



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ELABORACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS A PARTIR DE MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER, REFORZADO CON PARTÍCULAS DE PET Y CAUCHO RECICLADOS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor Guía

MSc. Daniel Hernán Hidalgo Villalba

Autor

Pedro José Quirola Troya

Año

2019

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido el trabajo, Elaboración de materiales compuestos a partir de matriz de resina poliéster, reforzado con partículas de PET y caucho reciclados, a través de reuniones periódicas con el estudiante Pedro José Quirola Troya, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Daniel Hernán Hidalgo Villalba

Magister en Ciencias Especialización Ingeniería Ambiental

C.C.: 1801914449

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, Elaboración de materiales compuestos a partir de matriz de resina poliéster reforzado con partículas de PET y caucho reciclados, de Pedro José Quirola Troya, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Viviana Pavlova Sigcha Terán

Máster en Gestión Integral del Agua

C.C.: 1722216163

## **DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Pedro José Quirola Troya

C.C.: 1718380429

## Resumen

El crecimiento poblacional acelerado que se vive en el último tiempo viene acompañado de un uso excesivo de elementos tales como: plásticos PET para la industria alimenticia y caucho en el caso de los neumáticos para el campo automotor; convirtiéndose este aspecto en una problemática ambiental de índole mundial. Su gestión y disposición es ineficiente comparada con su generación, por lo cual es esencial que se apliquen nuevas técnicas de reciclaje o aplicación en diversos campos.

Siendo la construcción uno de los principales campos en interés, por lo cual por medio de este estudio se busca elaborar materiales compuestos a partir de matriz de resina poliéster, reforzado con partículas de PET reciclado y partículas caucho reciclado, estableciendo varias mezclas y con una caracterización físico-mecánica.

Se llevó a cabo la formación de materiales compuestos (láminas) en moldes sin tapa mediante mezclas de resina poliéster, reforzado con partículas de PET reciclado y partículas de caucho reciclado, manteniendo un porcentaje fijo de resina y utilizando diferentes proporciones de los materiales de refuerzo. Para lograrlo se procedió al fraccionamiento mediante una herramienta de corte especializada para obtener probetas de prueba que puedan ser analizadas para determinar la mezcla óptima, a escala de laboratorio, en el centro de fomento productivo metalmecánico y carroceros de Tungurahua bajo los estándares de las normas: ASTM D3039-17 (tracción), ASTM D7264-15 (flexión) y ASTM D6110-18 (impacto).

En función de lo mencionado anteriormente se obtuvieron resultados favorables como material de revestimiento comparado con material yeso importado en cuanto a tracción e impacto; mientras que, en el caso de flexión solamente un parámetro no es superior al comparativo. Se logró concluir que la incorporación de materiales de refuerzo como el PET y el caucho a una matriz poliéster, brinda propiedades que lo hacen apto para ser utilizado como material de revestimiento en la construcción y diseño; brindando una nueva aplicación a esta clase de residuos y expandiendo el campo de investigación.

## **Abstract**

The accelerated population growth experienced in recent times is accompanied by excessive use of elements such as: PET plastics for the food industry and rubber in the case of tires for the automotive field; turning this aspect into a global environmental problem. Its management and disposal are inefficient compared to its generation, so it is essential that new recycling or application techniques be applied in various fields.

The construction being one of the main fields of interest, which is why through this study we seek to produce composite materials from polyester resin matrix, reinforced with recycled PET particles and recycled rubber particles, establishing various mixtures and with a characterization physical-mechanical

The formation of composite materials (sheets) was carried out in molds without cover by means of mixtures of polyester resin, reinforced with recycled PET particles and recycled rubber particles, maintaining a fixed percentage of resin and using different proportions of the reinforcement materials. To achieve this, fractionation was carried out by means of a specialized cutting tool to obtain test specimens that can be analyzed to determine the optimal mixture, at laboratory scale, at the Tungurahua metalworking and bodybuilding production center under the standards of the standards: ASTM D3039-17 (traction), ASTM D7264-15 (flex) and ASTM D6110-18 (impact).

Based on the favorable results were obtained as a coating material compared to imported plaster material in terms of traction and impact; whereas, in the case of flexion only one parameter is not superior to the comparative one. It was concluded that the incorporation of reinforcement materials such as PET and rubber to a polyester matrix, provides properties that make it suitable for use as a coating material in construction and design; providing a new application to this kind of waste and expanding the research field.

# ÍNDICE

1.	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Objetivos .....	2
1.3.	Alcance.....	2
1.4.	Justificación .....	3
2.	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1.	Materiales Compuestos .....	4
2.2.	Clasificación de los materiales compuestos.....	5
2.3.	Generación de residuos de PET y caucho.....	7
2.4.	Implicaciones de un aprovechamiento de PET y caucho .	10
2.5.	Aprovechamiento de PET y caucho bajo marco legal.....	13
2.6.	Propiedades de los materiales de refuerzo y su posible aporte al material compuesto.....	15
2.7.	Resina de poliéster.....	17
3.	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	20
3.1.	Esquema de presentación de metodología.....	20
3.2.	Diseño Experimental.....	20
3.3.	Diseño de probetas.....	22
3.4.	Dimensionamiento del molde.....	23
3.5.	Síntesis de la elaboración del material compuesto .....	24
3.6.	Cálculo de las fracciones.....	24
3.7.	Preparación del molde.....	28
3.8.	Elaboración de las probetas .....	30
3.9.	Preparación de probetas para análisis.....	36
3.10.	Ensayos al material compuesto .....	36

4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	37
5.	CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
5.1.	Ensayo de tracción .....	46
5.2.	Ensayo de flexión .....	48
5.3.	Ensayo de impacto .....	50
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
6.1.	Conclusiones.....	52
6.2.	Recomendaciones.....	53
	REFERENCIAS.....	54
	ANEXOS .....	58



## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Los materiales compuestos no son algo nuevo, pues al tratarse de una matriz y un refuerzo, se usan desde hace varios miles de años en la construcción con la elaboración de chozas de adobe como matriz y paja como material de refuerzo. Actualmente, su uso se ha extendido a otros campos como las prótesis médicas, el campo automovilístico, aeronáutico, entre otros. En el país no existe nada de avance dentro del campo de materiales compuestos a partir de residuos reciclados, a pesar de tener una creciente conciencia ambiental sobre el reciclaje y una práctica de separación en la fuente aplicada en algunos cantones del país.

Justamente, no se encontró registro de antecedentes específicos de un material compuesto con matriz de resina poliéster, reforzado con partículas de PET reciclado y caucho reciclado, pero entre la bibliografía encontrada se tiene los siguientes trabajos que pueden servir como punto de partida: una caracterización de un material compuesto de PET y vidrio en Argentina (Santamarina, 2015), una caracterización de materiales compuestos a base de PET reciclado reforzado con 5 y 40% en peso de partículas de zinc en Chile (Osorio, Rocha, Romero, Altamirano, & Refugio, 2012), un diseño de un Material Compuesto con Matriz de Resina Poliéster y Fibras de Aserrín y PET en Ecuador (Carrillo Játiva, 2015); y de igual manera en Ecuador, una evaluación del comportamiento mecánico de un material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibras de tereftalato de polietileno y su posible aplicación industrial (Sailema Moyolema, 2013).

## 1.2. Objetivos

### **Objetivo General.**

- Elaborar materiales compuestos a partir de matriz de resina poliéster, reforzado con partículas de PET reciclado y partículas caucho reciclado.

### **Objetivos específicos.**

- Establecer varias mezclas del material compuesto entre la matriz de resina poliéster, con partículas, de PET y caucho reciclados; y su procesamiento.
- Realizar la caracterización físico-mecánica de los materiales compuestos elaborados.

## 1.3. Alcance

El presente estudio pretende realizar mezclas de resina poliéster, reforzado con partículas de PET reciclado y partículas caucho reciclado, manteniendo un porcentaje fijo de resina y utilizando diferentes proporciones de los materiales de refuerzo, para la formación de materiales compuestos (láminas).

Tras obtener los diferentes materiales, se procederá a realizar los ensayos de tracción, flexión e impacto, para establecer la mezcla óptima. Las pruebas se llevaron a cabo, a escala de laboratorio, en el centro de fomento productivo metalmeccánico y carroceros de Tungurahua bajo los estándares de las normas:

ASTM D3039-17 (tracción), ASTM D7264-15 (flexión) y ASTM D6110-18 (impacto).

#### **1.4. Justificación**

Los materiales compuestos constituyen una de las nuevas alternativas para varios sectores económicos como el de la construcción, la industria manufacturera e incluso la medicina, y a gran escala lograrían resolver problemáticas ambientales, pero por falta de conocimiento y una carencia de experiencia por parte de las personas técnicas encargadas, sumado a una inexistente experimentación que sirva de base, y una falta de normativa y guía en la elaboración y diseño de materiales compuestos, repercute en su uso y desarrollo. A pesar de esto cada año son más las investigaciones que demuestran que son una alternativa viable para el uso de los residuos sólidos domésticos e industriales, que generalmente no son reutilizados o reciclados, sino que su ciclo de vida culmina en un botadero o en un relleno sanitario (Diego Villalón, Gutiérrez Jiménez, Arteaga Iriarte, & López Hombrados, 2008).

Dentro del área de investigación existen muchas alternativas de materiales base para la elaboración de materiales compuestos tanto en su matriz como en el material de refuerzo, pero son muy pocos los estudios sobre la viabilidad de incorporar partículas (gránulos) de materiales reciclados, como tereftalato de polietileno y caucho a una matriz de poliéster para la elaboración de dichos materiales. Ambos materiales son ideales por sus propiedades físicas, químicas y económicas para proponer nuevos estudios para su uso y posterior producción en masa; además de que son significativos, dentro del ámbito de contaminación, en cada una de las industrias donde son generados (Osorio, Rocha, Romero, Altamirano, & Refugio, 2012).

Cada vez es más grande las diversas aplicaciones del plástico, concretamente del tereftalato de polietileno (PET), sobre la industria alimenticia, la creciente

demanda de envases desechables ha llevado a la sobreproducción de envases a partir de PET, pero el problema radica cuando su ciclo de vida termina y su disposición final, en la mayoría, es en un relleno sanitario o un botadero. Según (Castillo Pazmiño, 2012), las botellas plásticas PET representan en promedio un 1.94% de todos los residuos generados en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), con un aproximado de 40 toneladas por día como residuo. Para el año 2009 apenas se lograba recuperar un 12.5 % de los residuos generados, y alrededor de un 25 % de los residuos podrían ser clasificados como reciclables, por lo que apenas la mitad de estos se reciclaba (Castillo Pazmiño, 2012). Con un simple proceso de recolección planificado y su preparación podría ser empleado como material matriz dentro de la elaboración de materiales compuestos.

El parque automotriz ha crecido de manera increíble, según el Anuario de Estadísticas de Transporte 2017 del INEC, se sabe que en 2017 se matricularon 2'237.264 vehículos, con un crecimiento del 8%, y la provincia de Pichincha registró el 22,9% del total de vehículos matriculados a nivel nacional. Por lo cual la contaminación por el uso de vehículos ha aumentado y consigo el uso de neumáticos que, según la calidad, tienen una vida útil de 10.000 a 60.000 kilómetros. Son millones de neumáticos que se desechan por año en el país y que principalmente son incinerados o desechos de manera regular en botaderos o rellenos sanitarios, mientras que unos cuantos son captados por los programas de gestión por el Ministerio del Ambiente. Debido a que su gestión es realmente un problema por su separación especial y por el volumen de desecho que representa se ha decidido utilizar gránulos de caucho provenientes del reciclaje de estas por parte de la empresa Rubberaction (INEC, 2018).

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Materiales Compuestos**

Un material compuesto es un sistema que integra dos o más materiales distintos, a través de una interfase de unión, de manera continua, para poder combinar las propiedades de sus integrantes y conseguir otras propiedades esperadas y diferentes a la matriz (Hernández, 2013).

Con la finalidad de entender los materiales compuestos y su uso, se debe saber las características que tienen y la relación entre la matriz y el refuerzo. La matriz se comprende como la fase continua en la que el refuerzo queda incorporado. Tanto los materiales metálicos, cerámicos como las resinas orgánicas pueden cumplir con este papel. A excepción de los cerámicos, el material que se elige como matriz no es, en general, tan rígido ni tan resistente como el material de refuerzo.

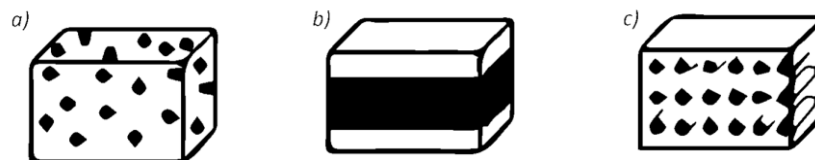
Según Stupenengo (2011) las funciones principales de la matriz son definir las propiedades físicas y químicas, transmitir las cargas al refuerzo, protegerlo y brindarle cohesión. Además, permitirá determinar algunas características del material compuesto como la conformabilidad y el acabado superficial.

El material de refuerzo es la fase discontinua o dispersa que se incorpora la matriz con la finalidad de que la matriz obtenga una propiedad, la cual carece. En la mayoría de los casos, dicha propiedad es incrementar la rigidez y resistencia mecánica, pero también funciona para mejorar otras propiedades como la resistencia a temperaturas elevadas. La forma del refuerzo puede ser de tipo fibras o partículas, y como regla general, se tiene mejores resultados cuando la partícula es de menor tamaño y se encuentra lo más homogéneamente distribuida en la matriz.

## **2.2. Clasificación de los materiales compuestos**

De acuerdo con Serra Tojo (2014), los materiales compuestos se pueden clasificar por varios criterios; sin embargo, uno de los principales es su tipo de formación, clasificándose en:

- Materiales compuestos reforzados con partículas: Incluye partículas repartidas de manera uniforme a través de la matriz.
- Materiales compuestos estructurales: Comprenden materiales en forma de capas, unidos por algún adhesivo, siendo los laminares los más comunes.
- Materiales compuestos reforzados con fibras: Son aquellos que en su interior se componen de fibras fuertes, rígidas y frágiles dentro de una matriz más blanda y dúctil. La orientación de las fibras suele variar.



*Figura 1.* Tipos de materiales compuestos.

Adaptado de (Serra Tojo, 2014)

- a) Material compuesto reforzado con partículas
- b) Compuesto estructural
- c) Compuesto reforzado con fibras.

Hernández (2013) enumera las ventajas de los materiales compuestos:

- Alta tasa de amortiguamiento interno (reducción de ruido: transmisión y vibración)
- Bajos coeficientes de dilatación térmica (estabilidad térmica)
- Coste/facilidad de fabricación
- Elevada resistencia a la fatiga
- Elevada resistencia específica
- Elevada rigidez específica
- Flexibilidad de diseño

- No se corroe
- Reducción de desechos

### **2.3. Generación de residuos de PET y caucho.**

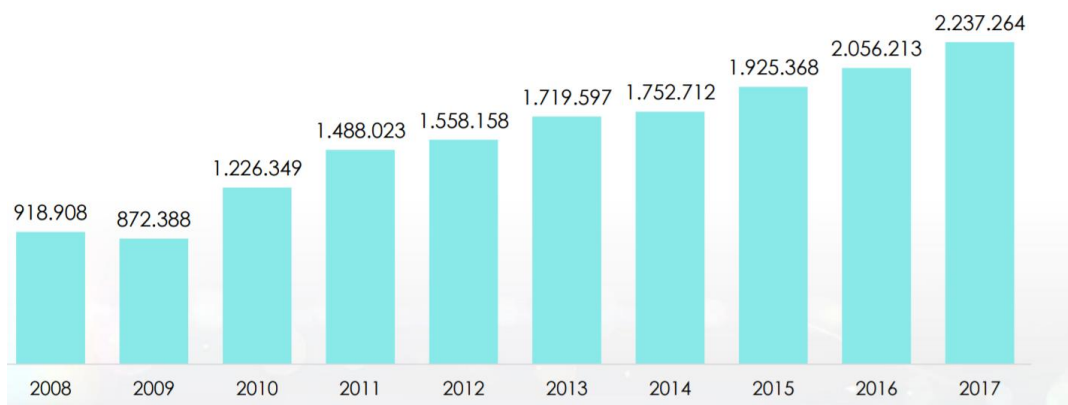
En la actualidad se puede hablar de un desarrollo industrial increíble, pero debemos saber que este conlleva severos efectos negativos que, de manera general son irreversibles para el planeta, por lo cual, es necesario que se extienda una cultura en la que prime la ética ambiental y exista la divulgación incesante de alternativas de tecnologías limpias que contribuyan a atenuar los efectos desfavorables de la industrialización antes mencionada (Mansilla-Pérez & Ruiz-Ruiz, 2009, p. 123-137).

Uno de los sectores que se ha visto beneficiado de este auge industrial, es el de los refrescos y bebidas gaseosas, donde el principal componente en la fabricación de los envases es el PET, un polímero fruto de la policondensación del ácido tereftálico (en ciertos casos se usa dimetiltereftalato) y el etilenglicol, cuya composición supone un 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos de gas natural y 13% aire. Del petróleo crudo se extrae el paraxileno, que posteriormente facilita la formación del ácido tereftálico cuando se oxida con el aire; mientras que, el etileno de igual manera se oxida con el aire para la formación de glicol etilénico, de esta manera se obtienen los dos compuestos con los cuales se produce el PET (Virginie, 2011).

A escala mundial se sabe que el plástico, donde el PET destaca, representa un 45% de la basura generada y el problema radica en que, de los 19 millones de toneladas de resina PET procesada, solamente un 25% es de origen reciclado, y el restante 75% es de resina virgen, empleado en su mayoría para envases de la industria de bebidas y agua mineral, así como envases de cosméticos y medicinas, cintas de video y audio, etc. Lo idóneo sería que el porcentaje de

resina reciclada llegue a un 100% para lograr un ciclo cerrado de producción para los productos que se elaboren a base de PET (Enkador, 2019).

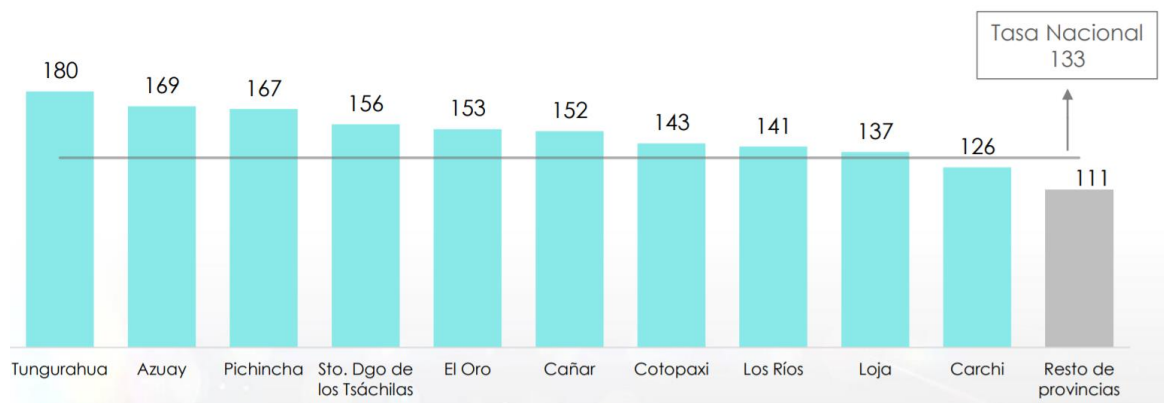
Otro sector que tuvo un crecimiento exponencial es el parque automotriz, pues según el estudio de ANDEMOS se calcula que 94 millones vehículos ingresaron al parque automotor mundial en el año 2016, con un total aproximado de 1350 millones de vehículos a nivel mundial en circulación, y con una proyección para el año de 2017 de 1450 millones. Además de arrojar un índice de motorización de 9.6 vehículos por cada 1000 habitantes en Latinoamérica (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores, 2017). El número de vehículos matriculados tiene una tendencia de crecimiento positiva, con un crecimiento entre el año 2016 y 2017 del 8,8%, es decir 181 051 vehículos más por ese año transcurrido (INEC, 2018).



*Figura 2.* Vehículos matriculados en serie histórica, periodo 2008-2017. Adaptado de (INEC,2018).

En el 2017 la tasa nacional fue de 133 vehículos matriculados por cada mil habitantes, donde Tungurahua tuvo tasa más alta con 180 vehículos por cada mil habitantes y se prevé que la cifra siga en un aumento acelerado.

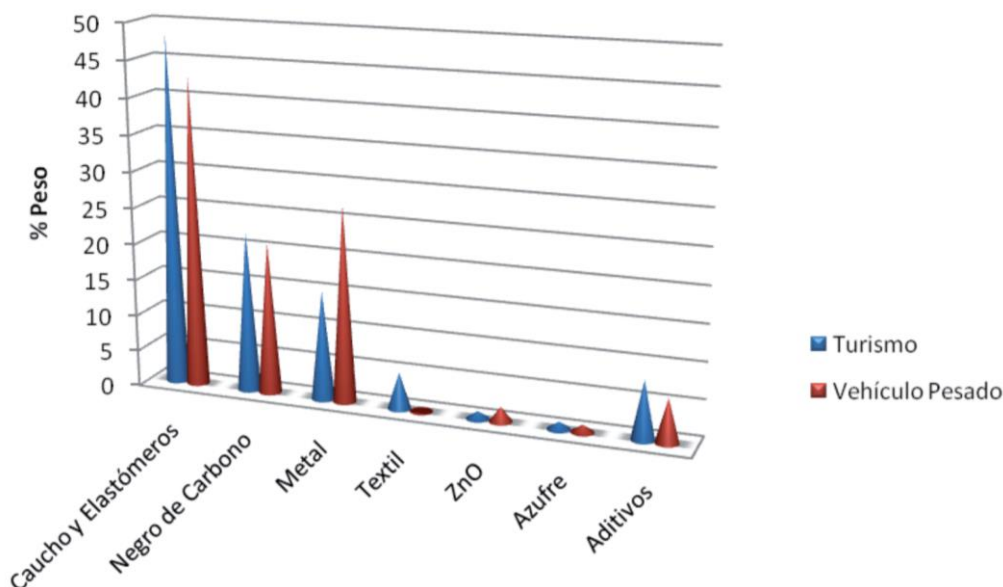




*Figura 3.* Tasa de vehículos matriculados por cada mil habitantes, año 2017. Adaptado de (INEC,2018).

Uno de los principales problemas del crecimiento del parque automotor, además de la producción de contaminación causada por los gases de combustión y el uso de combustibles fósiles, es la generación de los neumáticos que, una vez terminada su vida útil, son desechados generalmente a sitios de disposición final de residuos domésticos; según Prado (2015), en el país existe un ingreso de más de tres millones de llantas o neumáticos, que, al finalizar su ciclo de vida, el 60 a 70 % de ellos tienen el destino antes mencionado.

Los neumáticos están compuestos de varios materiales, dependiendo del uso del vehículo, como se puede observar en el gráfico siguiente:



*Figura 4.* Composición, expresada en % en peso, de neumáticos de turismo y vehículos pesados.

Adaptado de (López, Centeno y Alguacil, 2012).

Como se puede observar, la mayor parte de el del neumático está compuesta por elastómeros y cauchos, predominando los polímeros SBR (stirene buradiene ruber) y el BR (butadiene ruber). Dada la composición de los neumáticos, se ha vuelto un desafío desde la rama científica y tecnológica el aprovechamiento de los neumáticos fuera de uso (López et al., 2012).

#### **2.4. Implicaciones de un aprovechamiento de PET y caucho**

El aprovechamiento o reutilización de un residuo, consiste en recoger materiales e incorporarlos dentro de un proceso de producción y consumo, en lugar de la vía de disposición tradicional. La reutilización requiere de una serie de pasos que deben ser implementados dentro de las plantas de producción para tener materias primas secundarias en lugar de residuos. El mismo concepto se aplica al reciclaje, aunque se debe agregar una serie de procesos como la separación y tratamiento de materiales. Al utilizar una técnica que permita la reincorporación

de un residuo, tenemos una técnica de prevención de la contaminación y se puede realizar comparaciones, como se muestra a continuación, de las implicaciones energéticas y emisiones de gases de efecto invernadero cuando se utiliza materia reciclada o cuando solo se utiliza materia virgen (Castells, 2012).

Un análisis de las emisiones de un gas de efecto invernadero comprende una cadena de pasos dentro de su ciclo de vida, pues se contemplan todas las emisiones en cada una de las etapas del ciclo de vida, empezando por el diseño y desarrollo, extracción de materias primas, procesamiento de las materias primas y producción la distribución, el uso hasta la disposición final del mismo; por lo cual, mediante análisis de la US EPA utilizados en (Masters, 2017) se muestran las reducciones del potencial de emisión de gas invernadero asociado a la reducción de fuente, y reciclaje, y combustión frente al desecho en vertedero. En el cual el valor de la reducción de fuente depende de si la reducción compensa las materias primas o la mezcla de materias primas y recicladas que se incorporan al proceso de fabricación. Y los valores negativos significan que las emisiones de efecto invernadero son mayores de lo que serían si el material fuera eliminado en vertederos.

Tabla 1.

*Reducciones en la emisión neta de gases de invernadero.*

<b>Materiales</b>	<b>Reducción de fuente</b>	<b>Reciclaje</b>	<b>o</b>	<b>Combustión</b>
<b>Materiales</b>	<b>100%</b>	<b>compostaje</b>	<b>frente</b>	<b>a</b>
<b>reciclados</b>	<b>materias</b>	<b>frente</b>	<b>a</b>	<b>disposición</b>
	<b>primas</b>	<b>deposición</b>	<b>en vertedero</b>	
		<b>en vertedero</b>		
<b>PET</b>	0,58	0,60	0,43	-0,28
<b>Neumáticos</b>	1,10	1,10	0,51	-0,04

Adaptado de (Masters, 2017).

Nota: Reducciones en la emisión neta de gases de invernadero comparado con el almacenamiento en vertederos para la reducción de fuente, reciclaje, compostaje o combustión en toneladas métricas de carbono equivalente por tonelada de material (TMCE/ton).

En el caso de la reducción de emisiones neta de gases de efecto invernadero, son favorables cuando se aplica reducción en la fuente y reciclaje, lo que significa que cualquiera de esas medidas es propicia en comparación a la disposición en un relleno sanitario; sin embargo, en el caso de aplicar combustión a estos residuos sólidos, no es favorable porque los valores negativos indican que la producción de gases de efecto invernadero serían mayores en este caso que en el caso de que se disponga en un relleno sanitario.

La reducción de fuentes tiene como efecto que la cantidad de basura incinerada y vertida disminuya, implicando además que las emisiones de aire y la contaminación de agua decrezcan. El ahorro energético es igual una parte fundamental dentro del ciclo de vida de un producto y, a continuación, se muestra el ahorro energético neto derivado de la reducción de fuentes, reciclaje, compostaje o incineración del PET y de los neumáticos en lugar de su disposición en un vertedero. Los valores de reducción de fuentes muestran ahorros energéticos de productos que se fabricaron con materias de prima de clásico y reciclado.

Tabla 2.

*Reducciones netas de energía.*

<b>Materiales</b>	<b>Reducción de fuente</b>		<b>Reciclaje o Combustión</b>	
<b>Materiales reciclados</b>	<b>100% materias primas</b>	<b>compostaje frente a deposición en vertedero</b>	<b>frente a disposición en vertedero</b>	<b></b>
<b>PET</b>	71,20	73,24	53,36	3,69
<b>Neumáticos</b>	88,70	88,70	52,49	27,23

Adaptado de (Masters, 2017).

Nota: Reducciones netas de energía comparada con el desecho en vertederos en la reducción de fuentes, reciclaje, compostaje o combustión (las unidades son millones de Btu por Tm de material [MMBtu/Tm]).

Para el caso de la reducción neta de energía, comparado con la disposición del desecho en rellenos sanitarios, cualquiera de las medidas implementadas es favorable, lo que demuestra que la disposición en rellenos sanitarios es la menos adecuada de las acciones de tratamiento. Dados los valores en el caso de reciclaje, las dos tablas establecen el beneficio que se tiene al utilizar material reciclado como el PET y el caucho proveniente de neumáticos fuera de uso en un material compuesto, a diferencia de la utilización de materias primas vírgenes.

## **2.5. Aprovechamiento de PET y caucho bajo marco legal**

Dentro de las políticas industriales verdes que son impulsadas por la Cartera de Industrias, se encuentra la producción eficiente y ambientalmente responsable, además, en noviembre de 2011, se estableció el Impuesto Redimible a las Botellas Plásticas no Retornables con el propósito de reducir la contaminación ambiental e incitar el proceso de reciclaje de estas. Sin embargo, es un valor tan bajo que las empresas que producen dichos envases PET no tienen un gran interés en hacerse cargo de los envases acabada su vida útil, para lo cual existen otras empresas que se encargan de dicho proceso. En la actualidad según el MIPRO, se encuentran registrados 41 centros de acopio y reciclaje, que a la par con el sector privado, genera una dinámica de un mercado de reciclaje de PET que representa más de 20 millones de dólares al año (Ministerio de Industrias y Productividad, 2019).

Enkador S.A. es una empresa con una trayectoria de más de 38 años en el mercado, siendo líder en el sector de materias primas textiles PET y resina PET reciclada. Actualmente, esta empresa cuenta con dos centros de acopio en Sangolquí y Guamaní, donde se compra el material de los recicladores para seguir con el proceso, este material en su mayoría lo constituyen botellas de

bebidas a las que se les separan las tapas y etiquetas para realizar otra gama de productos; posteriormente se da un proceso de lavado y desinfección con el fin de retirar impurezas del producto, como la goma de la etiqueta, seguidamente se procede a un triturado para obtener escamas, continuando con el proceso se realiza la fundición del mismo material para la obtención de resina (como chip o gránulo) y finalmente puede pasar al área de hilatura donde se obtiene fibra PET (Enkador, 2019).

En el caso de los neumáticos, encontramos como apoyo en la legislación el Acuerdo Ministerial 098, “Instructivo para la gestión integral de neumáticos usados”, cuyo fin es instaurar requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales para la preparación, aplicación e inspección del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados, que anime la reducción, reutilización, reciclaje y diversas formas de beneficio, con el propósito de resguardar el medio ambiente de estos residuos, considerados como desechos especiales que no pueden ser dispuestos igual que cualquier otro desecho de tipo doméstico en una quebrada, relleno o ser incinerado (Ministerio del Ambiente, 2015).

Según GRIN (s.f.) se desechan alrededor de 3.5 millones de neumáticos por año, que por mala disposición acaban en vías, quebradas, incinerados o en cuerpos de agua, se ha convertido en un residuo muy estudiado y causante de polémica debido a: su baja degradabilidad, la cantidad de espacio (volumen) significativo que ocupa por su forma y escasa densidad, su dificultad de compactación que provoca inestabilidad en los vertederos y su riesgo de incendio con importantes impactos asociados (Castells, 2012).

Rubberaction es una de las empresas que se encarga del proceso de los neumáticos fuera de uso, trabaja directamente con las personas la recolección y además trabaja con Proyección Futura con el fin de implementar un proceso de

gestión de neumáticos (GRIN) con acciones conjuntas para tener una gestión de más de 200 000 neumáticos fuera de uso al año. Se encarga mediante la trituración de los neumáticos y separación por banda magnética de sus compuestos metálicos, y finalmente la obtención de gránulo de caucho.

## **2.6. Propiedades de los materiales de refuerzo y su posible aporte al material compuesto**

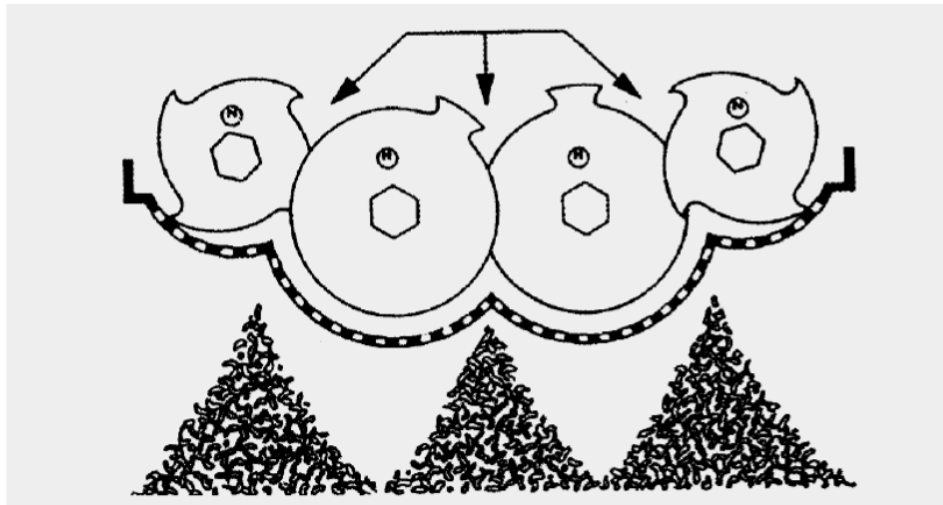
Como ya se mencionó anteriormente unas de las principales procedencias del PET reciclado es de botellas y envases de bebidas. La valorización de este producto o residuo se lleva a cabo mediante un proceso de manera continua y de varias fases para la producción de diferentes materias plásticas procedentes de mezclas de polímeros y aditivos, más conocido como “compounding”; de esta manera se obtiene compuestos plásticos que por sus propiedades son aptos para trabajos de ingeniería o en cuales tengan aplicaciones exigentes, mencionando como ejemplo las piezas de carrocería, en las cuales las propiedades mecánicas, la resistencia a la temperatura y la estabilidad dimensional son esenciales. Por su producción y cantidad de desecho, el PET puede considerarse como una materia prima secundaria de bajo coste si se compara con otros materiales de ingeniería de tipo polimérico. Su disponibilidad se ve favorecida por el reciclaje de botellas PET y en el futuro más, por el aumento de reciclaje.

Al incorporar PET reciclado en un material compuesto se tiene que posiblemente las propiedades que aportaría al compuesto son:

- Posibilidad de modificar la coloración del material compuesto debido a su cristalinidad y transparencia y a que admite cargas de colorantes.
- Mejoraría el compuesto frente al comportamiento frente a esfuerzos permanentes.

- Mejoraría la resistencia al desgaste del material.
- Aportaría como barrera a gases ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ) y humedad.
- Podría aportar propiedades ignífugas cuando se adicionen aditivos.
- Reducción del peso del conjunto del material compuesto al ser liviano, es decir la densidad sería menor.

Por otro lado, en el caso de los cauchos tenemos un proceso diferente, pues la materia reciclada nace a partir de una trituration convencional con molinos clásicos, que fracciona los neumáticos fuera de uso y separa los componentes metálicos por medio de una banda magnética y los textiles por mesa densimétrica. La disponibilidad de neumáticos fuera de uso para este proceso de aprovechamiento es increíble pues, como ya se dijo, se superan los tres millones de unidades por año, aunque al proceso de reciclaje, en el Ecuador, ingresan menos del 50%.



*Figura 5.* Sistema de trituration convencional.  
Adaptado de (Castells, 2012).

En este proceso, según el Ministerio de Fomento español (2019), se obtiene una mezcla de cauchos provenientes del neumático y supondría aportasen algunas de sus propiedades al material compuesto, como son:

- Resistencia a la rotura y buena elasticidad.



- Resistencia a la compresión por cualquier esfuerzo aplicado.
- Resistencia a la abrasión o desgaste.
- Reducción del peso del conjunto, por su densidad.
- Resistencia a la acción del moho, calor, humedad, luz solar, rayos UV.
- Posible resistencia a algunos aceites y a muchos disolventes.

## 2.7. Resina de poliéster

Se señaló anteriormente que los materiales compuestos están constituidos en la mayoría de los casos por dos fases, una matriz y el refuerzo, las matrices que más se utilizan pueden clasificarse de manera muy general de esta forma:

Tabla 3.

*Clasificación de matrices en los materiales compuestos.*

<b>MATRICES POLIMÉRICAS U ORGÁNICAS</b>		
<b>Termoestables</b>	<b>Termoplásticos</b>	<b>Elastómeros</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliésteres insaturados (UP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nylon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliuretano (PU)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vinil éster o ésteres vinílicos (VU)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliésteres saturados (PET-PBT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siliconas (SI)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epoxi (EP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Policarbonato (PC)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenólicas (PF)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poli acetato</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliaminas (PI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliamida (PA)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliéster-Éter Cetona (PEEK)</li> </ul>	

- 
- Poli sulfonato (PSUL)
- 

Adaptado de (Navarro Muedra, 2013).

La resina de poliéster es la más utilizada, por lo cual existen diversos tipos que son comercializadas de acuerdo con la aplicación que se necesita, donde se puede variar según se busque una resistencia al fuego, resistencia a los rayos UV, a la humedad, resistencia química, resistencia al impacto o a altas temperaturas. Deben ir acompañadas según sea el caso de catalizadores y aceleradores para aumentar la posibilidad de aplicación de la resina.

Tabla 4.

*Tipos de poliéster más utilizadas y sus aplicaciones.*

<b>TIPOS</b>	<b>APLICACIONES</b>
<b>Ortoftálicas</b>	Semirrígidas: estratificados industriales, placas onduladas. Rígidas: barnices, pre impregnados.
<b>Isoftálicas</b>	Gel coats, depósitos, ingeniería química.
<b>Tereftálicas</b>	Ingeniería Química, estratificados con alta resistencia química.
<b>Tetrahidroftálicas</b>	Barnices, depósitos de alimentos, cubas.
<b>Bisfenólicas</b>	Aplicaciones anticorrosión, alta resistencia química.
<b>Resinas del ácido Tetracloroftálico</b>	Comportamiento al fuego mejorado.
<b>Resinas del ácido Het</b>	Resistencia al fuego, anticorrosión.
<b>Resinas al MMA</b>	Estratificados para el transporte, placas, cúpulas.

Adaptado de (Navarro Muedra, 2013).

Cuando se utiliza una matriz de poliéster se busca que aporte al compuesto las siguientes propiedades:

- Baja viscosidad, manipulación fácil durante elaboración.
- Tiempo de curado rápido.
- Muy alta contracción durante el curado.
- Gran rango de aplicaciones debido a los diferentes tipos de resinas de poliéster que pueden conseguirse.
- Posibilidades de curado tanto a temperatura ambiente como a altas temperaturas.
- Buena resistencia eléctrica.
- Magnífica relación calidad/precio.
- Buenas propiedades del composite, aunque inferiores a los conseguidos con algunas otras resinas.

En el presente trabajo se decidió utilizar la Resina Poliéster Química especial PolyLite 33200-01, y se puede observar las propiedades de la resina poliéster en el anexo correspondiente a la resina. Según Sailema Moyolema (2013), se debe considerar los siguientes rangos de adición tanto de catalizador como de acelerador para obtener un tiempo de trabajo lo más adecuado posible dependiendo el volumen de la pieza, la resina y la temperatura ambiente con que se esté trabajando.

- Entre 0.05% y 0.5% de cobalto
- Entre 0.5% y 3% de MEK Peróxido

Cabe mencionar que la cantidad de adición del catalizador y acelerador no puede ser ni en exceso ni en defecto, porque los efectos son perjudiciales para el fin que se desee en el material compuesto.

### 3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Esquema de presentación de metodología

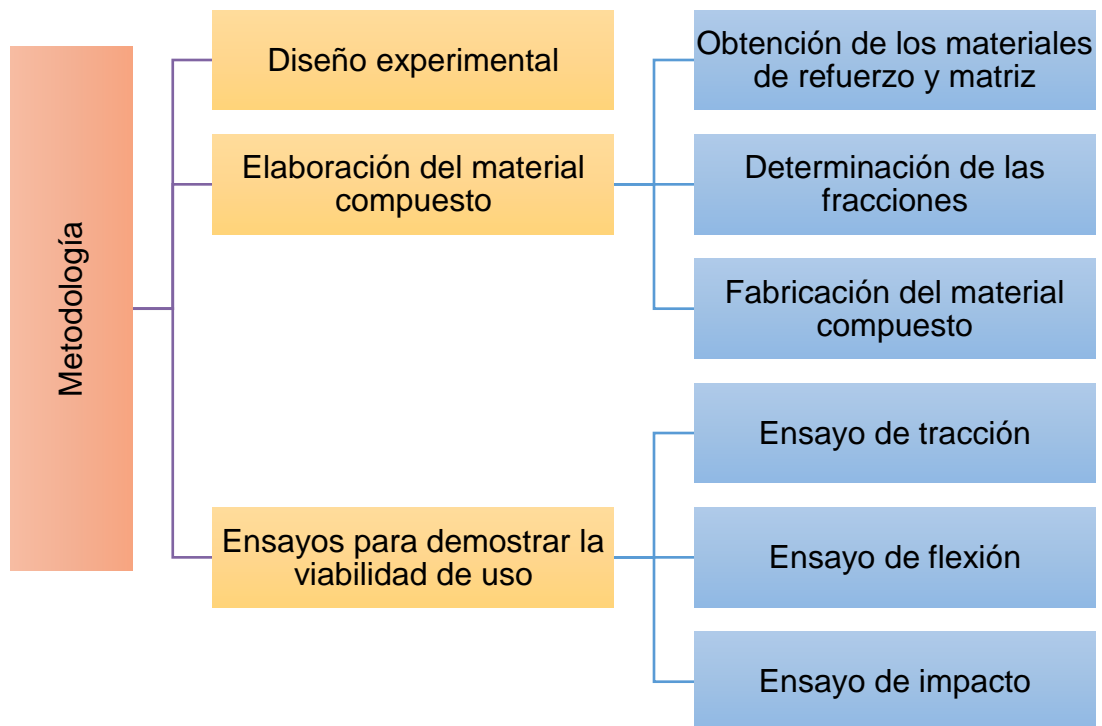


Figura 6. Composición de la metodología.

#### 3.2. Diseño Experimental

Sobre la base de la bibliografía encontrada referente a la realización de materiales compuestos, mencionada en los antecedentes, se tiene como fundamento para obtener buenos resultados el trabajar con el 60%, 70% y hasta 80 % de fracción másica de la matriz; por lo cual, se escogió en este caso trabajar

con el 70 % de matriz y tres variaciones entre los materiales de refuerzo completando el 30%. Es así que en el primer caso se utilizó 30% de gránulo de caucho y 0% de gránulo de PET, en el segundo caso se utilizó 15% de gránulo de caucho y 15% de gránulo de PET, y en el último caso se utilizó 0% de gránulo de caucho y 30% de gránulo de PET. Para la determinación del número de probetas elaboradas, se tomó como referencia las normas ASTM mencionadas en el diseño de las probetas para cada caso, normas en las que, en el literal de especímenes, se determina un número mínimo de probetas igual a 5, según eso, y teniendo en cuenta el análisis estadístico que se va a realizar con los resultados, se prepararon 5 probetas por cada variedad de material, como se muestra a continuación:

Tabla 5.

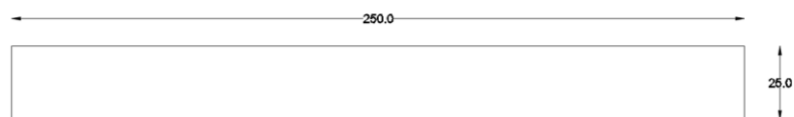
*Porcentajes de los compuestos.*

Fracción		Número de muestras				
Resina de poliéster	Material de refuerzo			Ensayos de tracción	Ensayos de flexión	Ensayo de impacto
	Total	Gránulo de caucho	Gránulo de PET			
<b>70%</b>	30%	30%	0%	5	5	5
		15%	15%	5	5	5
		0%	30%	5	5	5
<b>Total de muestra</b>				<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

### 3.3. Diseño de probetas

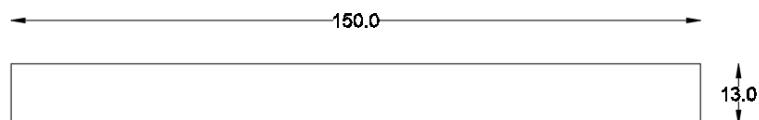
Para poder contar con los informes correctos en cuanto a los diagramas de deformación vs esfuerzo/ruptura se tomó en cuenta las normas ASTM específicas para cada caso según su finalidad y siguiendo con las instrucciones de dichas normas, se tienen las siguientes dimensiones de largo y ancho, teniendo en cuenta que el espesor será de 4 mm.

ASTM D3039M-17 para ensayos de tracción



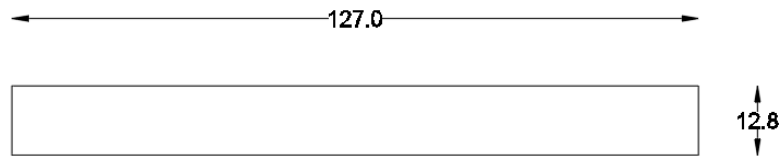
*Figura 7.* Dimensiones de la probeta para ensayos de tracción en mm.

ASTM D7264-15 para ensayos de flexión



*Figura 8.* Dimensiones de la probeta para ensayos de flexión en mm.

ASTM D6110-18 para ensayos de impacto.



*Figura 9.* Dimensiones de la probeta para ensayos de impacto en mm.

### 3.4. Dimensionamiento del molde

Las dimensiones del molde se calcularon teniendo en cuenta 7 probetas por cada uno de los casos, 5 probetas a ser muestreadas y 2 probetas de emergencia en el caso de que falle o presente imperfecciones alguna de las 5 anteriores; además, se tuvo en cuenta un pequeño margen de seguridad para el corte.

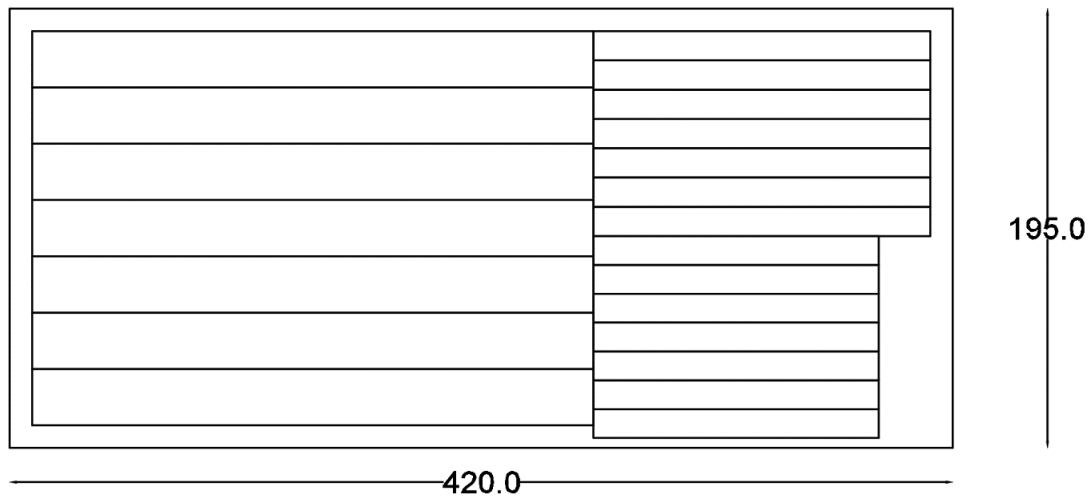


Figura 10. Dimensiones requeridas para el molde en mm.

### 3.5. Síntesis de la elaboración del material compuesto

La elaboración de un material compuesto de matriz de poliéster y con materiales reciclados como refuerzo es fundamental para proponer su introducción al mercado para diversas aplicaciones como industrialmente o en el sector de la construcción. Tras la obtención de la materia prima, se procedió a los cálculos de densidades para poder trabajar con las composiciones propuestas. Se preparó la resina y los refuerzos para ser dispuestos en el molde y finalmente, tras el proceso de secado, se realizó un proceso de cortado, luego de lo cual se obtuvieron las probetas para los ensayos de tracción, flexión e impacto.

### 3.6. Cálculo de las fracciones



Primero se procedió a calcular el volumen del molde con la fórmula de volumen, tomando en cuenta las dimensiones necesarias en el literal de dimensionamiento del molde. Donde  $l$  es la longitud,  $w$  es el ancho y  $h$  es la altura o espesor.

$$v = l * w * h \quad \text{Ecuación 1}$$

$$v = 420 \text{ mm} * 195 \text{ mm} * 4 \text{ mm}$$

$$v = 327\,600 \text{ mm}^3$$

$$v = 327,6 \text{ cm}^3$$

Con el volumen necesario se tuvo en cuenta las fracciones a utilizar, y mediante una regla de tres se calculó los volúmenes necesarios. Se aplicó el mismo procedimiento para cada uno de los materiales, en cada una de las fracciones que se necesitó, según el siguiente ejemplo de cálculo:

$$327\,600 \text{ mm}^3 \quad 100\%$$

$$x \text{ mm}^3 \quad 70\%$$

$$x = \frac{\frac{70}{100} * 327600 \text{ mm}^3}{\frac{100}{100}}$$

$$x = 229\,320 \text{ mm}^3$$

$$x = 229,32 \text{ cm}^3$$

Tabla 6.

*Volúmenes de los compuestos en  $\text{cm}^3$  .*

---

**Fracciones volumétricas obtenidas**

---

Resina de poliéster	Material de refuerzo			Material de refuerzo		
	Total	Gránulo de caucho	Gránulo de PET	Volumen de la Resina de poliéster en $cm^3$	Volumen del gránulo de caucho en $cm^3$	Volumen del gránulo de PET en $cm^3$
70%	30%	30%	0%	229,32	98,28	0
		15%	15%		49,14	49,14
		0%	30%		0	98,28

Una vez obtenido el volumen necesario por cada uno de los elementos, se realizó por la fórmula de la densidad (*Ecuación 2*) el cálculo del peso necesario de cada uno de los elementos según su fracción volumétrica, despejando el peso en la *Ecuación 3*. Para este cálculo se tomó en cuenta la densidad referencial en la ficha técnica para el caso del caucho y de la resina con un valor promedio; mientras que, para el gránulo de PET, se tomó en cuenta la densidad del granulo de PET obtenido de Quito y Villafuerte (2011).

$$d = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$m = v * d \quad \text{Ecuación 3}$$

$$m = 229,32 \text{ cm}^3 * 1,18 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

$$m = 229,32 \text{ cm}^3 * 1,18 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

$$m = 270,60 \text{ g}$$

Tabla 7.

*Densidades referenciales en g/cm<sup>3</sup>.*

Densidades referenciales		
Resina	Gránulo de caucho	Gránulo de PET
1,18 g/cm <sup>3</sup>	0,6 g/cm <sup>3</sup>	1,33 g/cm <sup>3</sup>

Tabla 8.

*Pesos necesarios en gramos (g).*

Fracciones másicas obtenidas						
Resina de poliéster	Material de refuerzo			Material de refuerzo		
	Total	Gránulo de caucho	Gránulo de PET	Peso de la Resina de poliéster en g	Peso del gránulo de caucho en g	Peso del gránulo de PET en g
<b>70%</b>	30%	30%	0%	270,60	58,97	0
		15%	15%		29,48	65,36
		0%	30%		0	130,71

Con los valores correspondientes se colocó las cantidades calculadas en un recipiente, y se realizó el vertido de los materiales solos o mezclados según sea la prueba.

### 3.7. Preparación del molde

En este caso, se realizó una prueba preliminar con molde de Acero A36 sellado, pero al momento del colocar la tapa se llenó de burbujas de aire y se optó por realizar las probetas a molde abierto, para lo cual en una mesa con madera laminada, se colocó cera desmoldante y se procedió a sellar los bordes del molde con listones de madera sellada de acuerdo con las dimensiones necesarias; posteriormente se colocó una segunda capa de la cera desmoldante en toda la superficie, previo a la elaboración del material.



Figura 11. Cera desmoldante marca Simoniz.



*Figura 12.* Aplicación de la cera desmoldante en la superficie de la mesa.



*Figura 13.* Superficie cubierta con cera desmoldante para preparación del molde.



*Figura 14.* Molde listo para elaboración de los materiales compuestos.

### **3.8. Elaboración de las probetas**

Una vez listo el molde, se procedió a la preparación de la resina con 1 ml de MEK peróxido por cada 100 g de resina con el fin de tener un curado adecuado de las probetas. Se colocaron las partículas de PET y caucho, respectivamente, de manera dispersa y aleatoria, al mismo tiempo que se vertía la resina. Una vez finalizado el vertido, se dejó un día entero para curado, con el fin de obtener mejores resultados.

Luego de las 24 horas, se procedió al desmolde, y posteriormente al corte de las probetas. El corte inicialmente se realizó con láser, pero la potencia del equipo no fue suficiente, además de que el caucho no reaccionó bien al láser, por lo cual se optó por un corte con fresadora, según se muestra en la Imagen 12.



Figura 15. Material de refuerzo de los compuestos.



Figura 16. Pesaje de la resina y preparación de esta con MEK.

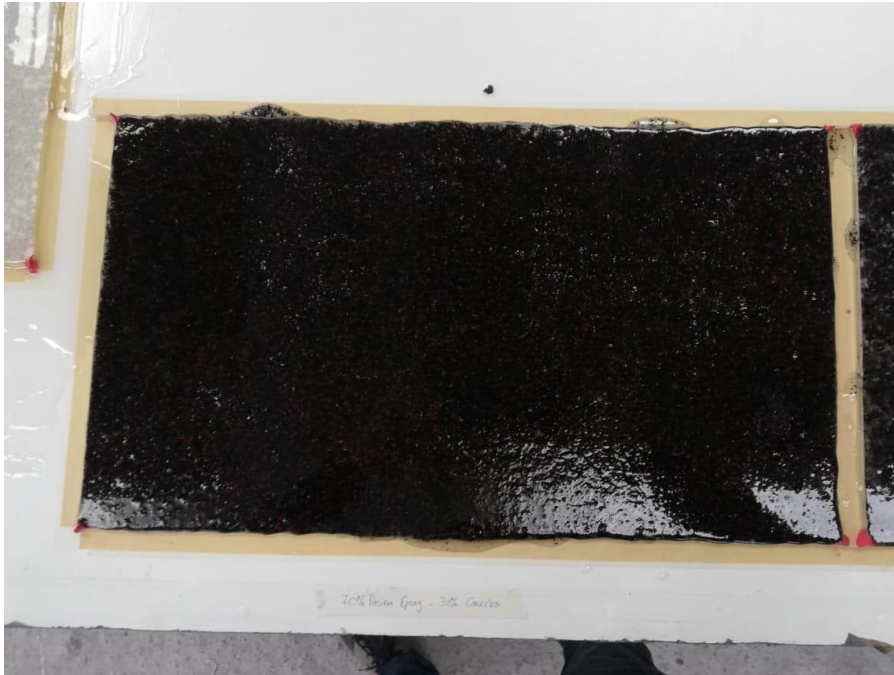


Figura 17. Pesaje de los materiales de refuerzo.

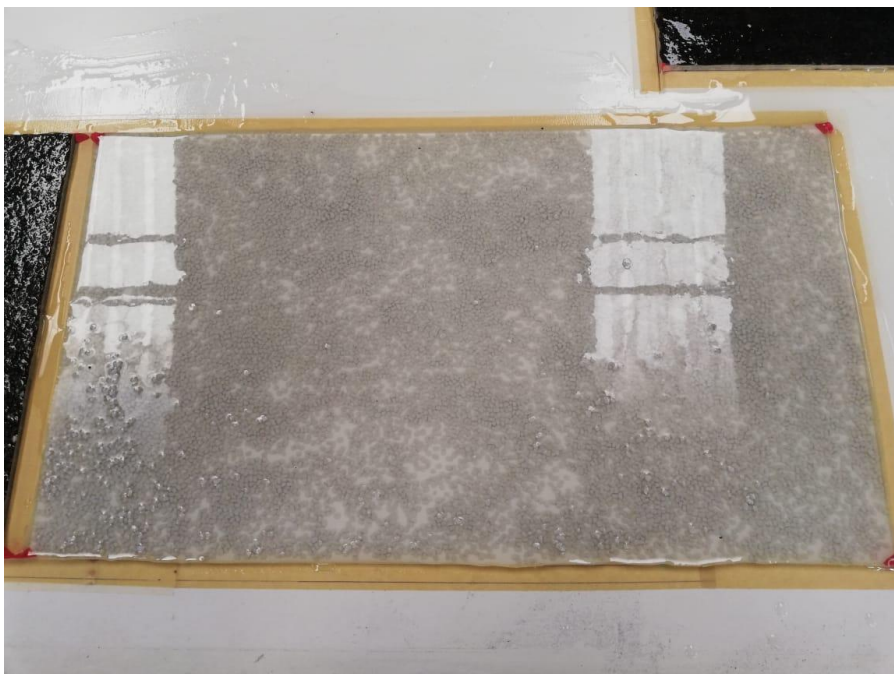


Figura 18. Vertido de la mezcla de los compuestos en el molde.





*Figura 19.* Plancha de material compuesto 70% resina y 30 % refuerzo de caucho.



*Figura 20.* Plancha de material compuesto 70% resina y 30 % refuerzo de PET.

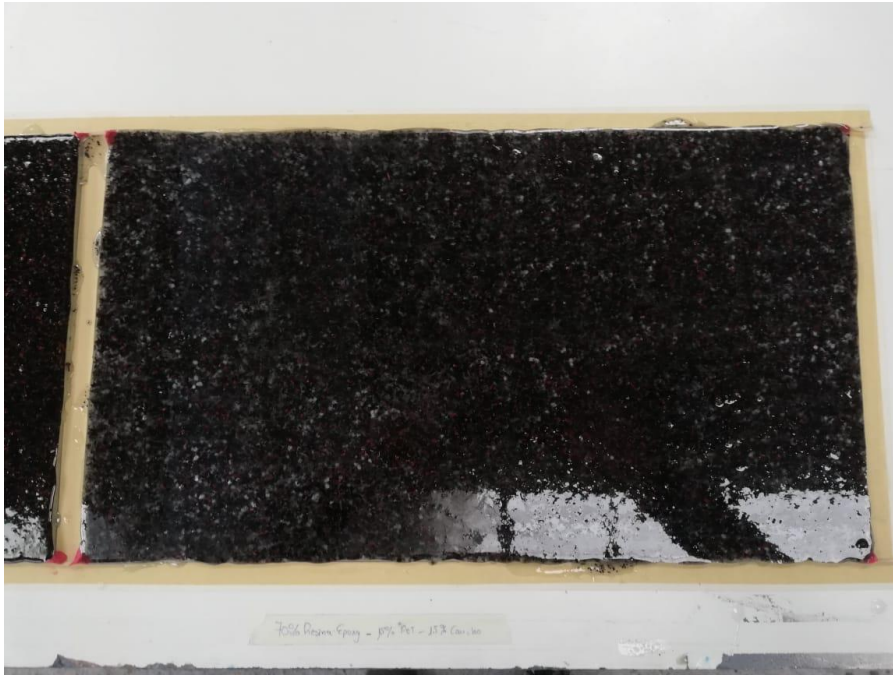


Figura 21. Plancha de material compuesto 70% resina, 15 % refuerzo de caucho y 15% refuerzo de PET.



Figura 22. Herramienta de corte FOREDOM con adaptación de fresadora.



*Figura 23.* Corte de las probetas con ayuda de una plancha de acero.



*Figura 24.* Corte de las probetas con ayuda de una plancha de acero.



*Figura 25.* Corte de las probetas con ayuda de una plancha de acero.

### **3.9. Preparación de probetas para análisis**

Para el caso de las pruebas de flexión no hubo que realizar ningún cambio a las probetas, para el caso de las pruebas de impacto se tuvo que realizar un entalle según especificaciones de la máquina para que se pueda sujetar de mejor manera en las mordazas, obviamente la máquina realiza evaluaciones sujeta a la norma ASTM D3039-17 y para el caso de las pruebas de tracción, se prepararon las probetas con papel lija en los extremos de cada cara para que se puedan fijar de manera correcta al equipo.

### **3.10. Ensayos al material compuesto**

Pruebas de tracción

Las pruebas de tracción se realizaron en el equipo de ensayos universal Polímeros Metrotest 50KN, modelo MTE-50, con número de serie 8210M002 que cumple con las especificaciones de la norma ASTM D3039-17.

#### Pruebas de flexión

Las pruebas de flexión se realizaron en el equipo de ensayos universal Polímeros Metrotest 50KN, modelo MTE-50, con número de serie 8210M002 que cumple con las especificaciones de la norma ASTM D7264-15.

#### Pruebas de impacto charpy

Las pruebas de impacto charpy se realizaron en el equipo de ensayo charpy modelo IC-25/IA, con número de serie 1986M002 que cumple con las especificaciones de la norma ASTM D6110-18.

## **4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS**

Para los resultados de tracción tenemos las 15 pruebas de tracción, en tres grupos, uno por cada variable de refuerzo, el primer grupo corresponde a las probetas que están compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster y un 30 % de refuerzo de PET reciclado, el segundo grupo corresponde a las probetas compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster, un 15 % de refuerzo de PET reciclado y un 15% de caucho reciclado y el tercer grupo está compuesto por las probetas que están compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster y un 30 % de refuerzo de caucho reciclado.

Tabla 9.

*Resumen de los resultados de las pruebas de tracción grupo 1.*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Esfuerzo máximo de tracción (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>% Elongación (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	574.324	4.649	111.907	4.162
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	160.420	1.016	24.599	0.300
<b>Coefficiente de variación CV</b>	27.932	21.852	21.981	7.204

Tabla 10.

*Resumen de los resultados de las pruebas de tracción grupo 2.*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Esfuerzo máximo de tracción (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>% Elongación (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	322.820	2.489	63.741	3.919
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	44.649	0.181	5.621	0.316
<b>Coefficiente de variación CV</b>	13.831	7.281	8.818	8.075

Tabla 11.

*Resumen de los resultados de las pruebas de tracción grupo 3.*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Esfuerzo máximo de tracción (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>% Elongación (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	315.558	2.043	46.515	4.611
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	29.135	0.168	9.839	1.345
<b>Coefficiente de variación CV</b>	9.233	8.206	21.152	29.169

En el caso de las pruebas de flexión tenemos las 15 pruebas de tracción, en tres grupos, uno por cada variable de refuerzo, el primer grupo corresponde a las probetas que están compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster y un 30 % de refuerzo de PET reciclado, el segundo grupo corresponde a las probetas compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster, un 15 % de refuerzo de PET reciclado y un 15% de caucho reciclado y el tercer grupo está compuesto por las probetas que están compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster y un 30 % de refuerzo de caucho reciclado.

Tabla 12.

*Resumen de los resultados de las pruebas de flexión grupo 1.*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo de flexión (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%) (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	15.148	1.99	10.94	3,688.17	0.33
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	5.305	0.64	2.33	1,584.76	0.15
<b>Coefficiente de variación CV</b>	35.018	32.10	21.32	42.97	44.34



Tabla 13.

*Resumen de los resultados de las pruebas de flexión grupo 2.*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo de flexión (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%) (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	11.674	5.73	10.04	1,229.01	0.92
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	1.409	2.52	2.52	490.37	0.40
<b>Coefficiente de variación CV</b>	12.072	44.00	25.14	39.90	43.27

Tabla 14.

*Resumen de los resultados de las pruebas de flexión grupo 3.*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo de flexión (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%) (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	9.150	7.63	9.42	1,269.14	1.14

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo de flexión (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%) (Calculado)</b>
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	2.591	4.01	4.90	1,156.88	0.61
<b>Coefficiente de variación CV</b>	28.317	52.59	52.02	91.15	53.94

De la misma manera en el caso de las pruebas de impacto por charpy se analizaron 15 probetas, en tres grupos, uno por cada variable de refuerzo, el primer grupo corresponde a las probetas que están compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster y un 30 % de refuerzo de PET reciclado, el segundo grupo corresponde a las probetas compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster, un 15 % de refuerzo de PET reciclado y un 15% de caucho reciclado y el tercer grupo está compuesto por las probetas que están compuestas en un 70 % de matriz de resina poliéster y un 30 % de refuerzo de caucho reciclado.

Tabla 15.

*Resumen de los resultados de las pruebas de impacto charpy grupo 1.*

	<b>Energía de ruptura (J)</b>	<b>Resistencia al impacto (J/m)</b>	<b>Resistencia al impacto (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Promedio X</b>	0.110	23.158	2.079
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	0.039	8.739	0.762

	<b>Energía de ruptura (J)</b>	<b>Resistencia al impacto (J/m)</b>	<b>Resistencia al impacto (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Coefficiente de variación CV</b>	35.209	37.735	36.640

Tabla 16.

*Resumen de los resultados de las pruebas de impacto charpy grupo 2.*

	<b>Energía de ruptura (J)</b>	<b>Resistencia al impacto (J/m)</b>	<b>Resistencia al impacto (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Promedio X</b>	0.094	17.561	1.599
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	0.034	6.273	0.606
<b>Coefficiente de variación CV</b>	36.544	35.721	37.192

Tabla 17.

*Resumen de los resultados de las pruebas de impacto charpy grupo 3.*

	<b>Energía de ruptura (J)</b>	<b>Resistencia al impacto (J/m)</b>	<b>Resistencia al impacto (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Promedio X</b>	0.090	16.303	1.535
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	0.035	6.672	0.644
<b>Coefficiente de variación CV</b>	39.284	40.927	41.944

## 5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados se analizaron desde el punto de vista de la utilización del material obtenido como alternativa para la elaboración de cielos rasos, con razón por la cual se compararon con las características físico-mecánicas del material yeso importado para la elaboración de cielos rasos estudiadas por Lalaleo Galarza (2017). La comparación se realiza entre ambos materiales, y entre los grupos mismo del material compuesto reforzado con caucho y PET. A continuación, las tablas establecen las características físico-mecánicas del yeso importado según el autor mencionado.

Tabla 18.

*Resumen de los resultados de las pruebas de tracción del yeso. Adaptado de (Lalaleo Galarza, 2017).*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Esfuerzo máximo de tracción (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>% Elongación (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	208.71	0.92	496.78	2.29
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	12.40	0.21	70.19	0.21

Tabla 19.

*Resumen de los resultados de las pruebas de flexión del yeso. Adaptado de (Lalaleo Galarza, 2017).*

	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo de flexión (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (Calculado)(MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%) (Calculado)</b>
<b>Promedio X</b>	23.61	-	0.21	510.75	2.84
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	1.99	-	0.02	74.59	0.37

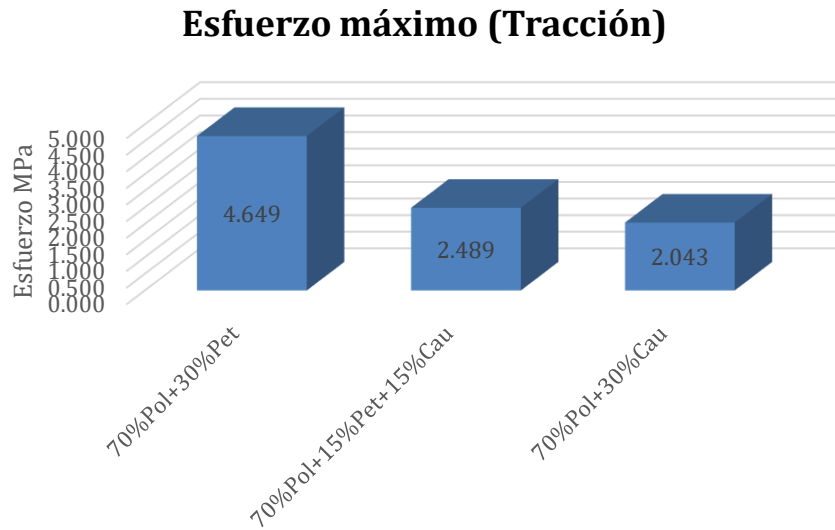
Tabla 20.

*Resumen de los resultados de las pruebas de impacto del yeso. Adaptado de (Lalaleo Galarza, 2017).*

	<b>Energía de ruptura (J)</b>	<b>Resistencia al impacto (J/m)</b>	<b>Resistencia al impacto (KJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Promedio X</b>	-	1.22	-
<b>Desviación estándar Sn-1</b>	-	0.07	-

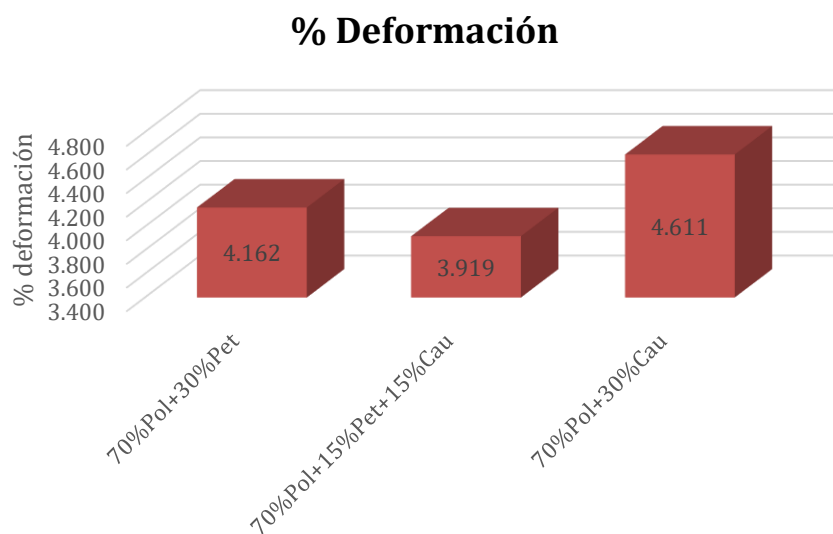
Nota: Los valores faltantes no constan dentro de los resultados, debido a que es otro tipo de prueba de impacto, pero los resultados de resistencia al impacto son comparables.

## 5.1. Ensayo de tracción



*Figura 26.* Esfuerzo máximo en MPA según composición del compuesto.

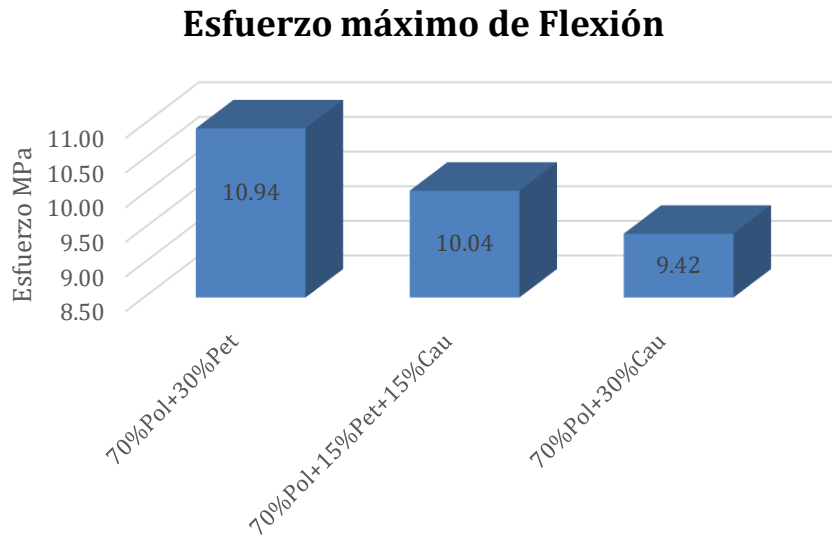
Se puede observar que los valores en los tres casos son superiores que el esfuerzo máximo de tracción del yeso importado para cielos rasos; por lo cual, cualquiera de las tres combinaciones de refuerzo para el compuesto lo hacen apto para su utilización con esa finalidad, superando los 0.92 MPa del material yeso importado.



*Figura 27.* Porcentaje de deformación según composición del compuesto.

De la misma manera, los refuerzos en este caso proporcionan un aumento en el porcentaje de deformación comparado con el valor promedio del yeso, por lo que se puede utilizar como un material de revestimiento que supla el yeso, teniendo valores mayores a 2.84 % de deformación. Con estos dos resultados en el caso de tracción, notamos una la influencia del material de refuerzo. Los resultados evidencian que el PET aporta resistencia al material, pero su deformación es menor; por el contrario, el caucho reciclado mejora la deformación, dándole cierta elasticidad, pero mecánicamente las tres combinaciones se comportan mejor que el yeso. Para el caso de la resistencia a la tracción el material con mejores prestaciones es el de matriz 70% de poliéster, reforzado con 30% de PET reciclado.

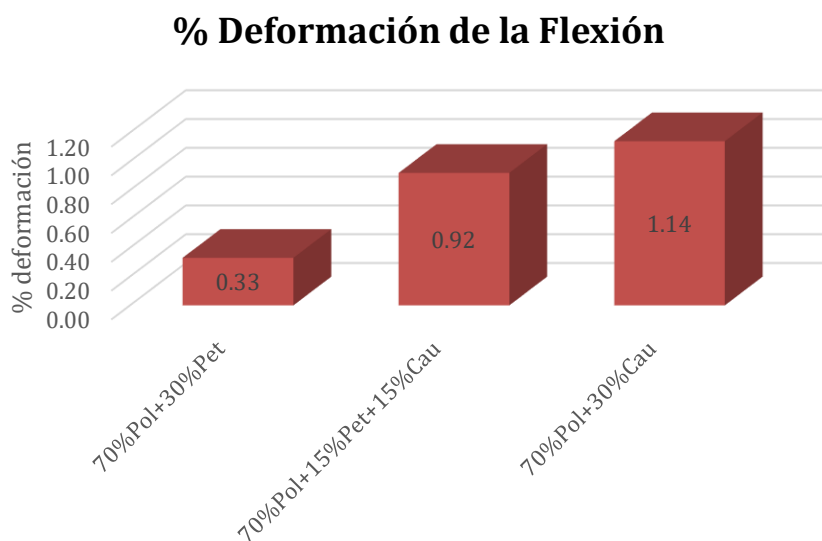
## 5.2. Ensayo de flexión



*Figura 28.* Esfuerzo máximo de flexión en MPa según composición del compuesto.

En el caso del esfuerzo máximo para flexión los valores superan ampliamente al valor del yeso, con 0.92 MPa, lo que por esta característica lo vuelven un material apto en el caso que se busque un material suplente del yeso con un esfuerzo máximo de flexión superior que su comparativo.





*Figura 29.* Porcentaje de deformación a flexión según composición del compuesto.

En cuanto al porcentaje de deformación a la flexión, no presenta en ninguno de los casos un valor superior. El valor más alto corresponde al material compuesto reforzado con 30% de caucho con 1.14%; sin embargo, no es superior a 2.84 % de deformación del yeso importado. El valor tuvo una variación de los tres compuestos frente el yeso importado, pero entre las variaciones de refuerzo el valor no tiene una desviación significativa, por lo cual, variar el porcentaje de refuerzo para incrementar el porcentaje de deformación sería una opción de recomendación. Los valores son similares a los resultados de tracción, se nota que el PET aumenta resistencia a la flexión al material a costa de una baja deformación a la flexión. Por otra parte, el caucho brinda relativamente mejores prestaciones elásticas con respecto al PET, pero su resistencia es del 50% de lo obtenido con el PET. Se puede observar también que colocar 15% de PET y 15% de caucho reciclado, le da al material un equilibrio mecánico a la flexión, es decir le aporta resistencia con buena deformación a la flexión.

### 5.3. Ensayo de impacto

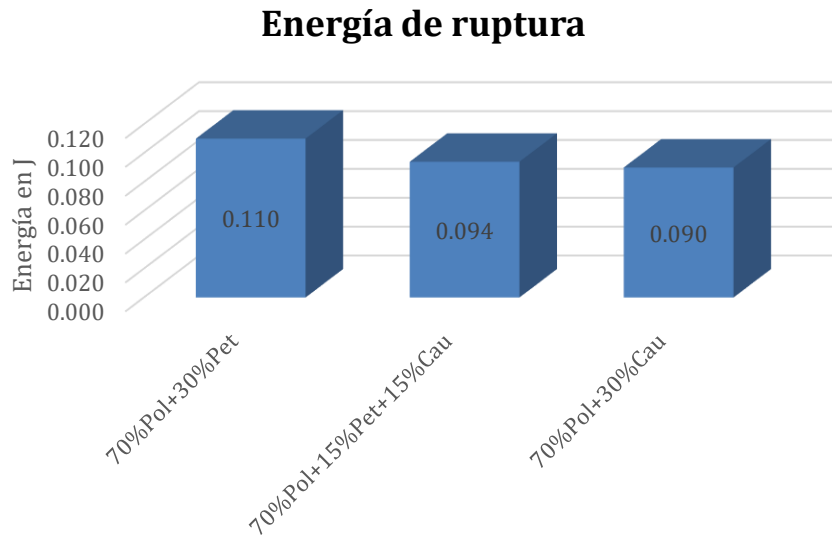


Figura 30. Energía de ruptura en J según composición del compuesto.

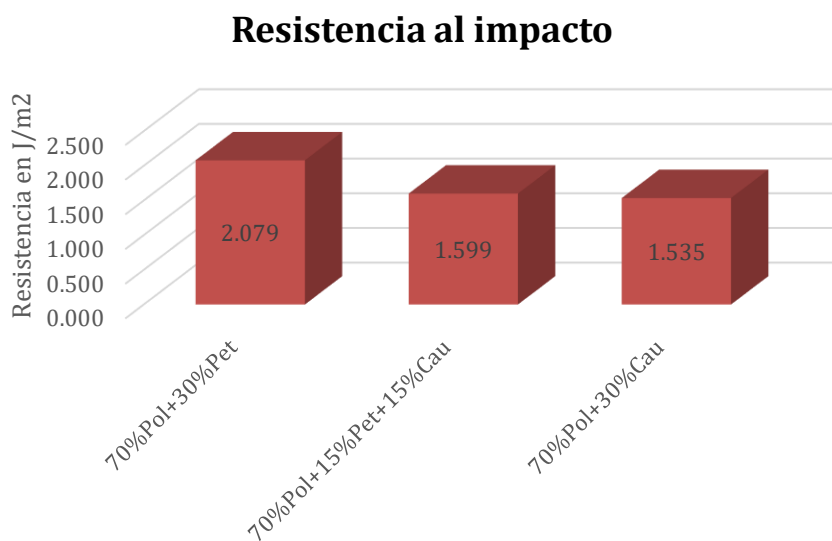


Figura 31. Resistencia al impacto en J/m<sup>2</sup> según composición del compuesto.

En el caso de resistencia al impacto, los resultados de las tres variaciones del material compuesto superan la resistencia de 1.22 J del yeso importado. Sobre los resultados de la prueba de impacto, se puede observar que nos hay

diferencias estadísticamente significativas tanto en la energía de impacto como para la resistencia al impacto para todas las combinaciones del material elaborado; sin embargo, se puede notar que la combinación con 30% de PET presenta la mejor resistencia y energía de impacto.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

En el caso de las pruebas de tracción se concluye que el material con mejores prestaciones es el de matriz 70% de poliéster reforzado con 30% de PET reciclado.

Para las propiedades de flexión se concluye que, aunque el caucho brinda relativamente mejores prestaciones elásticas con respecto al PET, su resistencia es del 50% comparada con este material; por cual la mejor opción consiste en realizar una mezcla con 15% de PET reciclado y 15% de caucho reciclado, otorgando al material un balance mecánico a la flexión, es decir una resistencia con buena deformación a la flexión.

En las pruebas de impacto, a pesar de que la variación de los resultados no se considera significativa, el compuesto con 70 % de matriz de resina reforzado con 30% de PET reciclado, presta la mejor resistencia y energía de impacto.

Se puede concluir que este tipo de material, involucrando todas las combinaciones elaboradas, puede ser empleado como material de revestimiento no estructural; es decir, que por sus prestaciones mecánicas (resistencia a la tracción, flexión e impacto) bajas no es recomendable como material estructural o que sea sometido a cargas estáticas y dinámicas elevadas, pero por la comparación realizada con el material yeso importado, es más que apto para su uso como suplemento en la elaboración de cielo raso.

Por la resistencia a la tracción y a la flexión, el material obtenido puede utilizarse como material alegórico de revestimiento en cualquier aplicación bajo sombra, ya que se debería analizar su comportamiento ante la humedad o rayos ultravioletas, es decir su comportamiento a la intemperie.

## 6.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar diferentes variaciones del material, es decir incrementar el porcentaje de resina o de material de refuerzo, además de variar el tipo de refuerzo; por ejemplo, en el caso del caucho variar la granulometría del caucho que se utiliza, en el caso del PET incorporar fibras PET en lugar de partículas y en el caso de la resina variar el tipo de resina, como: resina epoxi en lugar de una resina poliéster.

Se pueden realizar ensayos con variaciones en el molde, es decir ver de qué manera se puede evitar que, entre aire al molde para lograr tener con un molde cerrado, planchas del material totalmente planas sin irregularidades.

De la misma manera observar si se puede realizar el corte con un láser más potente o con otro tipo de herramienta que sea más económica.

Se recomienda realizar otra prueba de impacto por dardo, en lugar de la de charpy para comparar de mejor manera su resistencia al impacto, aun que de igual manera la comparación es válida.

## REFERENCIAS

- Asociación Colombiana de Vehículos Automotores. (2017). Índice de Motorización. Recuperado el 23 de abril del 2019 de <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2017/02/Comunicado-Indice-de-Motorizacion-2016.pdf>
- Carrillo Játiva, R. X. (2015). Diseño de un Material Compuesto con Matriz de Resina Poliéster y Fibras de Aserrín y PET. Universidad Internacional SEK. Recuperado el 20 de enero de 2019 de <http://7labs.uisek.edu.ec/handle/123456789/1292>
- Castells, X. E. (2012). Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. Ediciones Díaz de Santos.
- Castillo Pazmiño, M. (2012). Consultoría Para La Realización De Un Estudio De Caracterización De Residuos Sólidos Urbanos Domésticos Y Asimilables a Domésticos Para El Distrito Metropolitano De Quito, 27. Recuperado el 30 de abril del 2019 de [http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion\\_residuos.pdf](http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion_residuos.pdf)
- Enkador. (2019, Abril 20). El blog de Enkador. Retrieved from Las botellas plásticas y su daño al planeta: <https://www.enkador.com/blog/las-botellas-plasticas-y-su-dano-al-planeta/>
- Enkador. (2019, Abril 22). El blog de Enkador. Retrieved from El PET y su ayuda al planeta con el reciclaje: <https://www.enkador.com/blog/el-pet-y-su-ayuda-al-planeta-enkador/>
- Enkador. (s.f.). Recypet. Recuperado el 28 de noviembre del 2019 de: <https://www.enkador.com/products-and-solutions/pet.html>
- Grin. (s.f.). Gestión y Reciclaje Integral de Neumáticos. Recuperado el 28 de noviembre del 2019 de: <https://www.grin.com.ec/inicio>

Grin. (s.f.). Productos. Recuperado el 28 de noviembre del 2019 de:  
<https://www.grin.com.ec/productos>

Hernández, F. (2013). Materiales de última generación y materiales eficientes. Madrid: Universidad de Alcalá. Recuperado el 26 de abril de 2019 de  
[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34929189/\\_3599.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMATERIALES\\_DE\\_ULTIMA\\_GENERACION\\_Y\\_MATERI.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34929189/_3599.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMATERIALES_DE_ULTIMA_GENERACION_Y_MATERI.pdf)

INEC. (2018). Anuario de estadísticas de transporte 2017. INEC.

Lalaleo Galarza, E. F. (2017). Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con cascarilla de arroz para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales (Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica).

López, F. A., Centeno, T. Á., & Alguacil, F. J. (2012). Aprovechamiento energético de residuos: el caso de los neumáticos fuera de uso. Año internacional de la energía sostenible para todos. Recuperado el 23 de marzo de 2019 de  
<http://www.energia2012.es/sites/default/files/Aprovechamiento%20energ%C3%A9tico%20de%20residuos,el%20caso%20de%20los%20neum%C3%A1ticos%20fuera%20de%20uso.pdf>

Mansilla-Pérez, L., & Ruiz-Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Ingeniería industrial, (027), 123-137.

Ministerio de fomento español. (14 de Mayo de 2019). Catálogo de residuos utilizables en construcción. Obtenido de Neumáticos fuera de uso:  
<http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/32/neumaticos-fuera-de-uso/valorizacion/306/propiedades-.html>

Ministerio de Industrias y Productividad. (2019, Abril 21). Ministerio de Industrias y Productividad BP. 073 – Enkador industrializa las botellas PET para

fabricar fibras sintéticas. Recuperado el 15 de mayo del 2019 de <https://www.industrias.gob.ec/bp-073-enkador-industrializa-las-botellas-pet-para-fabricar-fibras-sinteticas>

Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo ministerial 098. Instructivo para la gestión integral de neumáticos usados. Recuperado el 24 de abril del 2019 de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/255073/A.M.+098+Instructivo+para+la+GI+de+neum%C3%A1ticos+usados+06.08.2015.pdf/47b2c204-434a-4f90-a6eb-02c1c62c2e44>

Navarro Muedra, A. (2013). Influencia del ciclo de curado en las características a cizalladura de composites de alto gramaje con resinas vinil-uretano. Recuperado el 15 de mayo del 2019 de <https://riunet.upv.es/handle/10251/29959>

Osorio, J. J., Rocha, E., Romero, M., Altamirano, A., & Refugio, E. (2012). Caracterización de materiales compuestos a base de pet reciclado reforzado con 5 y 40% en peso de partículas de zinc (1), 11–20.

Quito, R. & Villafuerte, E. (2011). Planta de reciclado de polietilenterftalato (Universidad de Guayaquil. Facultad Ingeniería Química). Recuperado el 30 de abril de 2019 de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4681>

Sailema Moyolema, C. M. (2013). "Evaluación del comportamiento mecánico de un material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibras de tereftalato de polietileno y su posible aplicación industrial." Recuperado el 20 de abril de 2019 de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/25731?locale=de>

Santamarina, R. (2015). Caracterización de material compuesto PET-Vidrio. Recuperado el 30 de mayo de 2019 de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1839>

Serra Tojo, L. (2014). Del material al producto. Aplicación de un nuevo



biomaterial a un producto.

Stupenengo, F. (2011). Materiales y materias primas. Materiales y materias primas. Buenos aires: sn.

Virginie, M. (2011). Los caminos del reciclaje. NED Ediciones. Recuperado el 10 de febrero de 2019 de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Y7AeBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Los+caminos+del+reciclaje.+NED+Ediciones.&ots=Me5lz2Ln0v&sig=DKfZDlwJpBzFhghCT7ColQ2G3lg&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Los%20caminos%20del%20reciclaje.%20NED%20Ediciones.&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Y7AeBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Los+caminos+del+reciclaje.+NED+Ediciones.&ots=Me5lz2Ln0v&sig=DKfZDlwJpBzFhghCT7ColQ2G3lg&redir_esc=y#v=onepage&q=Los%20caminos%20del%20reciclaje.%20NED%20Ediciones.&f=false)

## **ANEXOS**



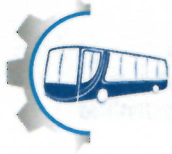
## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 171838042920190517-ETC	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Pedro José Quirola Troya.	
<b>Dirección:</b> Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1718380429	<b>Teléfono:</b> 0983877986
<b>E-mail:</b> pquirola@udlanet.ec	
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>	
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales	
<b>Designación del material:</b> Materiales compuestos con matriz de resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado.	
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D 3039/D 3039M Método de prueba estándar para propiedades de tracción de los materiales compuestos de matriz de polimérica.	

### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Matriz	Material de refuerzo	Probetas a Ensayar
1	171838042920190517-ETC 01	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 30%	5
2	171838042920190517-ETC 02	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 15% Caucho 15%	5
3	171838042920190517-ETC 03	Resina Poliéster 70%	Caucho 30%	5
<b>Total</b>				<b>15</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.

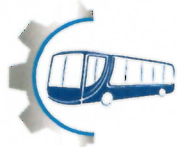


ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	171838042920190517-ETC 01-1	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
2	171838042920190517- ETC 01-2	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
3	171838042920190517- ETC 01-3	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
4	171838042920190517- ETC 01-4	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
5	171838042920190517- ETC 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
6	171838042920190517-ETC 02-1	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
7	171838042920190517- ETC 02-2	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
8	171838042920190517- ETC 02-3	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
9	171838042920190517- ETC 02-4	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
10	171838042920190517- ETC 02-5	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
11	171838042920190517-ETC 03-1	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
12	171838042920190517- ETC 03-2	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
13	171838042920190517- ETC 03-3	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
14	171838042920190517- ETC 03-4	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
15	171838042920190517- ETC 03-5	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Esteban López Espinel MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**  
**INFORME DE RESULTADOS N°: 171838042920190517-ETC**

**DATOS GENERALES**

**DATOS INFORMATIVOS:**

N° de proforma: RM\_2019\_031

Empresa / Cliente: Pedro José Quirola Troya.

RUC/C.I.: 1718380429

Ciudad: Quito.

Dirección: Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto.

Teléfono: 0983877986.

Correo: pquirola@udlanet.ec

**DATOS DEL ENSAYO:**

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.

Método de ensayo: ASTM D3039-2017: Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.

Tipo de ensayo: Cuantitativo

Tipo de probeta: Plana

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50KN

Modelo: MTE-50.

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 10 mm/min

Precarga: 0,01 N

Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/06/03

Fecha de Finalización de Ensayo: 2019/06/03

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de materiales compuestos con matriz de resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas**

N°	Identificación del grupo	Matriz	Material de refuerzo	Probetas a Ensayar
1	171838042920190517-ETC 01	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 30%	5
2	171838042920190517-ETC 02	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 15% Caucho 15%	5
3	171838042920190517-ETC 03	Resina Poliéster 70%	Caucho 30%	5
<b>Total</b>				<b>15</b>

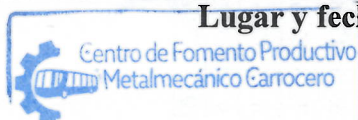
**Nota:** La fabricación y configuración de las probetas es declarada por el cliente.

**Observaciones:** Ninguna.

<b>Elaborado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López E. Mg. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y fecha de emisión de informe:** Ambato, 05 de abril de 2019

**N° de Factura:** 001-002-000007057



**Resultados:**

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor						
1	171838042920190517-ETC 01-1	24,1	58,1	24,92	4,56	571,17	5,03	111,20	4,52	LIT	
2	171838042920190517- ETC 01-2	24,1	58,1	24,95	4,85	553,81	4,58	118,57	3,86	LAT	
3	171838042920190517- ETC 01-3	24,1	58,1	26,33	4,60	433,90	3,58	92,00	3,89	LAT	
4	171838042920190517- ETC 01-4	24,1	58,1	25,23	4,78	470,19	3,90	88,21	4,42	GAT	
5	171838042920190517- ETC 01-5	24,1	58,1	25,01	5,47	842,55	6,16	149,56	4,12	LAT	
				Promedio $\bar{X}$		574,324	4,649	111,907	4,162		
				Desviación estándar $S_{n-1}$		160,420	1,016	24,599	0,300		
				Coeficiente de variación $CV$		27,932	21,852	21,981	7,204		

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor						
6	171838042920190517-ETC 02-1	22,6	53,3	25,39	5,42	325,03	2,36	68,14	3,47	LAT	
7	171838042920190517- ETC 02-2	22,6	53,3	25,5	5,33	366,05	2,69	62,93	4,28	LAT	
8	171838042920190517- ETC 02-3	22,6	53,3	25,78	4,79	280,85	2,27	54,75	4,15	LGM	
9	171838042920190517- ETC 02-4	22,6	53,3	25,86	5,36	367,63	2,65	68,78	3,86	LAT	
10	171838042920190517- ETC 02-5	22,6	53,3	24,51	4,55	274,54	2,46	64,11	3,84	LAT	
				Promedio $\bar{X}$		322,820	2,489	63,741	3,919		
				Desviación estándar $S_{n-1}$		44,649	0,181	5,621	0,316		
				Coeficiente de variación $CV$		13,831	7,281	8,818	8,075		



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor						
6	171838042920190517-ETC 03-1	23,5	54,8	22,81	7,26	295,05	1,78	54,69	3,26	LGM	
7	171838042920190517- ETC 03-2	23,5	54,8	23,09	6,69	320,29	2,07	45,71	4,54	LGM	
8	171838042920190517- ETC 03-3	23,5	54,8	23,01	6,51	336,07	2,24	54,48	4,12	LAT	
9	171838042920190517- ETC 03-4	23,5	54,8	24,71	5,56	277,69	2,02	47,18	4,28	LGM	
10	171838042920190517- ETC 03-5	23,5	54,8	22,98	7,25	348,69	2,09	30,52	6,86	LGM	
				Promedio $\bar{X}$		315,558	2,043	46,515	4,611		
				Desviación estándar $S_{n-1}$		29,135	0,168	9,839	1,345		
				Coeficiente de variación $CV$		9,233	8,206	21,152	29,169		

**Nomenclatura:**

**Tipo de falla evaluado:** El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D3039-2017.

Primer carácter	Tipo de falla	Segundo carácter	Área de la falla	Tercer carácter	Localización de falla
L	Lateral	A	En el agarre	T	Parte superior
G	Agarre	I	Dentro del agarre	U	Desconocido
A	Angular	G	Zona calibrada	M	Medio



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 171838042920190517-ETC
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa / Cliente:</b> Pedro José Quirola Troya.
<b>Dirección:</b> Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto.
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1718380429
<b>E-mail:</b> pquirola@udlanet.ec
<b>Teléfono:</b> 0983877986

**DATOS INFORMATIVOS**

**Laboratorio:** Resistencia de Materiales.

**Designación del material:**

Materiales compuestos con matriz de resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado.

**Método de ensayo:** ASTM D 3039/D 3039M Método de prueba estándar para propiedades de tracción de los materiales compuestos de matriz de polímero.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	171838042920190517-ETC 01-1	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
2	171838042920190517- ETC 01-2	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
3	171838042920190517- ETC 01-3	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
4	171838042920190517- ETC 01-4	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
5	171838042920190517- ETC 01-5	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	





N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	171838042920190517-ETC 02-1	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
7	171838042920190517- ETC 02-2	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
8	171838042920190517- ETC 02-3	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
9	171838042920190517- ETC 02-4	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
10	171838042920190517- ETC 02-5	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
11	171838042920190517-ETC 03-1	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
12	171838042920190517- ETC 03-2	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
13	171838042920190517- ETC 03-3	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
14	171838042920190517- ETC 03-4	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
15	171838042920190517- ETC 03-5	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Todas las muestras de cada grupo ensayado por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

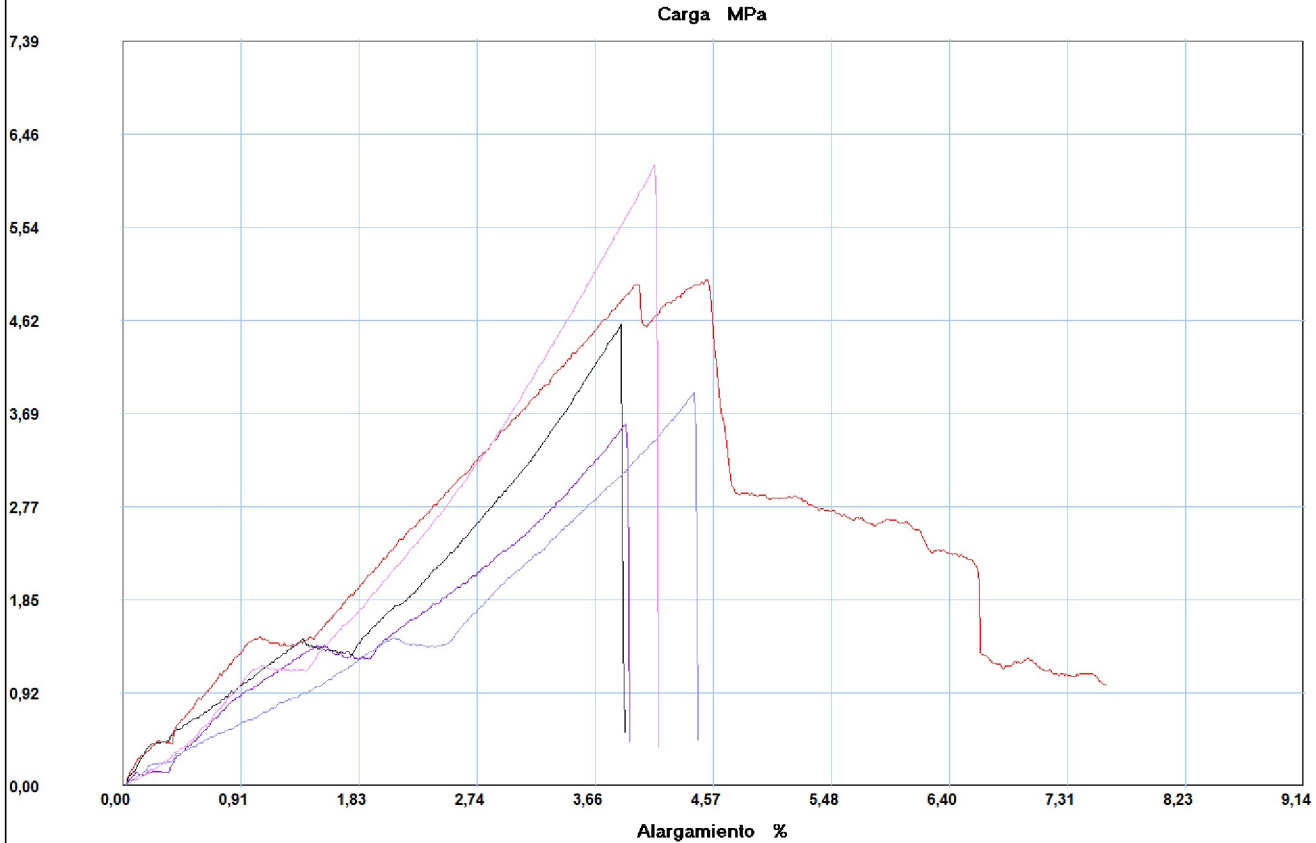
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Galarza Chacón Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ETC 01**  
**TRACCION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D3039  
 Fecha : 31/05/2019  
 Hora : 15:36:59  
 Temperatura : 24,1  
 H.R.% : 58,1  
 Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
■ 1	571,17	140,42	5,03	1,24
■ 2	553,81	74,16	4,58	0,61
■ 3	433,90	44,18	3,59	0,37
■ 4	470,19	45,76	3,90	0,38
■ 5	842,55	58,38	6,16	0,43
Media	574,324	72,580	4,649	0,604
Desv. Std	160,420	39,788	1,013	0,367
Coef. V.	0,279	0,548	0,218	0,607
+3 Sigma	1055,585	191,943	7,690	1,704

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

## Velocidades

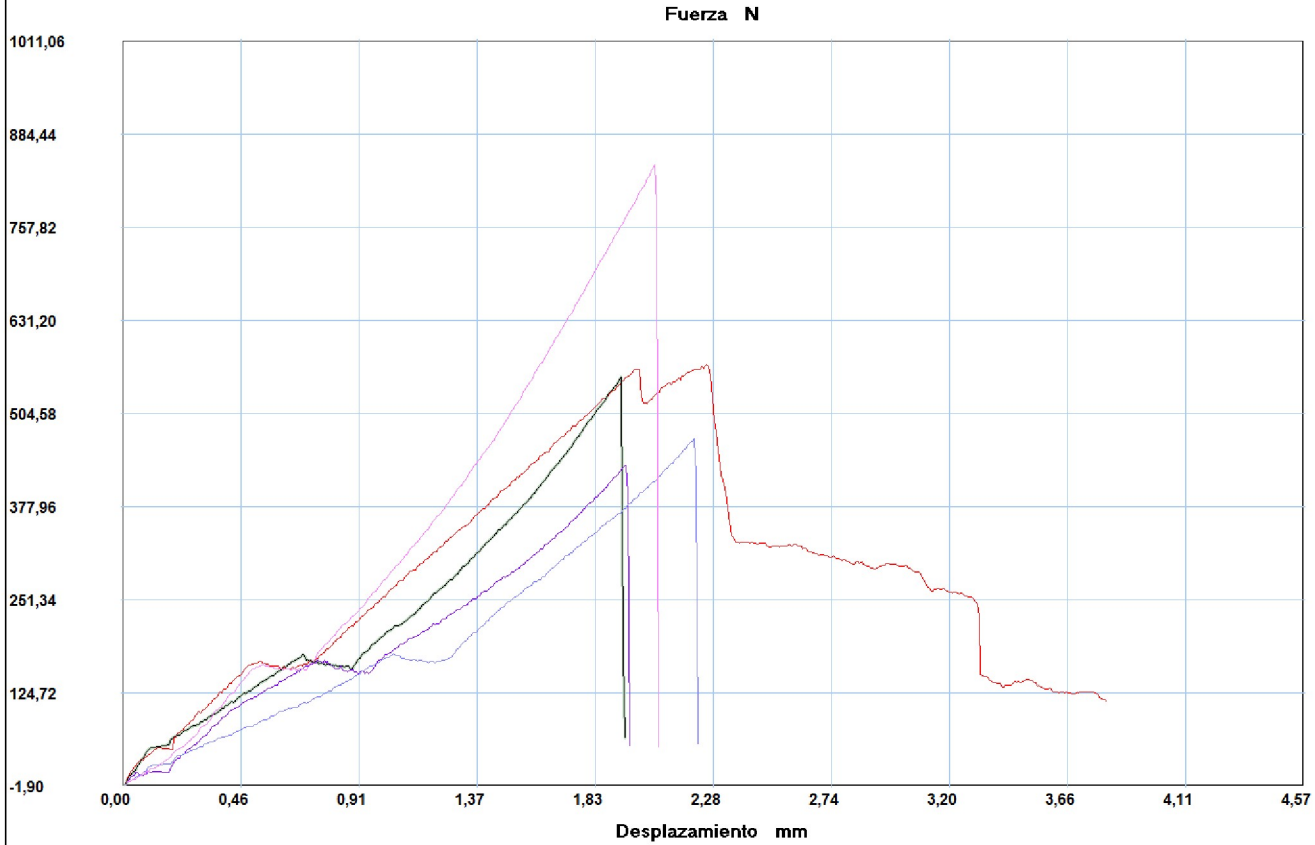
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ETC 01**  
**TRACCION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D3039  
 Fecha : 31/05/2019  
 Hora : 15:36:59  
 Temperatura : 24,1  
 H.R.% : 58,1  
 Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
1	571,17	140,42	5,03	1,24
2	553,81	74,16	4,58	0,61
3	433,90	44,18	3,59	0,37
4	470,19	45,76	3,90	0,38
5	842,55	58,38	6,16	0,43
Media	574,324	72,580	4,649	0,604
Desv. Std	160,420	39,788	1,013	0,367
Coef. V.	0,279	0,548	0,218	0,607
+3 Sigma	1055,585	191,943	7,690	1,704

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

## Velocidades

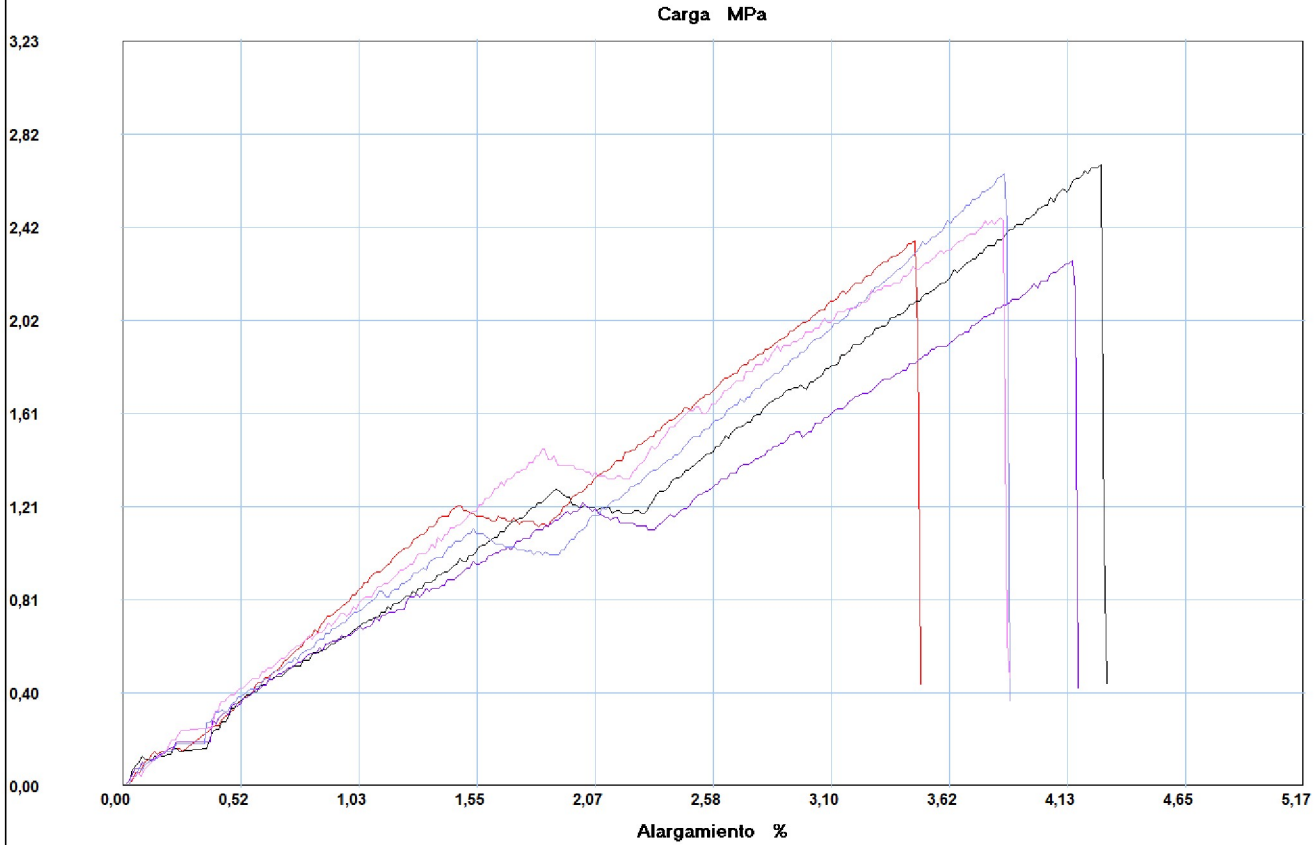
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ETC 02**  
**TRACCION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
Cliente :  
Calidad :  
Operario : A Tecnico 1  
Norma : ASTM D3039  
Fecha : 03/06/2019  
Hora : 14:34:32  
Temperatura : 22,6  
H.R.% : 53,3  
Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
■ 1	325,03	39,44	2,36	0,29
■ 2	366,05	50,49	2,69	0,37
■ 3	280,85	44,18	2,27	0,36
■ 4	367,63	48,91	2,65	0,35
■ 5	274,54	44,18	2,46	0,40
Media	322,820	45,440	2,488	0,353
Desv. Std	44,649	4,379	0,180	0,041
Coef. V.	0,138	0,096	0,072	0,115
+3 Sigma	456,767	58,578	3,027	0,475

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

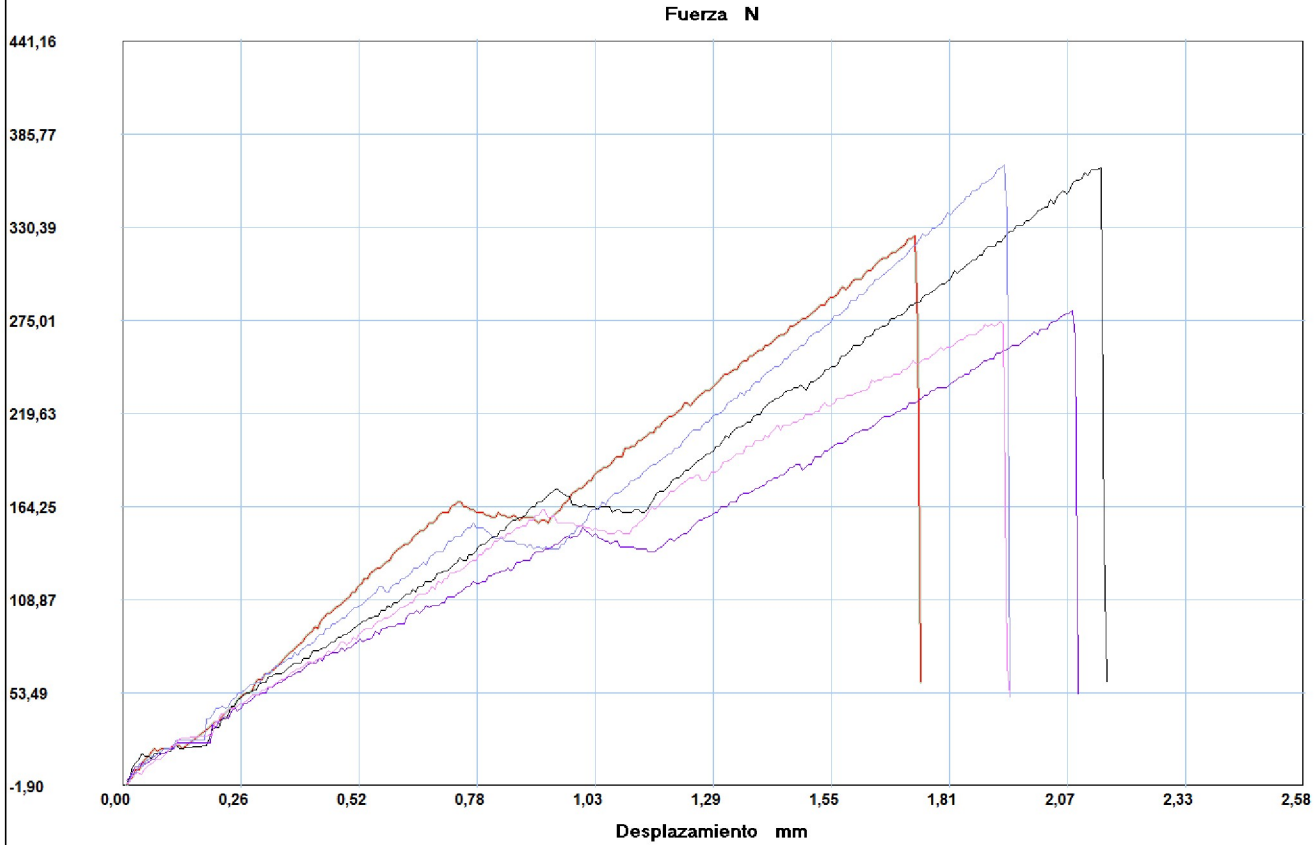


**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ETC 02**  
**TRACCION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D3039  
 Fecha : 03/06/2019  
 Hora : 14:34:32  
 Temperatura : 22,6  
 H.R.% : 53,3  
 Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
1	325,03	39,44	2,36	0,29
2	366,05	50,49	2,69	0,37
3	280,85	44,18	2,27	0,36
4	367,63	48,91	2,65	0,35
5	274,54	44,18	2,46	0,40
Media	322,820	45,440	2,488	0,353
Desv. Std	44,649	4,379	0,180	0,041
Coef. V.	0,138	0,096	0,072	0,115
+3 Sigma	456,767	58,578	3,027	0,475

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

## Velocidades

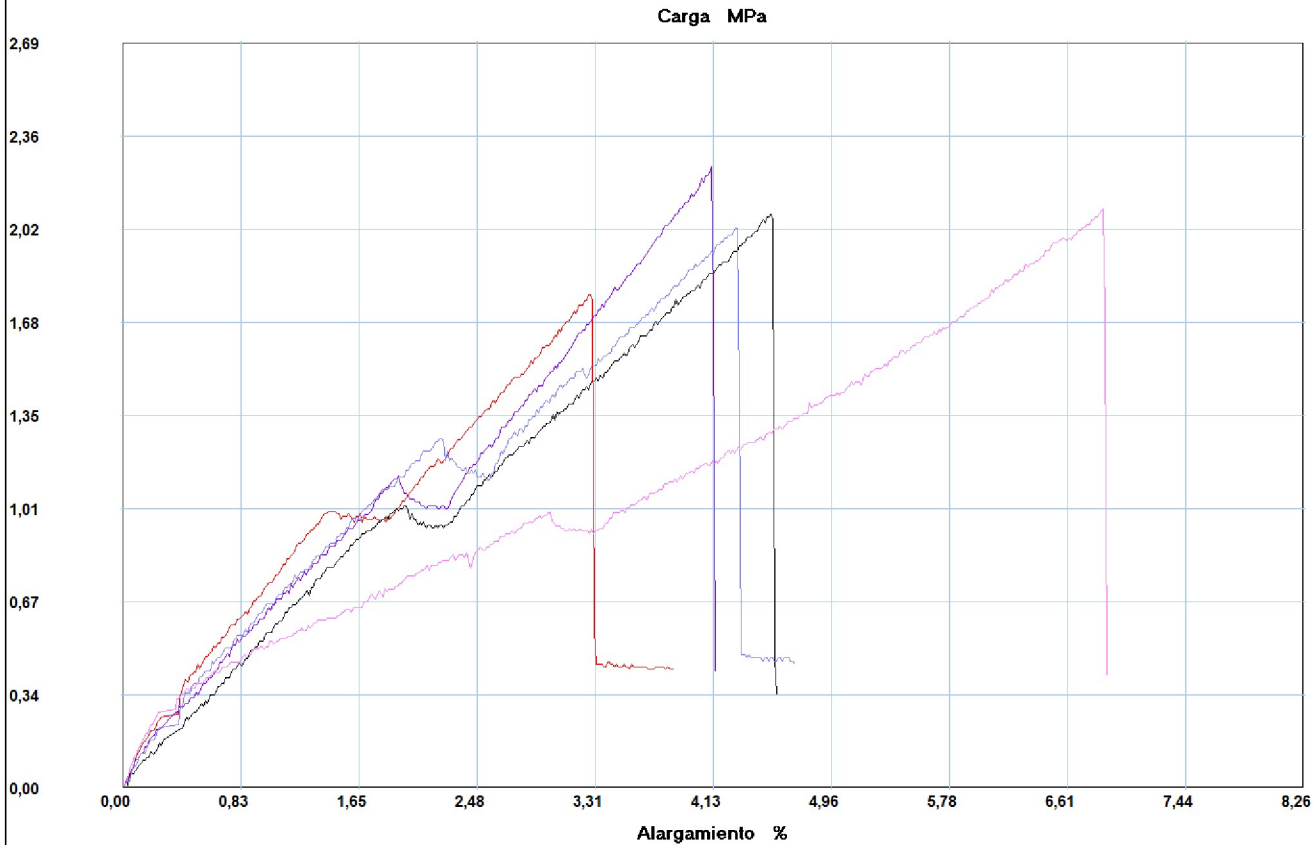
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ETC 03**  
**TRACCION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
Cliente :  
Calidad :  
Operario : A Tecnico 1  
Norma : ASTM D3039  
Fecha : 03/06/2019  
Hora : 15:14:48  
Temperatura : 23,5  
H.R.% : 54,8  
Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
1	295,05	67,84	1,78	0,41
2	320,29	45,76	2,07	0,30
3	336,07	52,07	2,24	0,35
4	277,69	56,80	2,02	0,41
5	348,69	75,73	2,09	0,45
Media	315,558	59,640	2,043	0,384
Desv. Std	29,135	12,085	0,168	0,062
Coef. V.	0,092	0,203	0,082	0,162
+3 Sigma	402,963	95,894	2,545	0,571

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

## Velocidades

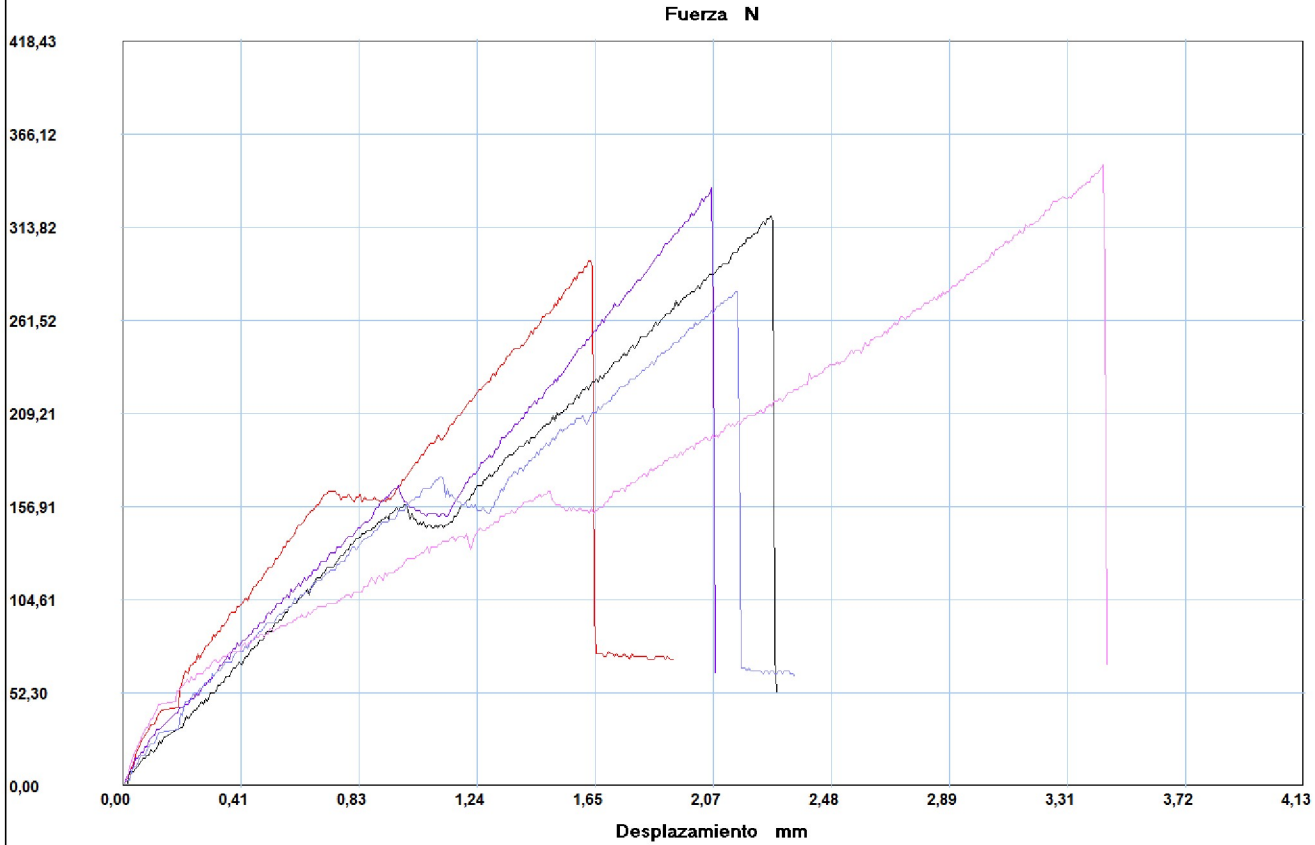
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**ETC 03**  
**TRACCION**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
Cliente :  
Calidad :  
Operario : A Tecnico 1  
Norma : ASTM D3039  
Fecha : 03/06/2019  
Hora : 15:14:48  
Temperatura : 23,5  
H.R.% : 54,8  
Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa
1	295,05	67,84	1,78	0,41
2	320,29	45,76	2,07	0,30
3	336,07	52,07	2,24	0,35
4	277,69	56,80	2,02	0,41
5	348,69	75,73	2,09	0,45
Media	315,558	59,640	2,043	0,384
Desv. Std	29,135	12,085	0,168	0,062
Coef. V.	0,092	0,203	0,082	0,162
+3 Sigma	402,963	95,894	2,545	0,571

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min



## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 171838042920190517-EFC	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Pedro José Quirola Troya.	
<b>Dirección:</b> Julio Zaldumbide y García Mogrovejo.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1718380429	<b>Teléfono:</b> 0983877986.
<b>E-mail:</b> pquirola@udlanet.ec	
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>	
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.	
<b>Designación del material:</b> Materiales compuestos de matriz polimérica.	
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D7264-2015: Método de prueba estándar para propiedades de flexión de materiales compuestos de matriz de polímero.	

### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Matriz	Material de refuerzo	Probetas a Ensayar
1	171838042920190517-EFC 01	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 30%	5
2	171838042920190517-EFC 02	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 15% Caucho 15%	5
3	171838042920190517-EFC 03	Resina Poliéster 70%	Caucho 30%	5
<b>Total</b>				<b>15</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



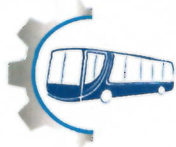
ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	171838042920190517-EFC 01-1	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
2	171838042920190517- EFC 01-2	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
3	171838042920190517- EFC 01-3	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
4	171838042920190517- EFC 01-4	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
5	171838042920190517- EFC 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
6	171838042920190517- EFC 02-1	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
7	171838042920190517- EFC 02-2	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
8	171838042920190517- EFC 02-3	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
9	171838042920190517- EFC 02-4	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
10	171838042920190517- EFC 02-5	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
11	171838042920190517- EFC 03-1	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
12	171838042920190517- EFC 03-2	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
13	171838042920190517- EFC 03-3	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
14	171838042920190517- EFC 03-4	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019
15	171838042920190517- EFC 03-5	Cumple con los criterios dimensionales	17/05/2019

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Esteban López Espinel MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	





**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 171838042920190517-EFC**

**DATOS GENERALES**

**DATOS INFORMATIVOS:**

N° de proforma: RM\_2019\_031

Empresa / Cliente: Pedro José Quirola Troya.

RUC/C.I.: 1718380429

Ciudad: Quito.

Dirección: Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto. Teléfono: 0983877986.

Correo: pquirola@udlanet.ec

**DATOS DEL ENSAYO:**

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.

Método de ensayo: ASTM D7264-2015: Método de prueba estándar para propiedades de flexión de materiales compuestos de matriz de polímero.

Tipo de ensayo: Cuantitativo

Procedimiento: A

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN

Modelo: MTE 50.

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 10 mm/min. Precarga: 0,01 N. Distancia entre apoyos: 128 mm

Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/05/23 Fecha de Finalización de Ensayo: 2019/05/03

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de materiales compuestos con matriz de resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas**

N°	Identificación del grupo	Matriz	Material de refuerzo	Probetas a Ensayar
1	171838042920190517-EFC 01	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 30%	5
2	171838042920190517-EFC 02	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 15% Caucho 15%	5
3	171838042920190517-EFC 03	Resina Poliéster 70%	Caucho 30%	5
<b>Total</b>				<b>15</b>

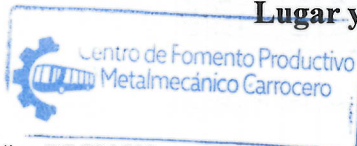
**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.

**Observaciones:** Ninguna.

<b>Elaborado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y fecha de emisión de informe:** Ambato, 05 de junio de 2019

**N°. de Factura:** 001-002-000007057





**Resultados:**

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
1	171838042920190517-EFC 01-1	27,5	40,5	11,74	4,08	9,47	1,846	9,30	3373,18	0,28	OAB	
2	171838042920190517-EFC 01-2	27,5	40,5	13,97	4,57	12,62	1,805	8,30	2749,20	0,30	OAB	
3	171838042920190517-EFC 01-3	27,5	40,5	12,62	4,70	15,78	1,520	10,87	4154,13	0,26	OAB	
4	171838042920190517-EFC 01-4	27,5	40,5	13,23	3,80	14,20	1,668	14,27	6148,25	0,23	OAB	
5	171838042920190517-EFC 01-5	27,5	40,5	14,00	5,21	23,67	3,109	11,96	2016,07	0,59	OAB	
				Promedio $\bar{X}$		15,148	1,99	10,94	3688,17		0,33	
				Desviación estándar $S_{n-1}$		5,305	0,64	2,33	1584,76		0,15	
				Coeficiente de variación CV		35,018	32,10	21,32	42,97		44,34	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
6	171838042920190517-EFC 02-1	28,7	37,5	11,85	4,12	12,62	4,147	12,05	1925,24	0,63	OAB	
7	171838042920190517-EFC 02-2	28,7	37,5	11,94	4,07	11,04	5,048	10,72	1424,40	0,75	OAB	
8	171838042920190517-EFC 02-3	28,7	37,5	11,93	4,04	12,62	9,158	12,44	918,43	1,35	OAB	
9	171838042920190517-EFC 02-4	28,7	37,5	11,80	4,90	12,62	7,403	8,55	643,80	1,33	OAB	
10	171838042920190517-EFC 02-5	28,7	37,5	11,82	4,89	9,47	2,913	6,43	1233,21	0,52	OAB	
				Promedio $\bar{X}$		11,674	5,73	10,04	1229,01		0,92	
				Desviación estándar $S_{n-1}$		1,409	2,52	2,52	490,37		0,40	
				Coeficiente de variación CV		12,072	44,00	25,14	39,90		43,27	

Próbeta	Identificación de próbeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
11	171838042920190517- EFC 03-1	29,7	35,7	13,07	3,19	7,89	3,535	11,39	2758,10	0,41	OAB	
12	171838042920190517- EFC 03-2	29,7	35,7	12,56	3,35	12,62	6,147	17,19	2279,51	0,75	OAB	
13	171838042920190517- EFC 03-3	29,7	35,7	13,26	3,90	6,31	14,261	6,01	294,93	2,04	OAB	
14	171838042920190517- EFC 03-4	29,7	35,7	12,02	5,15	11,04	6,423	6,65	548,88	1,21	OAB	
15	171838042920190517- EFC 03-5	29,7	35,7	13,07	4,44	7,89	7,788	5,88	464,30	1,27	OAB	
				Promedio $\bar{X}$		9,150	7,63	9,42	1269,14		1,14	
				Desviación estándar $S_{n-1}$		2,591	4,01	4,90	1156,88		0,61	
				Coeficiente de variación CV		28,317	52,59	52,02	91,15		53,94	

### Nomenclatura de tipo de falla evaluado:

El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D7264-2015.

Primer carácter	Segundo carácter	Área de falla	Tercer carácter	Ubicación de falla
O	A	En el punto de carga	B	Fondo
Otros	L	Entre la carga y el punto de apoyo	V	Varios
	U	No conocido	R	Derecha
			M	Medio
			U	Desconocido
			L	Izquierda
			T	Parte superior



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 171838042920190517-EFC
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa / Cliente:</b> Pedro José Quirola Troya.
<b>Dirección:</b> Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto.
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1718380429
<b>Teléfono:</b> 0983877986.
<b>E-mail:</b> pquirola@udlanet.ec

**DATOS INFORMATIVOS**

**Laboratorio:** Resistencia de Materiales.

**Designación del material:**

Materiales compuestos con matriz de resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado.

**Método de ensayo:** ASTM D7264-2015: Método de prueba estándar para propiedades de flexión de materiales compuestos de matriz de polímero.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	171838042920190517-EFC 01-1	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
2	171838042920190517- EFC 01-2	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
3	171838042920190517- EFC 01-3	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
4	171838042920190517- EFC 01-4	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
5	171838042920190517- EFC 01-5	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	171838042920190517- EFC 02-1	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
7	171838042920190517- EFC 02-2	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
8	171838042920190517- EFC 02-3	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
9	171838042920190517- EFC 02-4	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
10	171838042920190517- EFC 02-5	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
11	171838042920190517- EFC 03-1	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
12	171838042920190517- EFC 03-2	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
13	171838042920190517- EFC 03-3	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
14	171838042920190517- EFC 03-4	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	
15	171838042920190517- EFC 03-5	17/05/2019	03/06/2019	Cliente	Se entrega al cliente.	



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Todas las muestras de cada grupo ensayado por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Galarza Chacón Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

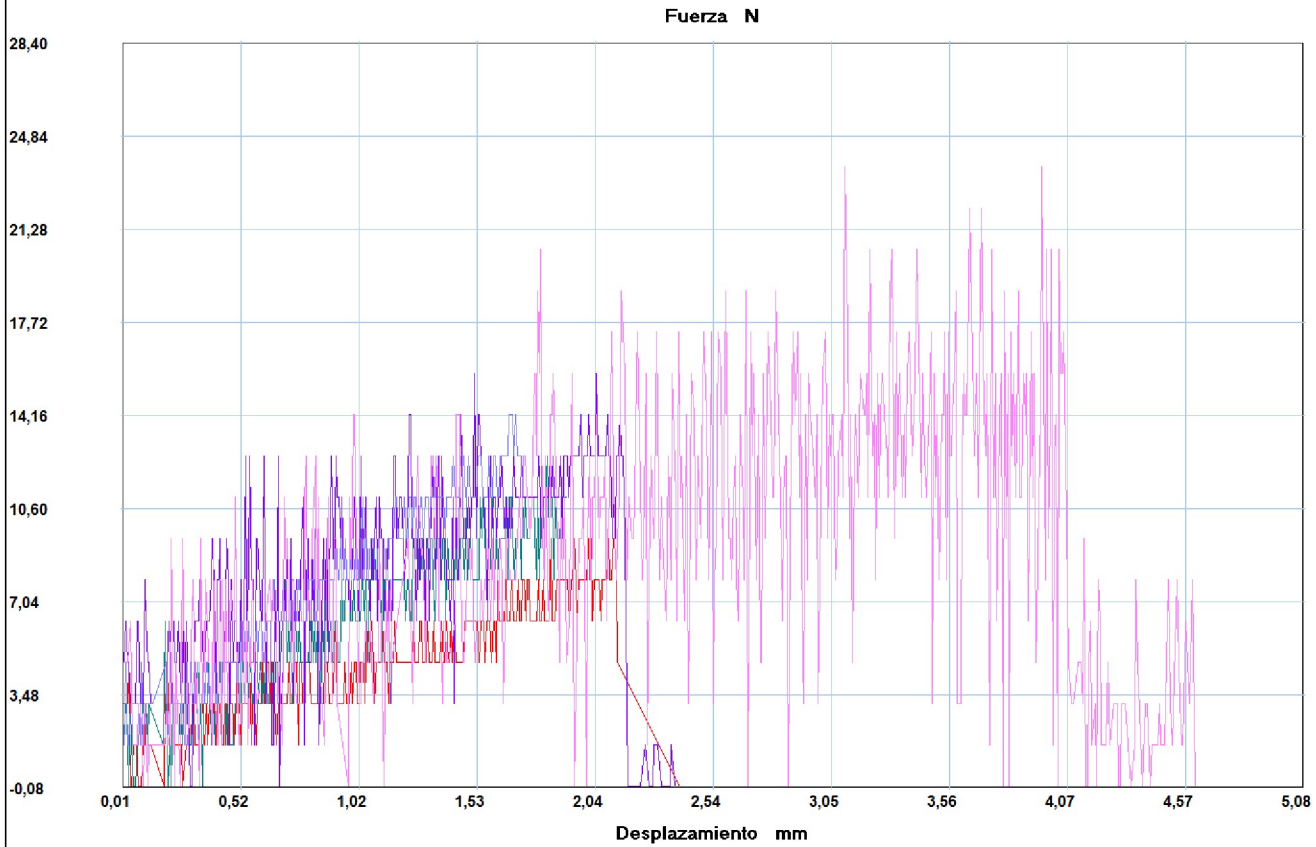
**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC 01**  
**FLEXION 3P**



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero

Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
Cliente :  
Calidad :  
Operario : A Tecnico 1  
Norma : ASTM D7264  
Fecha : 22/05/2019  
Hora : 9:38:29  
Temperatura : 27,5  
H.R.% : 40,5  
Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N
1	9,47
2	12,62
3	15,78
4	14,20
5	23,67

Media 15,148  
Desv. Std 5,305  
Coef. V. 0,350  
+3 Sigma 31,062

## Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	5000,00	N
Limite Desplazamiento	=	1000,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	50,00	mm/min

## Cálculos

Distancia Apoyos	=	120,00	mm
------------------	---	--------	----

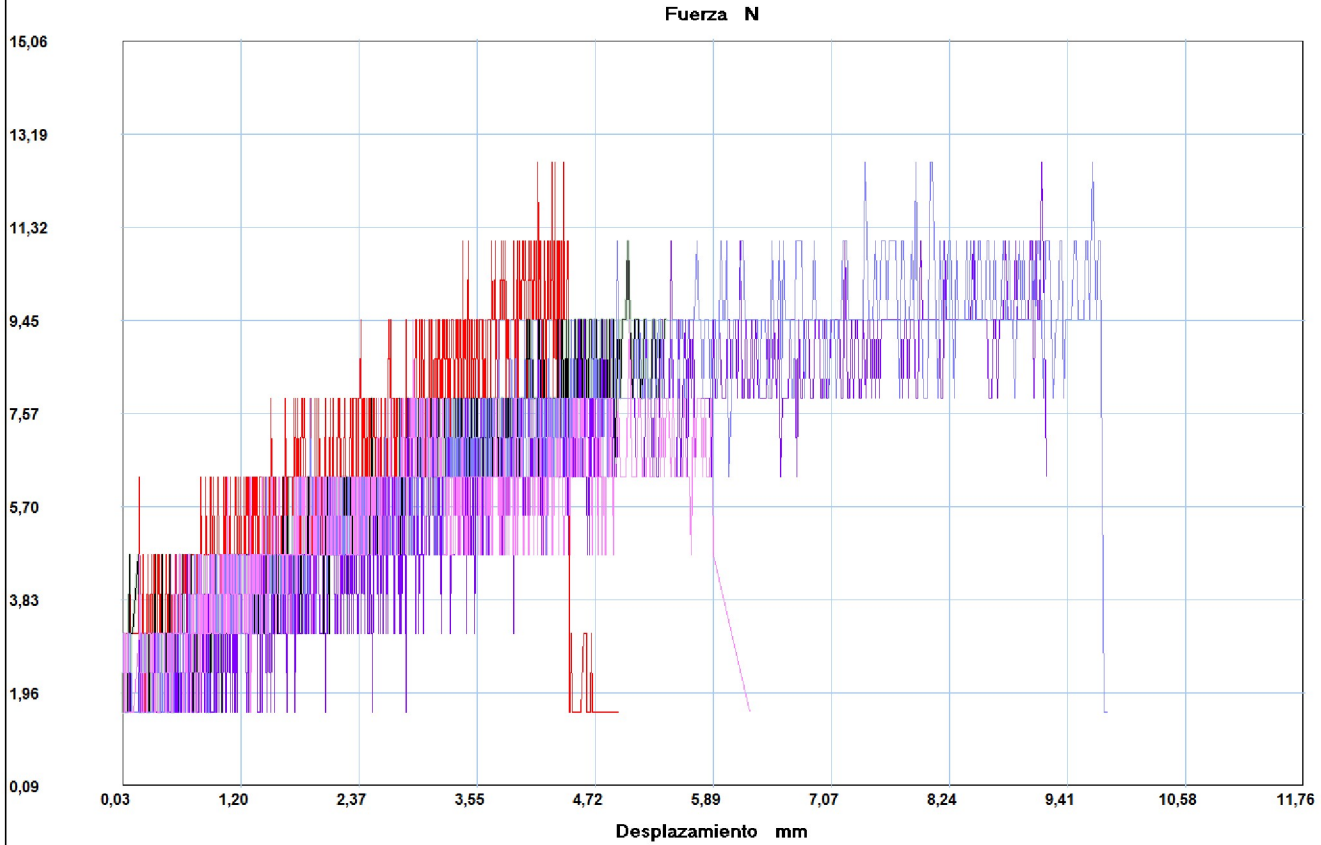


**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC 02**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
Cliente :  
Calidad :  
Operario : A Tecnico 1  
Norma : ASTM D7264  
Fecha : 22/05/2019  
Hora : 10:02:30  
Temperatura : 28,7  
H.R.% : 37,5  
Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N
■ 1	12,62
■ 2	11,04
■ 3	12,62
■ 4	12,62
■ 5	9,47

Media 11,674  
Desv. Std 1,409  
Coef. V. 0,121  
+3 Sigma 15,902

## Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	5000,00	N
Limite Desplazamiento	=	1000,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	50,00	mm/min

## Cálculos

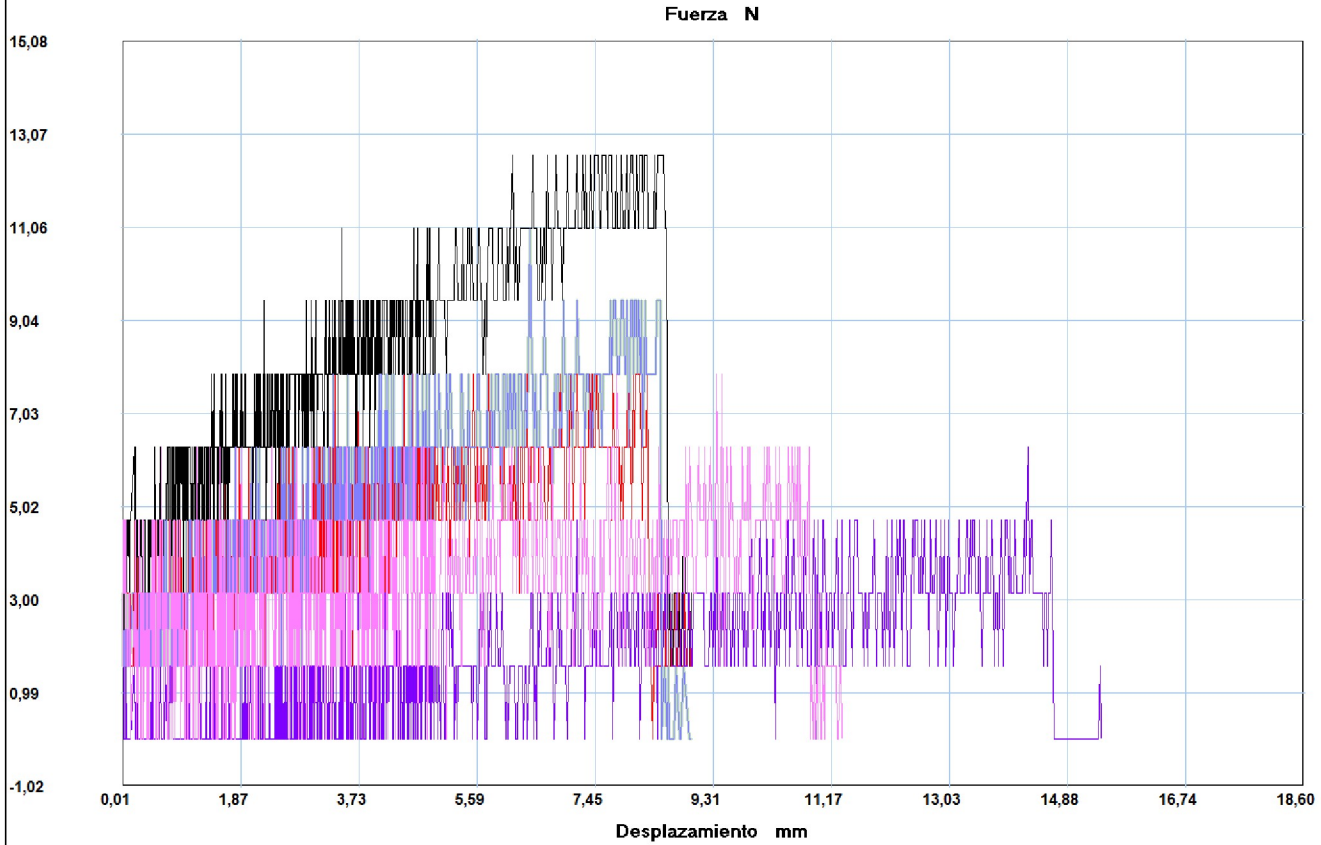
Distancia Apoyos	=	120,00	mm
------------------	---	--------	----

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC 03**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MATERIAL COMPUESTO  
Cliente :  
Calidad :  
Operario : A Tecnico 1  
Norma : ASTM D7264  
Fecha : 22/05/2019  
Hora : 10:14:25  
Temperatura : 29,7  
H.R.% : 35,7  
Pedido : 171838042920190517



Probeta	FMax N
■ 1	7,89
■ 2	12,62
■ 3	6,31
■ 4	11,04
■ 5	7,89

Media 9,150  
Desv. Std 2,591  
Coef. V. 0,283  
+3 Sigma 16,923

## Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	5000,00	N
Limite Desplazamiento	=	1000,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	50,00	mm/min

## Cálculos

Distancia Apoyos	=	120,00	mm
------------------	---	--------	----



## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

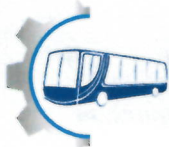
<b>Informe N°:</b> 171838042920190517-EIP	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Pedro José Quirola Troya.	
<b>Dirección:</b> Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto, Quito.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1718380429	<b>Teléfono:</b> 0983877986
<b>E-mail:</b> pquirola@udlanet.ec	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales
<b>Designación del material:</b> Material compuesto con matriz de Resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado.
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D6110 – 18: Método de prueba estándar para determinar la resistencia al impacto Charpy de muestras entalladas de Plásticos.

### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Matriz	Material de refuerzo	Probetas a Ensayar
1	171838042920190517-EIP 01	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 30%	5
2	171838042920190517-EIP 02	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 15% Caucho 15%	5
3	171838042920190517-EIP 03	Resina Poliéster 70%	Caucho 30%	5
			<b>Total</b>	<b>15</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.

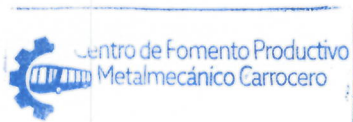


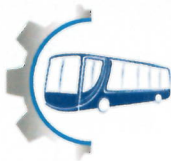
ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	171838042920190517-EIP 01-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
2	171838042920190517-EIP 01-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
3	171838042920190517-EIP 01-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
4	171838042920190517-EIP 01-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
5	171838042920190517-EIP 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
6	171838042920190517-EIP 02-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
7	171838042920190517-EIP 02-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
8	171838042920190517-EIP 02-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
9	171838042920190517-EIP 02-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
10	171838042920190517-EIP 02-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
11	171838042920190517-EIP 03-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
12	171838042920190517-EIP 03-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
13	171838042920190517-EIP 03-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
14	171838042920190517-EIP 03-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19
15	171838042920190517-EIP 03-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/05/19

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC





**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES PLÁSTICOS.**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 171838042920190517-EIP**

**DATOS GENERALES**

**Datos informativos:**

**N° de proforma:** RM\_2019\_031.

**Empresa / Cliente:** Pedro José Quirola Troya.

**RUC/C.I.:** 1718380429

**Ciudad:** Quito.

**Dirección:** Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto. **Teléfono:** 0983877986.

**Correo:** pquirola@udlanet.ec.

**Datos del ensayo**

**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.

**Dirección:** Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.

**Método de ensayo:** ASTM D6110-18: Método de prueba estándar para determinar la resistencia al impacto Charpy de muestras entalladas de Plásticos.

**Tipo de ensayo:** Cuantitativo

**Capacidad del péndulo, (J):** 2,75

**Horas de acondicionamiento (luego del entalle):** No aplica acondicionamiento.

**Equipo utilizado:** Máquina ensayo impacto Charpy **Modelo:** IC-25/IA **Serie:** 1986M002

**Distancia entre yunques:** 101.6 mm.

**Muesca de la probeta:** "V".

**Fecha de Inicio de Ensayo:** 2019/05/22. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/05/22.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de materiales compuestos con matriz de resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas:**

N°	Identificación del grupo	Matriz	Material de refuerzo	Probetas a Ensayar
1	171838042920190517-EIP 01	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 30%	5
2	171838042920190517-EIP 02	Resina Poliéster 70%	PET reciclado 15% Caucho 15%	5
3	171838042920190517-EIP 03	Resina Poliéster 70%	Caucho 30%	5
			<b>Total</b>	15

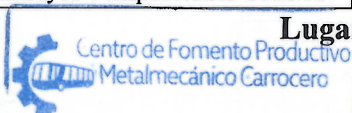
**Observaciones:** Ninguna.

**Nota:** Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita y certificada del ente emisor.

<b>Elaborado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y fecha de emisión de Informe:** Ambato, 03 de junio de 2019.

**N°. Factura:** 001-002-000007057.



**RESULTADOS:**

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm.		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (U/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m <sup>2</sup> )
				Ancho	Espesor			
1	171838042920190517-EIP 01-1	26,5	47,4	4,67	10,9	0,06	12,85	1,18
2	171838042920190517-EIP 01-2	26,5	47,4	4,53	11,31	0,08	17,66	1,56
3	171838042920190517-EIP 01-3	26,5	47,4	4,25	11,27	0,15	35,29	3,13
4	171838042920190517-EIP 01-4	26,5	47,4	5,05	11,34	0,14	27,72	2,44
5	171838042920190517-EIP 01-5	26,5	47,4	5,39	10,72	0,12	22,26	2,08
				Promedio $\bar{X}$		0,110	23,158	2,079
				Desviación estándar $S_{n-1}$		0,039	8,739	0,762
				Coeficiente de variación CV		35,209	37,735	36,640

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm.		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (U/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m <sup>2</sup> )
				Ancho	Espesor			
6	171838042920190517-EIP 02-1	27,1	39,9	5,41	10,61	0,06	11,09	1,05
7	171838042920190517-EIP 02-2	27,1	39,9	5,13	11,52	0,07	13,65	1,18
8	171838042920190517-EIP 02-3	27,1	39,9	5,43	11,34	0,08	14,73	1,30
9	171838042920190517-EIP 02-4	27,1	39,9	5,31	11,22	0,12	22,60	2,01
10	171838042920190517-EIP 02-5	27,1	39,9	5,44	10,49	0,14	25,74	2,45
				Promedio $\bar{X}$		0,094	17,561	1,599
				Desviación estándar $S_{n-1}$		0,034	6,273	0,606
				Coeficiente de variación CV		36,544	35,721	37,912



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm.		Energía de ruptura (U)	Resistencia al impacto, (U/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m <sup>2</sup> )
				Ancho	Espesor			
11	171838042920190517-EIP 03-1	27,5	38,7	5,22	10,41	0,13	24,90	2,39
12	171838042920190517-EIP 03-2	27,5	38,7	6,06	10,58	0,12	19,80	1,87
13	171838042920190517-EIP 03-3	27,5	38,7	5,76	11,06	0,05	8,68	0,78
14	171838042920190517-EIP 03-4	27,5	38,7	5,65	10,21	0,06	10,62	1,04
15	171838042920190517-EIP 03-5	27,5	38,7	5,14	11,03	0,09	17,51	1,59
				Promedio $\bar{X}$		0,090	16,303	1,535
				Desviación estándar $S_{n-1}$		0,035	6,672	0,644
				Coeficiente de variación CV		39,284	40,927	41,944



**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

<b>Informe N°:</b> 171838042920190517-EIP
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa / Cliente:</b> Pedro José Quirola Troya.
<b>Dirección:</b> Calle G-N-49-59 y Manuel Valdiviezo, Pinar Alto, Quito.
<b>Núm. de cédula/RUC:</b> 1718380429
<b>E-mail:</b> pquirola@udlanet.ec
<b>TELÉFONO:</b> 0983877986

**DATOS INFORMATIVOS**

**Laboratorio:** Resistencia de Materiales

**Designación del material:** Material compuesto con matriz de Resina Poliéster con refuerzo de Caucho y PET reciclado.

**Método de ensayo:** ASTM D6110-18: Método de prueba estándar para determinar la resistencia al impacto Charpy de muestras entalladas de Plásticos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	171838042920190517-EIP 01-1	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
2	171838042920190517-EIP 01-2	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
3	171838042920190517-EIP 01-3	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
4	171838042920190517-EIP 01-4	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
5	171838042920190517-EIP 01-5	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	171838042920190517-EIP 02-1	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
7	171838042920190517-EIP 02-2	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
8	171838042920190517-EIP 02-3	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
9	171838042920190517-EIP 02-4	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
10	171838042920190517-EIP 02-5	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
11	171838042920190517-EIP 03-1	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
12	171838042920190517-EIP 03-2	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
13	171838042920190517-EIP 03-3	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
14	171838042920190517-EIP 03-4	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	
15	171838042920190517-EIP 03-5	2019/05/19	2019/06/04	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las probetas ensayadas por acuerdo, son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Galarza Mg.	<b>Aprobado por:</b> Ing. Esteban López Espinel MEng.	
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	



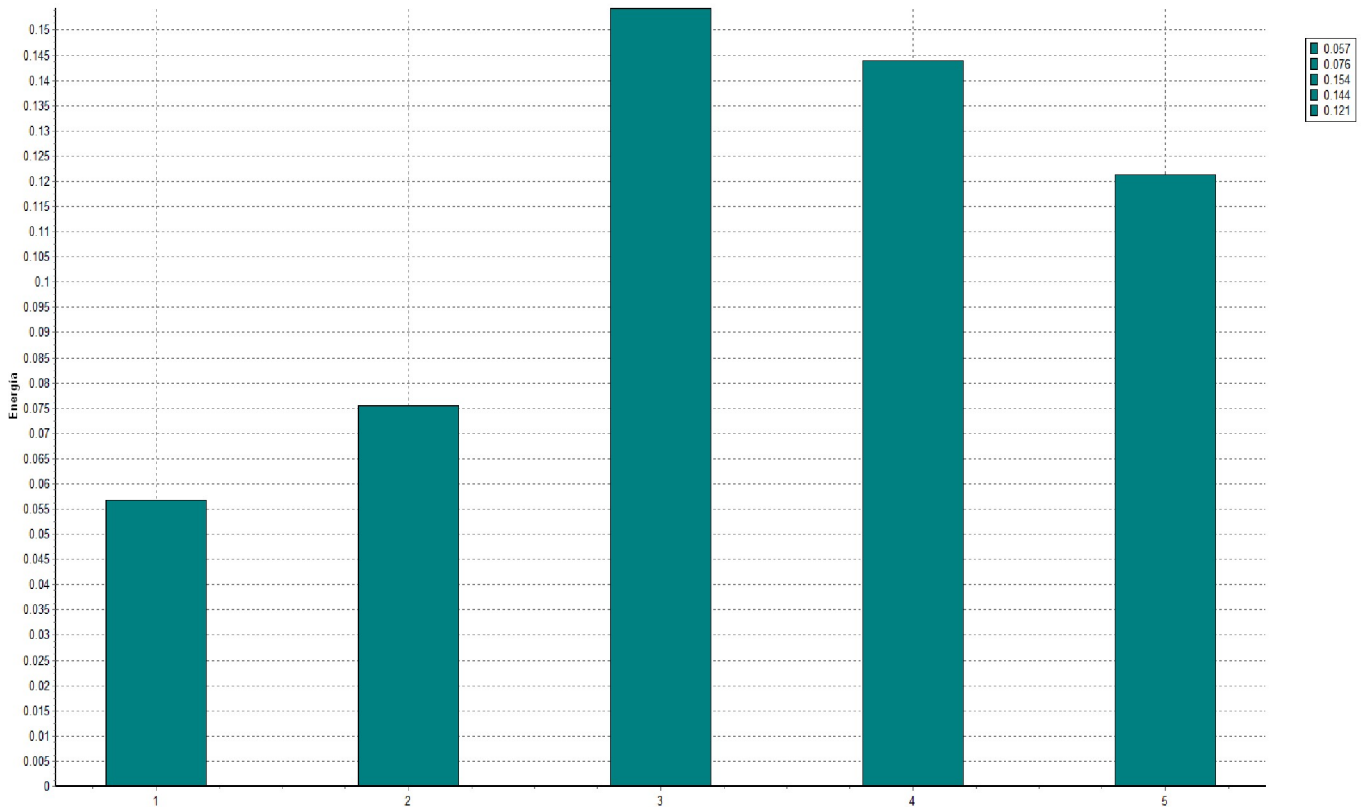
Cliente

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EIP 01**  
**IMPACT**



**Referencia** : COMPUESTOS  
**Cliente** :  
**Calidad** : RM\_2019\_031  
**Operario** : A. Técnico  
**Norma** : ASTM D6110  
**Fecha** : 22/05/2019  
**Hora** : 15:46:28  
**Temperatura** : 26,5  
**H.R.%** : 47,4  
**Pedido** : 171838042920190517



Probeta	Energía J
1	0.06
2	0.08
3	0.15
4	0.14
5	0.12
<b>Media</b>	<b>0.11</b>
<b>Desv. Std</b>	<b>0.04</b>
<b>Coef. V.</b>	<b>0.35</b>

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EIP 01**  
**IMPACT**



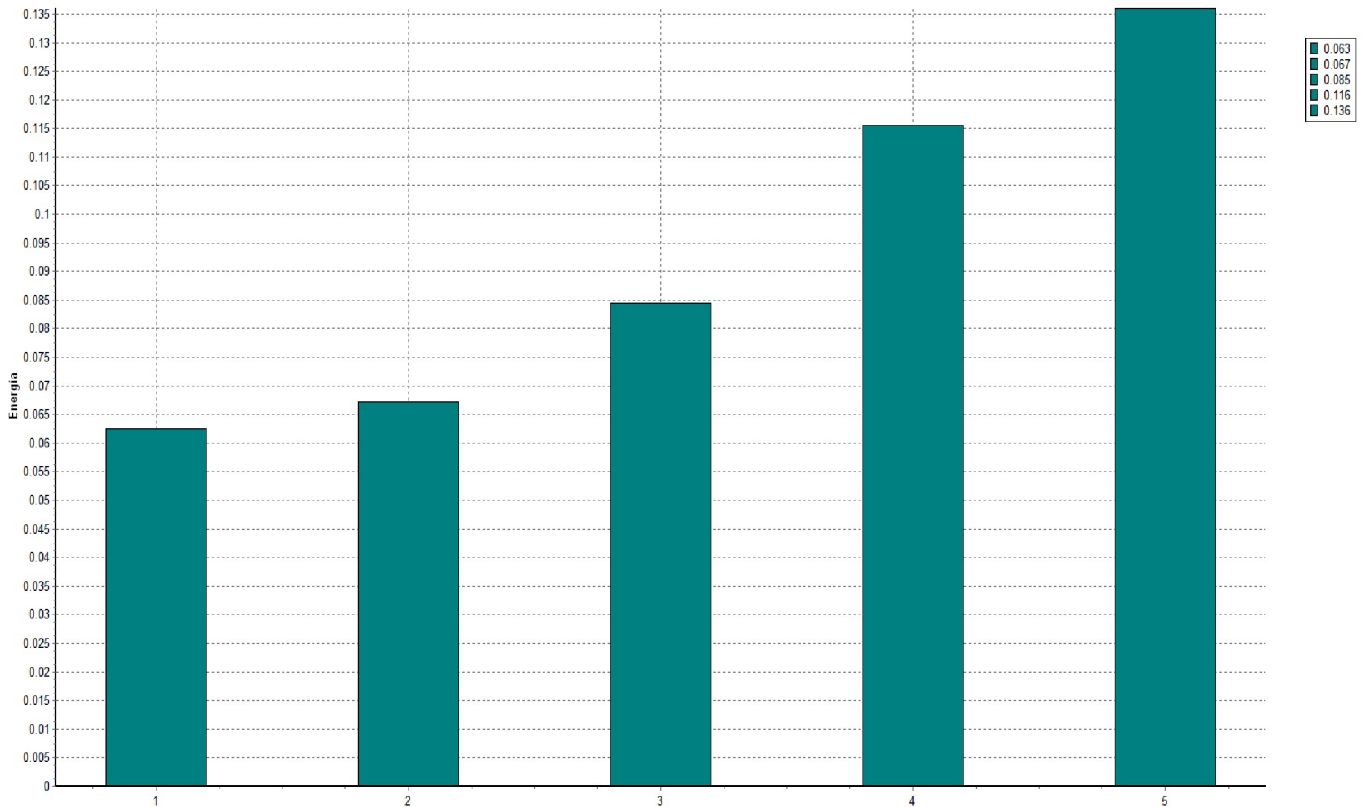
**Parametros**

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EIP 02**  
**IMPACT**



**Referencia** : COMPUESTOS  
**Cliente** :  
**Calidad** : RM\_2019\_031  
**Operario** : A. Técnico  
**Norma** : ASTM D6110  
**Fecha** : 22/05/2019  
**Hora** : 16:22:13  
**Temperatura** : 27,1  
**H.R.%** : 39,9  
**Pedido** : 171838042920190517



Probeta	Energía J
1	0.06
2	0.07
3	0.08
4	0.12
5	0.14
<b>Media</b>	<b>0.09</b>
<b>Desv. Std</b>	<b>0.03</b>
<b>Coef. V.</b>	<b>0.30</b>

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EIP 02**  
**IMPACT**



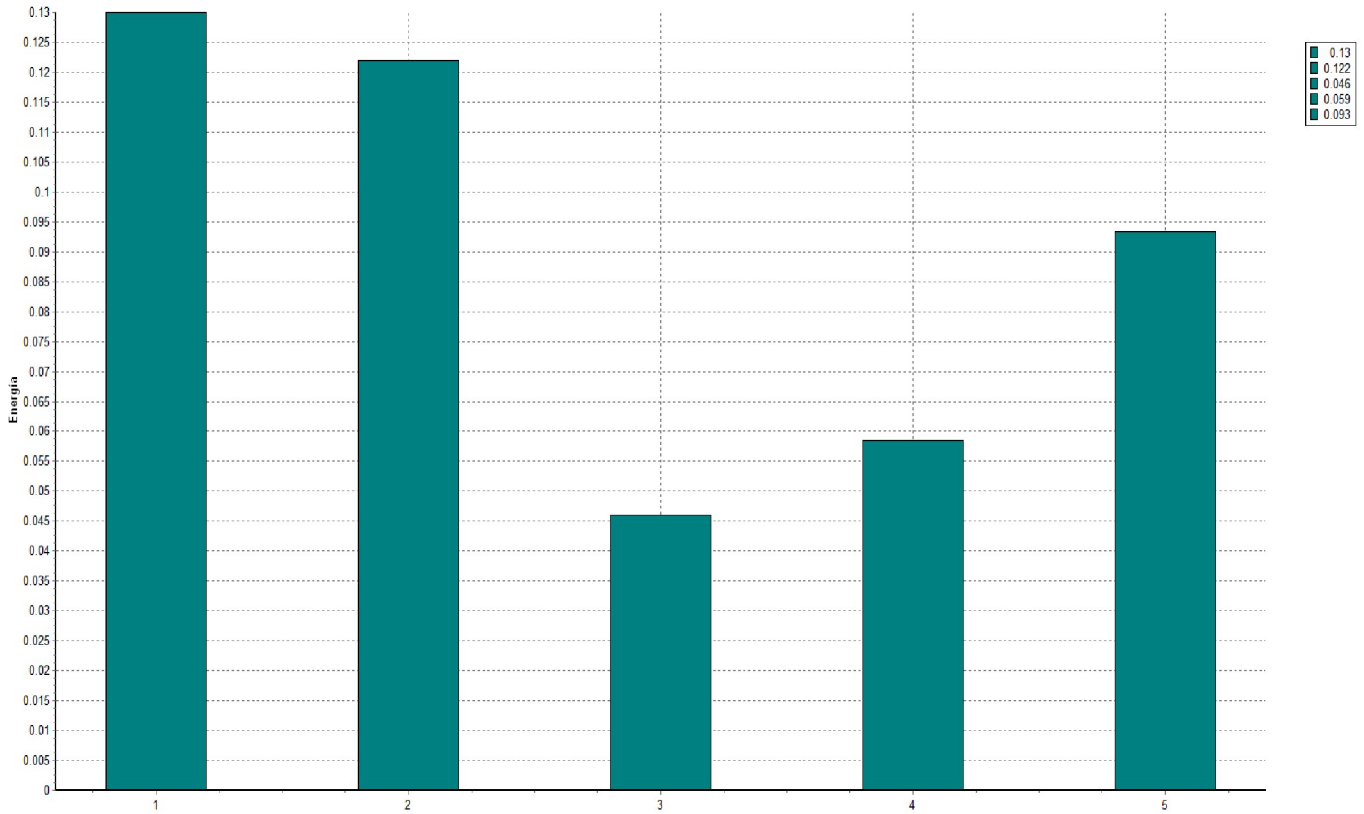
**Parametros**

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EIP 03**  
**IMPACT**



**Referencia** : COMPUESTOS  
**Cliente** :  
**Calidad** : RM\_2019\_031  
**Operario** : A. Técnico  
**Norma** : ASTM D6110  
**Fecha** : 22/05/2019  
**Hora** : 16:52:33  
**Temperatura** : 27,5  
**H.R.%** : 38,7  
**Pedido** : 171838042920190517



Probeta	Energía J
1	0.13
2	0.12
3	0.05
4	0.06
5	0.09
<b>Media</b>	<b>0.09</b>
<b>Desv. Std</b>	<b>0.03</b>
<b>Coef. V.</b>	<b>0.37</b>



**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EIP 03**  
**IMPACT**



**Parametros**

