09/19	360	250	0.50	7.04	13.08
	3.2	P1B1	25/09/19	210	250	0.29	7.04	7.13
	3.3	P1B2	25/09/19	210	140	0.29	4.00	7.26
	3.4	P2B2	25/09/19	360	140	0.50	4.00	13.01

Elaboración Propia

Anexo 12: Resultados de ensayos de Tracción Paralela en los materiales.

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES TRACCION EN LOS MATERIALES				 <b>LMS</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES												
PROYECTO : "ELABORACION Y CARACTERIZACION DE MATERIAL DE CONSTRUCCION A PARTIR DEL RECICLAJE DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZUCAR Y PLASTICO PET- 2019"												
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES												
SOLICITA : JESUS POZO												
FECHA : 02/10												
<b>TRACCION EN LOS MATERIALES</b>												
<b>NORMA E 0.10</b>												
NÚMERO DE TESTIGO	REGISTRO	UBICACIÓN	FECHA DE ROTURA	Dimensiones (cm)			AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA SEGÚN NORMA E 0.10 F <sub>c</sub> (Kg./cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA %	OBSERVACIONES TIPOS DE FALLA
				ANCHO	LARGO	ESPESOR						
01.1	P2B2	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES	14/09/2019	5.00	15	5.00	75	488	6.51	75	9	Sin Observaciones
01.2	P1B1			5.00	15	5.00	75	321	4.28	75	6	Sin Observaciones
01.3	P2B1			5.00	15	5.00	75	595	7.93	75	11	Sin Observaciones
01.4	P1B2			5.00	15	5.00	75	244	3.25	75	4	Sin Observaciones
02.1	P1B1		01/10/2019	5.00	15	5.00	75	196	2.61	75	3	Sin Observaciones
02.2	P2B2			5.00	15	5.00	75	400	5.33	75	7	Sin Observaciones
02.3	P2B1			5.00	15	5.00	75	689	9.19	75	12	Sin Observaciones
02.4	P1B2			5.00	15	5.00	75	100	1.33	75	2	Sin Observaciones
03.1	P2B1		02/10/2019	5.00	15	5.00	75	602	8.03	75	11	Sin Observaciones
03.2	P1B1			5.00	15	5.00	75	140	1.87	75	2	Sin Observaciones
03.3	P1B2			5.00	15	5.00	75	264	3.52	75	5	Sin Observaciones
03.4	P2B2			5.00	15	5.00	75	278	3.71	75	5	Sin Observaciones



Anexo 13: Resultados de ensayos de Compresión Paralela en materiales.

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS MATERIALES				 <b>LMS</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES											
PROYECTO : "ELABORACION Y CARACTERIZACION DE MATERIAL DE CONSTRUCCION A PARTIR DEL RECICLAJE DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZUCAR Y PLASTICO PET- 2019" UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES SOLICITA : JESUS POZO FECHA : 02/10											
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION PARALELA EN LOS MATERIALES</b> <b>NORMA E 0.10</b>											
NÚMERO DE TESTIGO	REGISTRO	UBICACIÓN	FECHA DE ROTURA	Dimensiones (cm)		AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA SEGÚN NORMA E 0.10 F <sub>c</sub> (Kg./cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA %	OBSERVACIONES TIPOS DE FALLA
				ANCHO	LARGO						
01.1	P2B2	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES	14/09/2019	5.00	20	100.0	230	2	80	3	Deslizamiento de extremos
01.2	P1B1			5.00	20	100.0	301	3	80	4	Deslizamiento de extremos
01.3	P2B1			5.00	20	100.0	914	9	80	11	Division en cuña
01.4	P1B2			5.00	20	100.0	452	5	80	6	Deslizamiento de extremos
02.1	P1B1		01/10/2019	5.00	20	100.0	654	6	80	8	Deslizamiento de extremos
02.2	P2B2			5.00	20	100.0	411	4	80	5	Deslizamiento de extremos
02.3	P2B1			5.00	20	100.0	745	7	80	9	Division en cuña
02.4	P1B2			5.00	20	100.0	110	1	80	1	Deslizamiento de extremos
03.1	P2B1		02/10/2019	5.00	20	100.0	874	9	80	11	Division en cuña
03.2	P1B1			5.00	20	100.0	389	4	80	5	Deslizamiento de extremos
03.3	P1B2			5.00	20	100.0	541	5	80	7	Deslizamiento de extremos
03.4	P2B2			5.00	20	100.0	621	6	80	8	Deslizamiento de extremos



Anexo 14: Resultados de ensayos de Flexión Estática en materiales.

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES FLEXION EN LOS MATERIALES		 <b>LMS</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES CÉSAR VALLEJO								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES												
PROYECTO : "ELABORACION Y CARACTERIZACION DE MATERIAL DE CONSTRUCCION A PARTIR DEL RECICLAJE DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZUCAR Y PLASTICO PET- 2019"												
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES												
SOLICITA : JESUS POZO												
FECHA : 02/10												
<b>FLEXION ESTATICA EN LOS MATERIALES</b>												
<b>NORMA E 0.10</b>												
NÚMERO DE TESTIGO	REGISTRO	UBICACIÓN	FECHA DE ROTURA	Dimensiones (cm)			AREA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA SEGÚN NORMA E 0.10 Fc (Kg./cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA %	OBSERVACIONES TIPOS DE FALLA
				ANCHO	LARGO	ESPESOR						
01.1	P2B2	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES	14/09/2019	2.50	41	2.5	102.5	124	1.21	100	1	Tension Abruapta
01.2	P1B1			2.50	41	2.5	102.5	222	2.17	100	2	Tension Abruapta
01.3	P2B1			2.50	41	2.5	102.5	565	5.51	100	6	Tension Abruapta
01.4	P1B2			2.50	41	2.5	102.5	425	4.15	100	4	Tension Abruapta
02.1	P1B1		01/10/2019	2.50	41	2.5	102.5	234	2.28	100	2	Tension Abruapta
02.2	P2B2			2.50	41	2.5	102.5	417	4.07	100	4	Tension Abruapta
02.3	P2B1			2.50	41	2.5	102.5	678	6.61	100	7	Tension Abruapta
02.4	P1B2			2.50	41	2.5	102.5	371	3.62	100	2	Tension Abruapta
03.1	P2B1		02/10/2019	2.50	41	2.5	102.5	533	5.20	100	5	Tension Abruapta
03.2	P1B1			2.50	41	2.5	102.5	218	2.13	100	2	Tension Abruapta
03.3	P1B2			2.50	41	2.5	102.5	223	2.18	100	4	Tension Abruapta
03.4	P2B2			2.50	41	2.5	102.5	109	1.06	100	1	Tension Abruapta



Anexo 15: Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas.

Elaborado por: Jesús Isaac Pozo Imán

Fecha: 03/10/19

BLOQUES	N° de Pruebas	Tratamientos	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICOS		
			Tracción Paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	Compresión Paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión Estática (kg/cm <sup>2</sup> )
I	1.1	P2B2	6.51	2	1.21
	1.2	P1B1	4.28	3	2.17
	1.3	P2B1	7.93	9	5.51
	1.4	P1B2	3.25	5	4.15
II	2.1	P1B1	2.61	6	2.28
	2.2	P2B2	5.33	4	4.07
	2.3	P2B1	9.19	7	6.61
	2.4	P1B2	1.33	1	3.62
III	3.1	P2B1	8.03	9	5.20
	3.2	P1B1	1.87	4	2.13
	3.3	P1B2	3.52	5	2.18
	3.4	P2B2	3.71	6	1.06

Elaboración Propia

## Anexo 16: constancia de validación 1



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Luciana Mercedes Torres Ludeña con DNI N° 02854952, Magister en Administración con Mención en Gerencia Empresarial, con N° CIP 94321, de profesión Ingeniera Industrial, desempeñándome actualmente como Docente Adscrita en el Departamento de Investigación de Operaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Ficha de registro de % de residuos de plástico PET y bagazo / Tiempos empleados en proceso.
- Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas.
- Ficha de registro de coste de Producción.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Ficha de registro de % de residuos de plástico PET y bagazo / Tiempos empleados en proceso.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

Ficha de registro de coste de elaboración	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los 17 días del mes de junio del dos mil diecinueve.

Mgtr. : Ing. MBA LUCIANA MERCEDES TORRES LUDEÑA  
DNI : 02854952  
Especialidad : Ingeniera Industrial  
E-mail : ing.lucianatorres@gmail.com



Anexo 17: constancia de validación 2



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, OSYDZ THERESA COLLO con DNI N° 02884211 Magister  
 en MBA  
 N° ANR: ....., de profesión Industrial  
 desempeñándome actualmente como DTC  
 en UCV

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Ficha de registro de % de residuos de plástico PET y bagazo / Tiempos empleados en proceso.
- Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas.
- Ficha de registro de coste de Producción.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

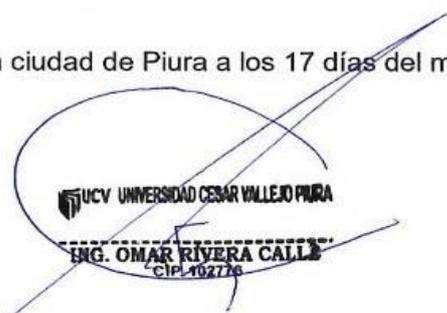
Ficha de registro de % de residuos de plástico PET y bagazo / Tiempos empleados en proceso.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

Ficha de registro de coste de elaboración	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 17 días del mes de junio del Dos mil diecinueve.

Mgtr. :  
DNI :  
Especialidad :  
E-mail :

  
**UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO PIURA**  
**ING. OMAR RIVERA CALLE**  
CIP 10276

## Anexo 18: constancia de validación 3



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Hugo Daniel García Juárez con DNI N° 41947380, con N° CIP 110495, de profesión Ingeniera Industrial, desempeñándome actualmente como Docente de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Ficha de registro de % de residuos de plástico PET y bagazo / Tiempos empleados en proceso.
- Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas.
- Ficha de registro de coste de Producción.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Ficha de registro de % de residuos de plástico PET y bagazo / Tiempos empleados en proceso.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

Ficha de registro de las propiedades físicas mecánicas.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

Ficha de registro de coste de elaboración	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 17 días del mes de junio del Dos mil diecinueve.



**Hugo Daniel García Juárez**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP. 110493

Mgr. :  
DNI :  
Especialidad :  
E-mail :

Anexo 19: Galería fotográfica del proceso de elaboración del material de construcción.



**Lavado de caña de azúcar**



**Bagazo de la caña de azúcar**



**y deshilachado del bagazo de la caña de azúcar**



**Molido de plástico PET**



Proceso de cocción de plástico PET



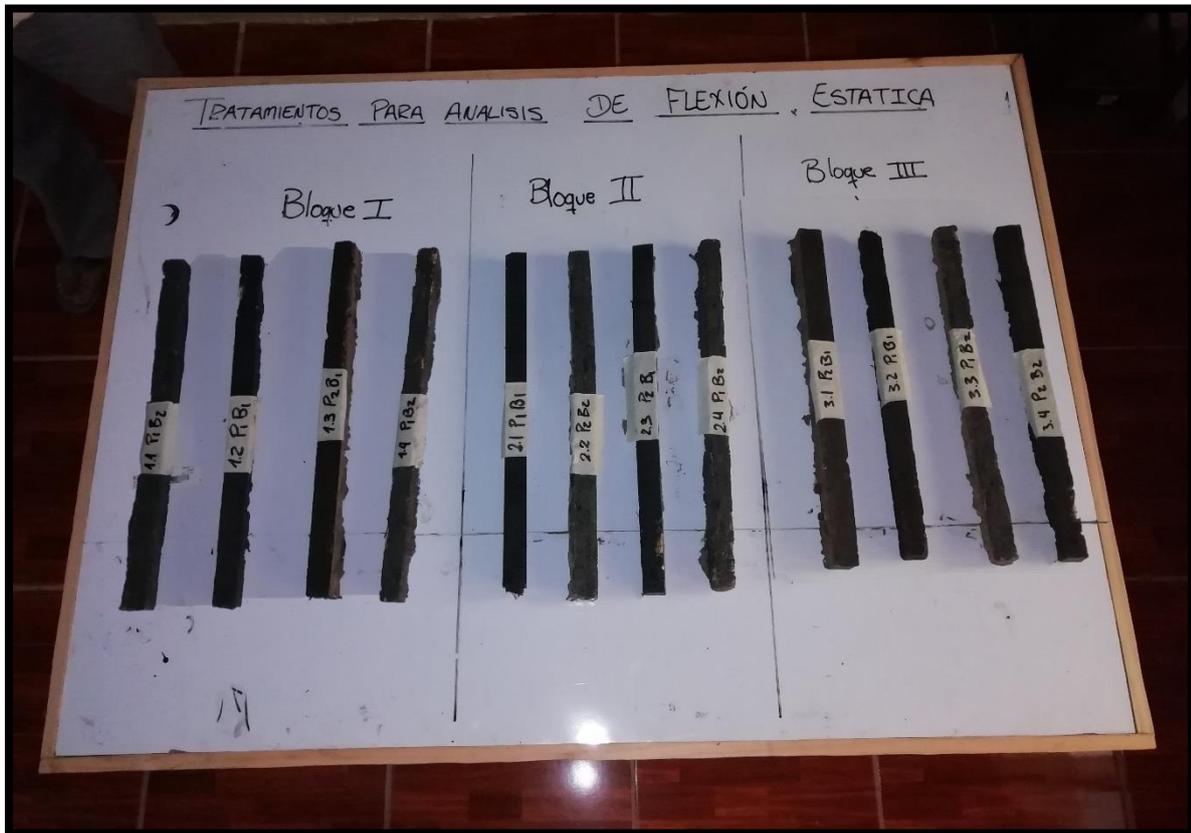
Mezclado de plástico PET y bagazo de la caña de azúcar



Muestras para ensayos de compresión paralela

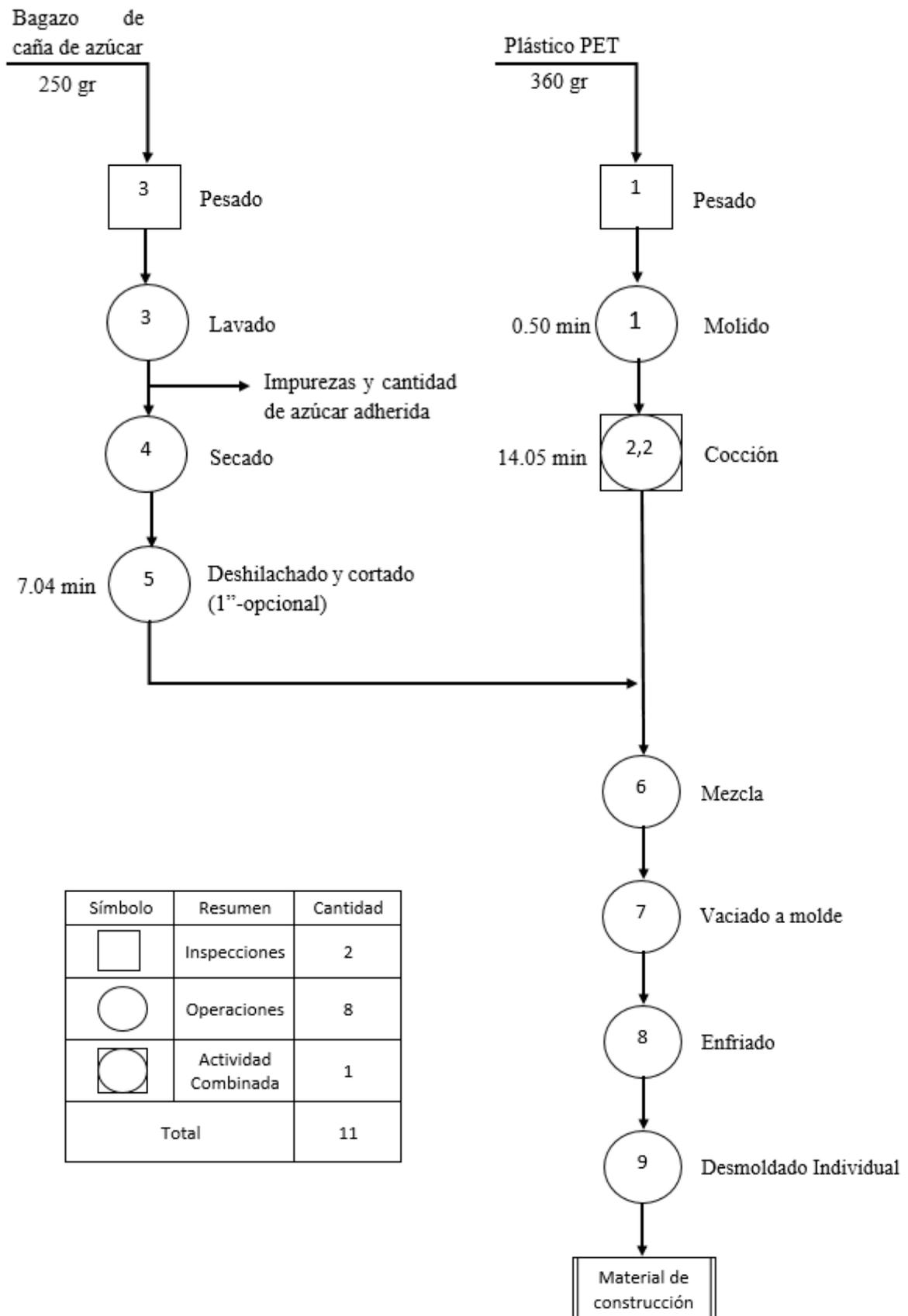


Muestras para ensayos de tracción paralela



Muestras para ensayos de flexión estática

Anexo 20: Diagrama de Operaciones (DOP) Elaboración de material de construcción.



Elaboración Propia

Anexo 21: Depreciación de materiales y equipos.

<b>Depreciación de materiales y equipos</b>			
<b>Insumos y Equipos</b>	<b>Precio (S/)</b>	<b>Vida Útil (días)</b>	<b>Depreciación (S/)</b>
Guantes de badana	30.00	180	0.167
Mascarilla de protección respiratoria de silicona.	65.00	360	0.181
Cocina de una hornilla	70.00	3240	0.022
Estufa de acero al carbono.	25.00	7200	0.003
Moldes de madera.	8.00	2160	0.004

Elaboración Propia.