



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE  
MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE  
PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”.

---

**AUTOR:** Gabriel Eduardo Mazón Ortiz

**TUTOR:** Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

AMBATO-ECUADOR  
2017

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del proyecto experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “**CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES**” elaborado por el Sr. Gabriel Eduardo Mazón Ortiz, portador de la cédula de ciudadanía: 180432696-3, y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- El presente proyecto de investigación es original de su autor
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....  
Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

**TUTOR**

## AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Gabriel Eduardo Mazón Ortiz con CI. 180432696-3 declaro que los criterios emitidos en este trabajo experimental con el tema **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”** así como también los contenidos, ensayos realizados, análisis, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

.....

Gabriel Eduardo Mazón Ortiz

c.c.: 180432696-3

Autor

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo de investigación o parte de un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de trabajo de investigación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta, dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
Gabriel Eduardo Mazón Ortiz

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Cristian Ernesto Claudio Medina de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “CARACTERIZACIÓN DE UN GENERADOR DE FLUJO AXIAL PARA APLICACIONES EN ENERGÍA EÓLICA”

Ambato, enero del 2017

Para constancia firman:

.....  
Ing. Mg. Christian Castro

.....  
Ing. Mg. Gustavo Patín

## DEDICATORIA

*A mi familia, mi padre Eduardo y mi madre Martha que desde pequeño me inculcaron valores para la vida, haciéndome una persona de bien, demostrándome día a día su lucha y trabajo constante para darme lo mejor, mismo que me motiva y me motivará a dar siempre lo mejor de mí y seguir cosechando éxitos.*

*A mis hermanos, Pablo y Carla que han sabido acompañarme a través de toda una vida, brindándome su ayuda siempre, aún más cuando he tenido problemas.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por darme la fuerza y las ganas de estudiar, superarme y buscar un futuro mejor, más adelante ser un ejemplo a mis hermanos.*

*A mis padres, Eduardo y Martha quienes son los que siempre me motivaron a seguir adelante y a triunfar, mis hermanos Pablo y Carla que siempre han estado conmigo apoyándome.*

*A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por darme la apertura de estudiar, de superarme, de formar parte de sus alumnos y de su personal administrativo.*

*A todos mis amigos que me han ayudado en el transcurso de la vida estudiantil, así como en la vida ya profesional, que me han demostrado de una u otra manera su ayuda, su estima su amistad y su lealtad.*

*A todas las personas que a través de todos estos años entraron y salieron de mi vida dejándome lecciones las cuales me han ayudado a superarme en cada aspecto de mi vida consiguiendo triunfos y fracasos.*

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO .....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS .....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XVIII
CAPITULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL .....	1
1.2. ANTECEDENTES .....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general: .....	5
1.4.2 Objetivos específicos:.....	5
CAPÍTULO II. ....	6
FUNDAMENTACIÓN.....	6
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	6
2.1.1 Materiales compuestos.....	6



2.1.2	Clasificación de los materiales compuestos .....	6
2.1.3	Componentes de los materiales compuestos.....	7
2.1.4	Materiales compuestos de resina poliéster reforzado con fibra de coco .....	8
2.1.5	Ensayos destructivos y evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos .....	27
2.2	HIPÓTESIS .....	30
2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS .....	30
2.3.1	Variable independiente .....	30
2.3.2	Variable dependiente .....	30
CAPÍTULO III .....		31
METODOLOGÍA .....		31
3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	31
3.1.1	Exploratoria .....	31
3.1.2	Descriptivo.....	31
3.1.3	Bibliográfica .....	31
3.1.4	Experimental.....	31
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	31
3.2.1	Población .....	31
3.2.2	Muestra .....	32
3.3	OPERALIZACIÓN DE VARIABLES.....	33
3.3.1	Variable independiente: .....	33
3.3.2	Variable dependiente: .....	34
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	35
3.5	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	35
3.6	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	35
3.7	PROCEDIMIENTO.....	39
3.7.1	Obtención de la fibra de coco. ....	39

3.7.2 Cálculos de la masa en (gr) de la fibra. ....	39
3.7.3 Secado del mesocarpio del coco .....	47
3.7.4 Extracción manual de la fibra de coco seca.....	48
3.7.5 Limpieza de la fibra por medio químico.....	49
3.7.6 Cálculos de hidróxido de sodio para el ataque químico .....	51
3.7.7 Tratamiento químico de la fibra. ....	53
3.7.8 Construcción del molde .....	58
3.7.9 Fabricación de las probetas para ensayo de tracción .....	60
3.7.10 Ensayos de tracción de las probetas .....	64
3.7.11 Tabulación de datos .....	65
3.7.12 Fabricación de las probetas para ensayo de flexión .....	65
3.7.13 Ensayos a flexión de las probetas.....	69
3.7.14 Tabulación de datos.....	69
3.7.15 Fabricación de probetas a impacto .....	70
3.7.16 Análisis de fractografía de las mejores probetas .....	73
CAPÍTULO IV.....	74
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	74
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	74
4.1.1 Fichas de reporte ensayos de tracción .....	74
4.1.2 Fichas de reporte ensayos de flexión .....	110
4.1.3 Fichas de reporte ensayos de impacto .....	122
4.1.4 Fichas de reporte del ensayo de fractografía .....	140
4.1.5 Nomenclatura de tipos de falla utilizada en las fichas técnicas.....	146
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	147
4.3 APLICACIONES INDUSTRIALES.....	156
4.3.1 Industria de la construcción .....	156
4.3.2 Industria del mueble .....	157

4.3.3 Industria automotriz.....	157
4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	158
CAPÍTULO V .....	161
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	161
5.1 CONCLUSIONES.....	161
5.2 RECOMENDACIONES .....	162
BIBLIOGRAFÍA .....	163

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Materiales compuestos .....	6
Figura 2.2.- Clasificación de los materiales compuestos según el tipo de refuerzo.....	7
Figura 2.3.- Configuración básica de un material compuesto .....	7
Figura 2.4.- Componentes de un material compuesto .....	8
Figura 2.5.- Orientación de la fibra: (a) Continua y alineada (b) Discontinua y alineada (c) Discontinua al azar .....	17
Figura 2.6.- Deformación generada en la matriz alrededor de una fibra sometida a una carga de tensión. ....	17
Figura 2.7.- Efecto de la longitud en la resistencia de la fibra.....	18
Figura 2.8.- Clasificación de fibras según su origen .....	19
Figura 2.9.- Clasificación de las fibras vegetales.....	21
Figura 2.10.- Energía requerida para la producción de fibras.....	22
Figura 2.11.- (a) Palma (b) Fruto (c) Fibra .....	24
Figura 2.12.- Partes del fruto de coco .....	24
Figura 2.13.- Aplicaciones tradicionales del coco .....	25
Figura 2.14.- Esquema del equipo de conformado por molde a compresión.....	26
Figura 2.15.- Fabricación por estratificación manual .....	27
Figura 2.16.- Máquina universal MTE-50 para tracción .....	28
Figura 2.17.- Configuración de carga a flexión en tres puntos utilizada (ASTM D7264/D7264M-07).....	29
Figura 2.18.- Máquina Universal MTE-50 para flexión .....	29
Figura 2.19.- Máquina de impacto por caída de dardo .....	30
Figura 3.1.- Diagrama de Flujo del procedimiento experimental .....	38
Figura 3.2.- Dimensiones de las probetas a tracción (ASTM D3039).....	39
Figura 3.3.- Dimensiones de las probetas a flexión (ASTM 7264) .....	40
Figura 3.4.- Dimensiones de la probeta a impacto (ASTM 5628).....	41
Figura 3.5.- Mesocarpio del coco seco .....	48
Figura 3.6.- Tiras de coco secas .....	48
Figura 3.7.- Eliminación de material fenólico con cepillo de alambre .....	49
Figura 3.8.- Fibra de coco .....	49
Figura 3.9.- Hidróxido de Sodio (NaOH) .....	51

Figura 3.10.- Granos de hidróxido de sodio (NaOH) .....	52
Figura 3.11.- Vaso de precipitación con agua destilada.....	53
Figura 3.12.- Pesaje del NaOH .....	54
Figura 3.13.- Pesaje de la fibra de coco .....	54
Figura 3.14.- Mezcla de NaOH con agua destilada .....	55
Figura 3.15.- Fibra de coco en solución de NaOH.....	55
Figura 3.16.- Fibra reposando en agua destilada (noche) .....	56
Figura 3.17.- Limpieza de la fibra de coco .....	56
Figura 3.18.- Fibra mojada.....	58
Figura 3.19.- Molde de tracción según norma ASTM D-3039.....	58
Figura 3.20.- Molde de flexión según norma ASTM D7264.....	58
Figura 3.21.- Molde de impacto según norma ASTM D5628 .....	59
Figura 3.22.- Moldes para probetas manuales .....	59
Figura 3.23.- Moldes para compresión .....	59
Figura 3.24.- Fibra de coco (corta).....	60
Figura 3.25.- Fibra de coco (larga).....	60
Figura 3.26.- Fibra de coco mixta aleatoria .....	60
Figura 3.27.- Aplicación de cera desmoldante.....	61
Figura 3.28.- Cantidad de fibra corta pesada para las probetas .....	61
Figura 3.29.- Resina poliéster .....	62
Figura 3.30.- Medición del MECK .....	62
Figura 3.31.- Mezcla de resina con fibra.....	62
Figura 3.32.- Molde lleno de mezcla .....	63
Figura 3.33.- Colocación de la tapa de la matriz.....	63
Figura 3.34.- Probeta extraída del molde .....	63
Figura 3.35.- Probetas en horno de temperatura controlada .....	64
Figura 3.36.- Probetas terminadas.....	64
Figura 3.37.- Maquina Universal MTE-50 .....	65
Figura 3.38.- Aplicación de cera desmoldante.....	66
Figura 3.39.- Pesaje de fibra para probetas a flexión.....	66
Figura 3.40.- Resina poliéster .....	66
Figura 3.41.- Medición del MECK .....	67
Figura 3.42.- Mezcla de resina con fibra.....	67

Figura 3.43.- Molde lleno de mezcla .....	67
Figura 3.44.- Probeta a compresión .....	68
Figura 3.45.- Probeta extraída del molde .....	68
Figura 3.46.- Probetas en horno de temperatura controlada .....	68
Figura 3.47.- Probetas a flexión terminadas. ....	69
Figura 3.48.- Máquina universal MTE-50 accesorios de flexión.....	69
Figura 3.49.- Aplicación de cera desmoldante en el molde de impacto .....	70
Figura 3.50.- Pesaje de fibra para probetas a flexión.....	70
Figura 3.51.- Resina poliéster .....	71
Figura 3.52.- Medición del MECK .....	71
Figura 3.53.- Mezcla de resina con fibra.....	71
Figura 3.54.- Molde lleno de mezcla .....	72
Figura 3.55.- Colocar la tapa en la matriz.....	72
Figura 3.56.- Probeta extraída del molde .....	72
Figura 3.57.- Probetas en horno de temperatura controlada .....	73
Figura 3.58.- Probetas a impacto terminadas. ....	73
Figura 4.1.- Tipos de fractura en ensayo de tracción .....	146
Figura 4.2.- Tipos de combinaciones para las fracturas en ensayo de flexión.....	147
Figura 4.3.- Gráfica comparativa .....	147
Figura 4.4.- Gráfica comparativa .....	148
Figura 4.5.- Comparación entre estratificaciones .....	149
Figura 4.6.- Distribución T .....	151
Figura 4.7. Fibras a estratificación manual .....	153
Figura 4.8.- Fibra corta con estratificación manual .....	154
Figura 4.9.- Resultados de ensayos a flexión.....	155
Figura 4.10.- Resultados de las probetas a impacto .....	156
Figura 4.11.- Tableros para muebles .....	157
Figura 4.12.- Alerón con fibra de coco .....	157
Figura 4.13.- Alerón terminado .....	158
Figura 4.14.- Diagrama de araña de los resultados .....	159
Figura 4.15.- Diagrama tridimensional de los resultados .....	159

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Características y aplicaciones de algunos polímeros termoestables .....	12
Tabla 2.2.- Propiedades físicas de diferentes resinas .....	13
Tabla 2.3.- Propiedades mecánicas de la resina poliéster .....	15
Tabla 2.4.- Propiedades de tracción de algunas fibras convencionales .....	20
Tabla 2.5.- Composición química en porcentaje de algunas fibras vegetales.....	21
Tabla 2.6.- Comparación de propiedades mecánicas de fibras vegetales y sintéticas	23
Tabla 2.7.- Propiedades a tracción de la fibra de coco .....	25
Tabla 2.8.- Propiedades físicas de la fibra de coco .....	25
Tabla 3.1.- Variable independiente .....	33
Tabla 3.2.- Variable dependiente .....	34
Tabla 3.3.- Grupos de probetas para los ensayos .....	43
Tabla 3.4.- Tonalidades e impurezas en el agua .....	57
Tabla 4.1.- Estratificación manual .....	147
Tabla 4.2.- Estratificación a compresión.....	148
Tabla 4.3.- Estratificación manual vs compresión .....	148
Tabla 4.4.- Resultados de ensayos a tracción.....	152
Tabla 4.5.- Fibra corta con estratificación manual.....	153
Tabla 4.6.- Probetas a flexión .....	154
Tabla 4.7.- Resultados de probetas a impacto.....	155
Tabla 4.8.- Mejores resultados .....	158

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE  
MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN  
DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES.**

**Autor:** Gabriel Eduardo Mazón Ortiz

**Tutor:** Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

**RESUMEN**

El presente proyecto experimental se basa en la determinación de propiedades mecánicas de un material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de coco, con diversas configuraciones, fracciones volumétricas y estratificación, a fin de establecer la combinación idónea que brinde las mejores propiedades mecánicas del material compuesto para la aplicación más indicada en la industria.

Los ensayos a flexión, tracción e impacto se las desarrollaron bajo normas ASTM-3039, ASTM-7264 y ASTM-5628.

Las probetas se las realizó en una matriz de acero soldado ASTM A36, con sus dimensiones especificadas en normas, con un acabado superficial idóneo para el perfecto desarrollo de las probetas a ensayarse, la resina se la preparó conjuntamente con el MECK al 2% de su volumen, y la fibra se la extrajo en forma manual de cocos secos con un tratamiento de limpieza con Hidróxido de Sodio.

Los datos se los tabularon y su procedió a la selección de la mejor combinación de las probetas realizadas siendo la mejor combinación fibra corta al 30% en fracción volumétrica, en orientación al azar y estratificación manual, presentando buenas propiedades mecánicas, una absorción de energía aceptable en los ensayos y buena distribución de esfuerzos en todo el material.

Las aplicaciones industriales encontradas para nuestro material se las vio en el ámbito de la industria de la construcción, la industria del mueble y la industria automotriz.



**UNIVERSITY TECHNICAL OF AMBATO**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS**  
**MECHANICAL ENGINEERING CAREERS**

**MECHANICAL CHARACTERIZATION OF THE MATERIAL COMPOSITE  
OF MATRIX POLYESTER WITH COIR FOR THE DETERMINATION OF  
MECHANICAL PROPERTIES IN INDUSTRIAL APPLICATIONS.**

Author: Gabriel Eduardo Mazón Ortiz

Tutor: Eng. Mg. Henry Vaca Ortega

**ABSTRACT**

The present experimental project is based on the determination of mechanical properties of a composite material based on polyester resin reinforced with coconut fiber, in various configurations, fiber volumetric fraction and stratification, in order to establish the ideal combination that provides the best Mechanical properties of the composite for the most suitable application in the industry.

Flexural, tensile and impact tests were developed under ASTM-3039, ASTM-7264 and ASTM-5628 standards.

The specimens were made in a welded steel matrix, with dimensions specified in standards, with a surface finish suitable for the perfect development of the test specimens, the resin was prepared in conjunction with MECK at 2% of its volume, And the fiber was manually extracted from dried coconuts with a cleaning treatment with Sodium Hydroxide.

The data were tabulated and their selection of the best combination of the samples made being the best combination of short fiber at 30% in volumetric fraction, in random orientation and manual stratification, presenting good mechanical properties, an acceptable energy absorption in the tests and good distribution of stress throughout the material

The industrial applications found for our material were seen in the realm of the construction industry, the furniture industry and the automotive industry.

## INTRODUCCIÓN

Los materiales compuestos son combinaciones macroscópicas de dos o más materiales diferentes que poseen una interfase discreta y reconocible que los separa. Son heterogéneos (sus propiedades no son las mismas en todo su volumen), algunos materiales compuestos son naturales (como la madera o el hueso) pero la gran mayoría de los materiales compuestos utilizados en la actualidad son diseñados y fabricados por el hombre. [1]

Los materiales compuestos se han utilizado desde épocas pasadas, los antiguos mesopotámicos alrededor de 3400 aC, cuando pegaban tiras de madera en diferentes ángulos para crear madera contrachapada, los egipcios utilizaron cartonaje (capas de lino o de papiro empapado en yeso) para envoltorios funerarios de las momias, en Mesopotamia los antiguos constructores y artesanos utilizan la paja para reforzar ladrillos de barro, cerámica y barcos alrededor del año 1500 antes de Cristo. [2]

Refiriéndonos a materiales compuestos modernos, en 1907, el químico belga Leo Baekeland obtuvo por primera vez una resina termoestable, calentó y aplicó presión en un recipiente especial a un fenol y un formaldehído para obtener una resina líquida que polimerizó y tomó la forma del recipiente, así obtuvo la bakelita.[3]

Con el paso de los años, hasta la actualidad la investigación de materiales compuestos está atrayendo a las subvenciones de los gobiernos, fabricantes y universidades. Estas inversiones encontrar nuevas fibras y resinas para crear incluso más aplicaciones para materiales compuestos, ambientalmente amigables, resinas incorporarán plásticos reciclados y polímeros de origen biológico como materiales compuestos de la alimentación de la demanda de productos más fuertes, más ligeros y más amigables con el ambiente

## **CAPITULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES.

#### **1.2. ANTECEDENTES**

En un estudio realizado los Ingenieros Delgado F, Galeas S, Guevara V, Escuela Politécnica Nacional, en la Facultad de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS HÍBRIDOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRAS DE COCO Y VIDRIO PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS” concluye:

Esta investigación se basó en una caracterización mecánica donde se mostró que las fracciones volumétricas del 0,15 y 0,20 de refuerzo demostraron efectos similares en las propiedades mecánicas del material con incrementos del módulo elástico, resistencia y densidad al aumentar la fracción de fibra de vidrio y disminución de éstas con el incremento de fibra de coco. [1]

En un estudio realizado los Ingenieros Verma D, Gope P.C, Shandilya A, Gupta A, Maheshwari M.K, en el Department of Mechanical Engineering, College of Engineering Roorkee, Roorkee-247667, Uttarakhand, India, bajo el tema: “COIR FIBRE REINFORCEMENT AND APPLICATION IN POLYMER COMPOSITES: A REVIEW”: La revisión informa el uso de fibra de coco como refuerzos en la matriz polimérica. Esta crítica se centró en proporcionar conocimientos para mejorar aún más la investigación en esta área. Las posibilidades de modificación química superficial de las fibras de coco han sido ampliamente utilizadas en una variedad de aplicaciones, por ejemplo, envases, muebles, etc. Se informó que la influencia de la fibra de coco en las propiedades mecánicas de materiales biocompuestos. Varios compuestos de fibra

natural de lograr las propiedades mecánicas de materiales compuestos de fibra de vidrio y que ya se aplican, por ejemplo, en las industrias de muebles, etc. Actualmente, las fibras naturales más importantes son el yute, el lino, el bagazo y la fibra de coco. El futuro de los compuestos de fibra de coco parece ser muy prometedor. [2]

En el estudio realizado por los Ingenieros Rozman H, Tay G, Kumar R, Abubakar A, Ismail H, Mohd Z en School of Industrial Technology in Universiti Sains Malaysia bajo el tema: “POLYPROPYLENE HYBRID COMPOSITES: A PRELIMINARY STUDY ON THE USE OF GLASS AND COCONUT FIBER AS REINFORCEMENTS IN POLYPROPYLENE COMPOSITES” concluyen:

Tanto los módulos de flexión y de tracción se han mejorado con el aumento del nivel de carga de fibras. La mayor parte de las propiedades ensayadas para materiales compuestos con fibras de vidrio de alta / baja carga biofibras son comparables con los que tienen baja en fibra de vidrio de alta biofibras con una carga. Los resultados muestran que más biofibras podrían compararse en compuestos híbridos, que darían el mismo rango de propiedades que los materiales compuestos con una carga más alta de fibras de vidrio. [3]

En el estudio realizado por los Ingenieros Dr. Navdeep Malhotra, Khalid Sheikh and Dr. Sona Rani, en la School of Mechanical Engineering, Shri Mata Vaishno Devi University, Katra, J&K, India, bajo el tema A REVIEW ON MECHANICAL CHARACTERIZATION OF NATURAL FIBER REINFORCED POLYMER COMPOSITES concluyendo:

Las fibras naturales tienen buena prospectivo como refuerzos en polímeros (termoplásticos, termoestables y elastómeros) materiales compuestos. Debido a las altas propiedades específicas y de baja densidad de fibras naturales, materiales compuestos basados en estas fibras pueden tener muy buenas implicaciones en la industria. Las fibras naturales como fuente de materia prima en la industria de los polímeros no sólo proporcionan un recurso renovable, pero también podrían producir una fuente de desarrollo económico para las zonas rurales. Por lo tanto, se puede concluir que con la investigación metódica y constante habrá una buena posibilidad y mejores expectativas para materiales compuestos poliméricos de fibras naturales en el futuro. [4]

En un estudio realizado por Alex David Jácome León en la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN DE FIBRAS DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE PIÑA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA FABRICACIÓN DE BUTACAS DEPORTIVAS” concluye:

El estudio demostró que el material compuesto (resina epoxi + fibra de piña), que mejores propiedades presente es el compuesto por fibra larga longitudinal, con fracción volumétrica de 30% de material de refuerzo (fibra de piña) y 70% de matriz (resina epoxi), brindando de esta forma propiedades aceptables para ser utilizado como un material alternativo para la fabricación de butacas deportivas. [5]

En un estudio realizado por el Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas en la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “ESTUDIO DE POLÍMEROS HÍBRIDOS ESTRATIFICADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO Y CABUYA COMO MATERIAL ALTERNATIVO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN GUARDACHOQUES PARA BUSES” concluye:

La aplicación de las normas para materiales poliméricos ASTM D3039-00, ASTM D7264-07 y ASTM D5628-10 para caracterización a Tracción, Flexión e Impacto respectivamente se pudieron aplicar también a los materiales híbridos propuestos, sin la consideración del espesor indicado en las mismas, puesto que este ya fue un parámetro establecido y determinado mediante el cálculo de la media aritmética y que fue de 3,2mm. [6]

En un estudio realizado por Sylvia Jeanneth Gallegos Idrobo en la Escuela Politécnica Nacional, en la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial, en la Carrera de Ingeniería Agroindustrial bajo el tema: “OBTENCIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE FIBRA DE COCO” concluye:

En la caracterización del material compuesto fue necesario comparar los diferentes porcentajes de fibra y la composición de la solución de mercerizado, así como el

tiempo de lavado, comprobando que el proceso de mercerización fue eficiente en la mejora de la interfaz del material compuesto, de acuerdo con las normas ASTM D 412 de tracción, ASTM D 1004 para rasgado de materiales laminados, con las cuales se demostró que el material compuesto, es más resistente, a estos esfuerzos de ruptura en comparación a la fibra sola y es considerablemente menor que el esfuerzo de tracción necesario para la matriz sola, ya que el material elastomérico es muy resistente a la tracción y al rasgado al ser elástico. [7]

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La búsqueda incansable del ser humano por buscar nuevos tipos de materiales, en su idea de combinarlos y obtenerlos con mejores propiedades físicas, químicas, mecánicas que potencien el desarrollo a un menor costo, se inicia el estudio de los materiales compuestos con diferentes tipos de polímeros y fibras, mucho de las últimas orgánicas.

Con el tiempo, el desarrollo y una conciencia ambientalista en la investigación se ha empezado a buscar fibras naturales que nos aporten propiedades que potencien las propiedades de un nuevo material.

En el continente sudamericano con el tiempo se han desarrollado diferentes temas de investigación de la utilización de nuevos materiales compuesto reforzados con fibras naturales, como consecuencia de las ventajas tanto: técnicas, económicas y ambientales que nos ofrecen las mismas. [8]

En el Ecuador, la utilización de fibras naturales se ha limitado en su mayor parte a la extracción al uso artesanal y artístico que ha venido ganando gran espacio. No obstante, se han venido realizando diversos proyectos de investigación en el área de los materiales en las diferentes ingenierías, en las cuales se centran en el desarrollo y estudio de nuevos materiales compuestos reforzados con estas fibras analizando sus diversas propiedades. [9]

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general:**

Determinar características mecánicas del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de coco para identificar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales.

### **1.4.2 Objetivos específicos:**

- Determinar la orientación del refuerzo, fracción volumétrica y tipo de estratificación del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de coco.
- Determinar las propiedades mecánicas a tracción, impacto y fractografía del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de coco.
- Buscar el material compuesto que presente la mejor combinación de propiedades mecánicas para determinar la mejor combinación.

## CAPÍTULO II.

### FUNDAMENTACIÓN

#### 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Dentro del estudio previo en busca de información relevante, se cita el siguiente trabajo cuyo contenido servirá de apoyo a nuestra investigación:

##### 2.1.1 Materiales compuestos

Es de suma importancia definir lo que es un material compuesto para poderlo estudiarlo más a fondo y conocer todas sus características.

Los materiales compuestos se obtienen de una serie de posibilidades en combinaciones de materiales monofásicos de distinta naturaleza a partir de una unión no química para conseguir propiedades que por sí solos los materiales constituyentes no son capaces de alcanzar. [10]

En los últimos 40 años, los compuestos plásticos y cerámicos han sido los materiales dominantes en el mercado, así como también los metales. Con el tiempo el estudio y desarrollo de los materiales compuestos, el volumen de producción y de utilización de estos se encuentra creciendo continuamente, abriéndose campo en nuevos mercados. Varias razones existen ya para que los materiales compuestos estén ganando terreno en los mercados globales, como vemos en la figura 2.1 estos materiales son usados en diferentes tipos de industria, de forma general son resistentes y más livianos en comparación a otros materiales, principalmente los metales. [11]



Figura 2.1.- Materiales compuestos [11]

##### 2.1.2 Clasificación de los materiales compuestos

De manera general los materiales compuestos se pueden clasificar según el tipo de refuerzo o el tipo de matriz.



Según el tipo de matriz pueden ser:

- Matriz metálica
- Matriz cerámica
- Matriz polimérica

Según el tipo de refuerzo la clasificación se muestra en la Figura 2.2

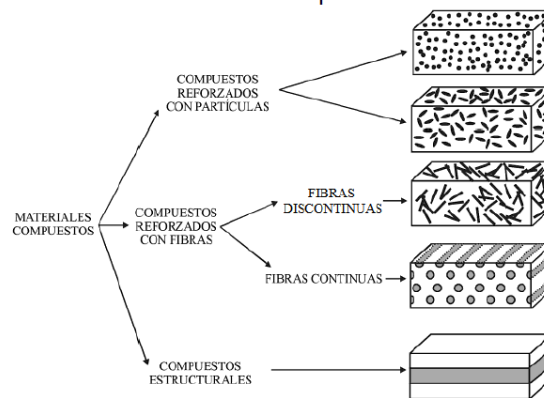


Figura 2.2.- Clasificación de los materiales compuestos según el tipo de refuerzo. [10]

### 2.1.3 Componentes de los materiales compuestos

Básicamente un material compuesto es un sistema de materiales formado por dos o más fases distintas, cuya combinación genera propiedades que son diferentes y mejores a las de sus elementos. De manera general se considera a un material compuesto como un material multifásico, lo que refleja la importancia de cada una de las fases constituyentes, donde la combinación de propiedades debe ser adecuada, para que el resultado obtenido sea un material con propiedades mejoradas.

En la Figura 2.3 podemos ver la configuración básica de un material compuesto reforzado con fibras.

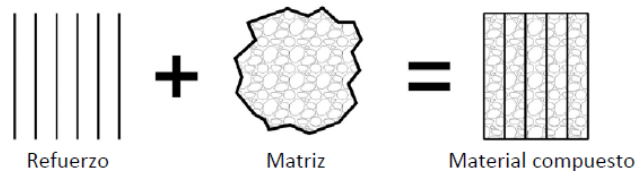


Figura 2.3.- Configuración básica de un material compuesto [5]

Los materiales compuestos se pueden diseñar para satisfacer necesidades de tecnologías relacionadas con la industria aeroespacial, automotriz, electrónica,

construcción, generación de energía, biomédica, entre otras. Como resultado, estos materiales constituyen actualmente la mayor parte de los materiales ingenieriles. [11]

La matriz y el refuerzo son los componentes de un material compuesto, mientras que la superficie de conexión entre estos se denomina interfaz, también hay la posibilidad de adicionar agentes de acoplamiento, rellenos y revestimientos, con el objetivo de mejorar la superficie de la interfaz del material compuesto, de tal forma que las propiedades del material se magnifiquen en lugar de verse afectadas. En la figura 2.4 se ilustran los componentes de un material compuesto, donde podemos observar la matriz es resina epoxi, el refuerzo es fibra de carbono la cual absorbe esfuerzos generados en el material. [11]

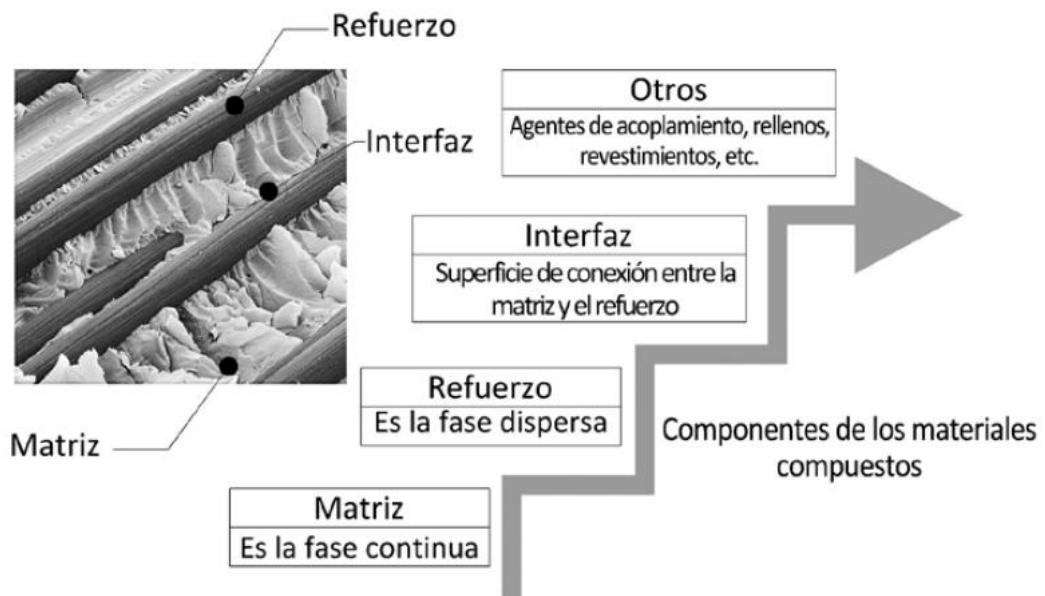


Figura 2.4.- Componentes de un material compuesto [11]

## 2.1.4 Materiales compuestos de resina poliéster reforzado con fibra de coco

### 2.1.4.1 La matriz

Dentro de un material compuesto la matriz desempeña varias funciones, es la fase continua, la cual engloba y sostiene a los elementos de refuerzo, entregando consistencia y continuidad al material. Entre las funciones básicas en un material compuesto se tienen las siguientes:

- Aglutinar los refuerzos,
- Transferir cargas aplicadas sobre la matriz hacia los refuerzos,
- Proteger la superficie del material de los refuerzos de la abrasión mecánica,

- Proveer al refuerzo de una barrera contra los efectos del medio ambiente como la humedad y
- En caso que el material esté reforzado con fibras, la matriz debe proveer soporte lateral contra la posibilidad de pandeo de estas bajo cargas de compresión.

#### **2.1.4.2 Tipos de matriz**

Existen tres tipos de matriz: (i) metálica, (ii) cerámica y (iii) polimérica. De manera general, del tipo de matriz que se utilice, dependerá el control principal de las propiedades eléctricas, el comportamiento químico y el uso a temperaturas elevadas del material compuesto. [11]

##### **a) Matrices metálicas**

Los materiales metálicos que han sido más usados como matriz en la fabricación de materiales compuestos son el aluminio, magnesio, cobre, níquel, titanio, y aleaciones de compuestos intermedios. Las propiedades finales son fuertemente influenciadas por los tratamientos térmicos y mecánicos los cuales determinan la microestructura de esta matriz. Los metales usados para materiales compuestos son comúnmente dúctiles y esencialmente isotrópicos. Sin embargo, los metales reforzados con partículas de cerámicas duras o fibras son mejorados en rigidez, resistencia a la tracción, fatiga, aumento de dureza, resistencia a la abrasión y al desgaste, combinados con la posibilidad de temperaturas de operación más altas que para los metales no reforzados (o compitiendo con los plásticos reforzados). [11]

Los refuerzos utilizados con matrices metálicas deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Baja densidad.
- Compatibilidad mecánica (un coeficiente de expansión térmica bajo, pero que se adapte a las características de la matriz).
- Compatibilidad química.
- Estabilidad térmica.
- Alto módulo de elasticidad.
- Alta resistencia a la tracción y a la compresión.
- Buena capacidad de procesamiento

- Eficiencia económica.

La producción de este tipo de compuestos resulta costosa como resultado de la complejidad de los procesos y la tecnología de los equipos necesarios. Las matrices metálicas pueden contener entre 20 y 50% de volumen de refuerzo y generalmente se usan cuando se va a trabajar con aplicaciones que requieren dureza, rigidez, resistencia a altas temperaturas, alta resistencia mecánica y módulo específico alto.

#### **b) Matrices cerámicas**

Los materiales con matriz cerámica son día a día vez más estudiados y utilizados para aplicaciones estructurales y funcionales de alta y avanzada tecnología, presentando propiedades únicas como alta resistencia a elevadas temperaturas, baja densidad y buenas propiedades mecánicas. La gran desventaja es la fragilidad, uno de los objetivos de combinarlos con otros materiales para formar materiales compuestos es incrementar su tenacidad y tenacidad a la fractura, para esto se adicionan fibras y partículas de naturaleza cerámica o metálica. [11]

Algunos de los cerámicos que usualmente son reforzados son el carburo de silicio (SiC), nitruro de silicio (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), vidrios cerámicos y zirconia (ZrO<sub>2</sub>), los cuales presentan relativa facilidad de procesamiento. Comúnmente a estos materiales se les agrega fibras cortas, de tal manera que, las capacidades de moldeo no sean severamente afectadas. [10]

Además de exhibir alta resistencia a la oxidación, los cerámicos también presentan alta resistencia al deterioro por temperaturas elevadas, por lo que se usan en componentes de automóviles y motores de turbinas a gas de aeronaves. [11]

#### **c) Matrices poliméricas**

Los materiales compuestos de matriz polimérica son los que utilizan materiales de origen polimérico como fase continua. Este tipo de materiales es el más común por la versatilidad de los polímeros, debido a q los polímeros termoplásticos, termoestables y elastómeros, son fáciles de procesar, son livianos, en general económicos y presentan propiedades mecánicas apropiadas para un gran número de aplicaciones. Se usan diferentes clases de refuerzos, ya sean en forma de fibras o partículas. [10]

#### **d) Matrices termoplásticas**

Los polímeros termoplásticos usados como matrices tienen la característica que una vez polimerizados pueden ablandarse o derretirse con calor para cambiar su forma, estos procesos son reversibles y pueden repetirse en varias ocasiones sin que sus propiedades se vean afectadas de manera crítica, lo cual los hace muy prácticos para ser reutilizados.

Ejemplos de matrices termoplásticas son el polietileno (PE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC) y polietileno-tereftalato (PET). También, se obtienen polímeros termoplásticos de origen natural, como el ácido poliláctico (PLA) o el polihidroxibutirato (PHB), los cuales proporcionan propiedades muy similares al PE, PP y demás polímeros termoplásticos derivados del petróleo. [5]

#### **e) Matrices elastoméricas**

Los elastómeros son polímeros que tienen la capacidad de deformarse a una escala notable de hasta cinco o seis veces su longitud inicial, por acción de esfuerzos de consideración, recuperando su forma inicial tan pronto dejen de aplicar dichos esfuerzos, no obstante, sus módulos de elasticidad son bajos.

En ensayos a tracción, la relación entre la longitud final de una probeta y la inicial puede llegar a ser del orden de 300-800 %, sin que se produzca la rotura y sin que aparezca deformaciones permanentes una vez terminado el ensayo.

El caucho natural pertenece a este tipo de matrices. [7]

#### **f) Matrices termoestables**

Los polímeros termoestables tienen estructura de tipo reticular a base de uniones covalentes, con entrelazamiento transversal de cadenas generadas por el calor o por una combinación de calor y presión durante la reacción de polimerización. Generalmente se obtienen en forma de dos resinas líquidas, la primera contiene agentes de curado, endurecedores y plastificantes, en cuanto la otra contiene materiales de relleno, reforzantes pudiendo ser orgánicos o inorgánicos. Al mezclarse estos componentes, inicia la reacción de entrecruzado ya sea por calor y/o presión. Por esto, los termoestables no pueden ser recalentados y refundidos como los termoplásticos.

Esta es una desventaja debido a que los fragmentos producidos durante el proceso no se pueden reciclar y usar. [11]

Algunos ejemplos de este tipo de materiales son el poliéster no saturado, el viniléster, las resinas epóxicas, las poliamidas y el fenol formaldehído. Las resinas poliéster son fáciles de conseguir a costos relativamente bajos. Al aplicar un catalizador a la resina líquida, esta se endurece (o cura). El material fraguado es duro, frágil y resiste temperaturas hasta 75 °C. Esta matriz reforzada con fibras de vidrio, se usa en la fabricación de automóviles, embarcaciones y en aplicaciones estructurales, principalmente. En la Tabla 1 se puede apreciar características y aplicaciones de estos polímeros termoestables. [10]

**Tabla 2.1.-** Características y aplicaciones de algunos polímeros termoestables [10]

Termoestables	Características de las principales aplicaciones	Aplicaciones típicas
Epoxis	Excelente combinación de propiedades mecánica y de resistencia a la corrosión, dimensionalmente estables, buena adherencia, relativamente baratas y buenas propiedades eléctricas.	Enchufes, adhesivos, recubrimientos protectores, láminas reforzadas con fibra de vidrio.
Fenólicas	Excelente estabilidad térmica hasta los 150 °C , susceptible de formar materiales compuestos con muchas resinas, material de rellenos, barato, etc.	Carcasas de motores, teléfonos, distribuidores de automóvil, accesorios eléctricos.
Poliésteres	Excelentes propiedades eléctricas y barato, se puede utilizar a temperaturas ambiente o elevada; se suele reforzar con fibras.	Cascos, barcos pequeños, paneles de automóvil, sillas, ventiladores.
Siliconas	Excelentes propiedades eléctricas y barato, se puede utilizar a temperaturas ambiente o elevada; se suele reforzar con fibras.	Láminas y cintas aislantes a elevadas temperaturas.

### **g) Resinas epóxicas**

Las resinas epóxicas son un tipo de materiales poliméricos termofijos, ya que no generan productos de reacción cuando son endurecidos (enlace cruzado) y poseen baja contracción al curar. Este tipo de resinas además tienen una buena adhesión a otros materiales, buena resistencia química y al medio ambiente, propiedades como aislantes eléctricos y buenas propiedades mecánicas. [5]

La familia de las resinas epóxicas se dividen en cinco grupos principales:

- Éteres glicéricos
- Ésteres glicéricos

- Aminas glicéricos
- Alifáticas lineales
- Cicloalifáticas

#### h) Propiedades de las resinas.

A continuación, presentamos las propiedades físicas de los diferentes tipos de resinas

**Tabla 2.2** Propiedades físicas de diferentes resinas [5]

Propiedad	Matriz				
	Poliéster Insaturado UP	Resina Epoxi	Resina Fenólica	Resina Vinilester	Resina Pliimida
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.17-1.26	1.17-1.25	1.25-1.3	1.17-1.25	1.27-1.42
Alargamiento a la rotura (%)	<3	6-8	<3	3.5-7	6-10
Fluencia	Muy baja				
Temperatura de moldeo (°C)	Temp Ambiente hasta 180	Temp ambiente hasta 170	150-190	Temp ambiente hasta 175	350
Temperatura de reblandecimiento	80-160	80-130	100-150	100-150	260 en periodos cortos hasta 500
Propiedades reológicas	Muy buenas				Depende del fabricante
Calor de la reacción	Reacción exotérmica dependiendo de la geometría				
Contracción del fraguado (%)	6-10 lineal entre 1.8 y 2.4	1-3	0.5-1.5	0.1-1	0.5-0.7
Contracción Posterior (%)	Hasta 3	Prácticamente ninguna	Hasta 0.4	Hasta 1	Prácticamente ninguna
Tiempo de almacenamiento	Temp. Amb. 6 meses	Bajas Temp. 6 meses	Temp.Amb. 6 meses	Temp. Amb. 6 meses	Temp Amb 6 meses

#### i) Aplicación de las resinas

Las resinas epóxicas son utilizadas en una gran variedad de recubrimientos protectores y decorativos gracias a su adhesión y su resistencia mecánica y química, usadas principalmente en revestimientos de latas y tambores, recubrimientos para pintura de automóviles y artefactos, y recubrimientos de cables.

En la industria eléctrica y electrónica, estas resinas son usadas gracias a su resistencia dieléctrica, baja contracción durante el curado, buena adhesión y su capacidad de conservar sus propiedades bajo distintas condiciones ambientales, como sitios mojados y con una alta humedad.

Las aplicaciones incluyen aislantes de alto voltaje, conmutadores y encapsulados de transistores. Las resinas epóxicas se utilizan también para la fabricación de laminados y materiales de matriz de fibra reforzada. Este tipo de resinas son el material matriz predominante en la mayoría de los componentes de alto desempeño, como en los fabricados con fibras de módulos altos. [5]

#### **j) Resina poliéster**

La resina poliéster, es usada en gran escala debido a su bajo costo, tiene un contenido de estireno monómero entre 30 y 50% en peso. Como iniciador se utiliza generalmente octoato de cobalto y como catalizador peróxido de metiletil cetona (MECK, por sus siglas en ingles).

La resina Poliéster es un plástico termoestable, tal como lo dijimos que adquiere su forma final mediante reacción química y no existe forma de llevarlo luego a su estado inicial acotando también que no es reciclable. [11]

La resina poliéster insaturada, comercialmente se consigue como un líquido espeso, de color amarillo, rosa, azul o café, turbio o transparente; donde sus colores y características obedecen a su tipo, grado de preparación y uso recomendado.

Comúnmente se conocen pocos tipos de resina poliéster, pero existen una gran variedad de ellas, diseñadas para facilitar nuestro trabajo y para lograr en los productos fabricados, la máxima calidad y duración. [6]

#### **k) Tipos de resinas poliéster**

*Poliéster Ortoftalico*, resina de uso general muy conocida como: fabricación de sillas, cabinas, partes de autos, figuras artísticas, tejas, artículos sometidos a un bajo ataque químico o ambiental, posee buena resistencia mecánica y cuando es necesario gran resistencia química, se puede combinar con otras resinas poliéster de mayor resistencia [6]

*Poliéster Tereftalico*, este tipo de resinas posee, en comparación a las resinas ortoftalicas, superior resistencia química, una excelente aceptación de cargas minerales, baja absorción de agua y mayor resistencia a las altas temperaturas.

*Esta resina utilizaremos para el desarrollo de nuestro trabajo experimental [6]*



*Poliéster Isoftálico*, esta posee mayor resistencia química que las anteriores, normalmente usada para la fabricación de artículos sometidos al medio ambiente externo, presencia de agua y agentes químicos [6]

*Poliéster Iso N.P.G*, hermano de la resina isoftálica, esta modificado con N.P.G. (Neopentil glicol), el mismo que le da mayor resistencia química contra el agua además de microorganismos como hongos, ventajas que le hacen muy utilizable para piscinas, toboganes, tinas de hidromasajes y tanques de la industria alimenticia. [6]

*Poliéster Bisfenólico y Vinilester*, son conocidas también como antiácidas, debido a que poseen la más alta resistencia al ataque químico y a la temperatura. Los ejemplos más comunes en su utilización son: Reactores, tanques, tuberías, chimeneas, torres lavadoras de gases y enfriadoras. [6]

#### l) Propiedades mecánicas de la resina poliéster

Como vimos la resina poliéster es un material muy usado para el diseño de materiales, tiene propiedades que brindan grandes beneficios, en la Tabla 2.3 observaremos cada propiedad con su respectivo valor.

**Tabla 2.3.-** Propiedades mecánicas de la resina poliéster [6]

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
<b>Peso específico (densidad)</b>	1.28 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dureza</b>	110 Rockwell M
<b>Resistencia a la tracción</b>	55MN/m <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la compresión</b>	140MN/m <sup>2</sup>
<b>Resistencia al impacto</b>	2 KJ/m <sup>2</sup>
<b>Módulo de Young</b>	3.5 GN/m <sup>2</sup>
<b>Alargamiento a la rotura</b>	2%
<b>Conductividad Térmica</b>	0.2 W/m°C
<b>Coefficiente de dilatación lineal</b>	100 <sup>10-6</sup> °C
<b>Absorción de agua 24hr, 20°C</b>	0.15%

#### 2.1.4.3 Refuerzo con fibras

Las fibras son hilos o cilindros de 2 a 10 µm de diámetro cuya longitud varía de acuerdo a la procedencia de la fibra. La fibra puede conseguirse en el mercado en

forma de hilos, cordones y cintas, y son ampliamente usadas como materiales de refuerzo en materiales compuestos de ingeniería, estas pueden ser largas o cortas.

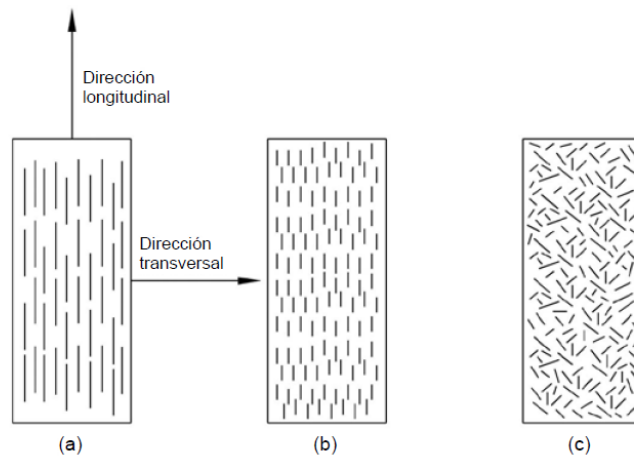
Los materiales compuestos reforzados con fibras son los más usados debido que al mezclar fibras a los materiales de matriz polimérica aumentan sus propiedades como la resistencia, rigidez y tenacidad, según la naturaleza de los constituyentes, presentando baja densidad. En los materiales compuestos reforzados con fibras, la matriz realiza la acción de soportar las fibras además de protegerla contra agentes externos. [11]

Los compuestos reforzados con fibras manifiestan anisotropía, esto significa que algunas propiedades varían dependiendo del eje geométrico o plano a lo largo del cual fueron determinadas. Para que un compuesto sea isotrópico en cuanto a una propiedad en específico, por ejemplo, el módulo de Young, todos los elementos de refuerzo, fibras o partículas deben estar orientados de forma aleatoria, difícil de conseguir para fibras discontinuas, pues la mayoría de métodos de fabricación tienden a impartir una cierta orientación a las fibras. [11]

Las fibras continuas en forma de hojas o láminas se utilizan para, hacer del material compuesto un material anisotrópico en una dirección en particular que se conoce está a lo largo del eje o plano principal de carga. De esta manera, se crea la posibilidad de orientar las fibras en la dirección en que se aplicará la mayor carga, lo cual incrementa la eficiencia del refuerzo [11]

#### **2.1.4.4 Influencia de la orientación de las fibras y concentración**

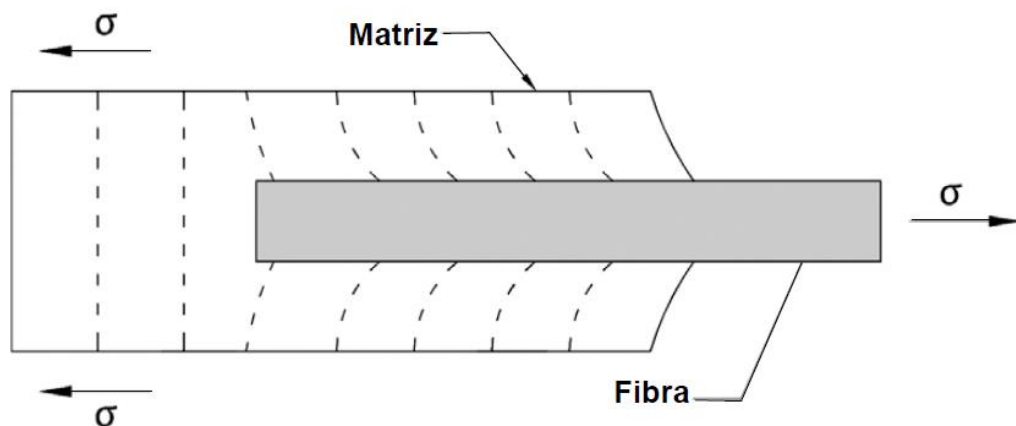
La orientación de las fibras, su cantidad y distribución tienen una influencia significativa en la resistencia mecánica y en otras propiedades de los materiales compuestos. Con respecto a la alineación de la fibra, básicamente existen dos posibilidades: (i) alineación en la dirección paralela al eje longitudinal de las fibras (fibras continuas y discontinuas) y (ii) alineación totalmente al azar. En la Figura 2.5 se muestran las alineaciones posibles en un material compuesto reforzado con fibra. [6]



**Figura 2.5.-** Orientación de la fibra: (a) Continua y alineada (b) Discontinua y alineada (c) Discontinua al azar [11]

#### 2.1.4.5 Influencia de la longitud de la fibra en compuestos reforzados con fibras discontinuas alineadas

Las características del material compuesto no solo dependen de las propiedades de la fibra, sino del grado en el cual una carga aplicada puede ser transmitida de la matriz a las fibras. Para ello, es muy importante asegurar la unión entre la fibra y la matriz, debido a que la carga es transferida por un mecanismo de corte. La deformación de la matriz es mayor que la de las fibras adyacentes. Si existe una perfecta unión entre fibra y matriz, la diferencia en la deformación crea un esfuerzo de corte en la sección transversal. En la Figura 2.6 se ilustra la deformación cortante generada debido a la transferencia de la carga [6]



**Figura 2.6.-** Deformación generada en la matriz alrededor de una fibra sometida a una carga de tensión. [11]

Observamos el efecto que produce el extremo de la fibra sobre la matriz, aquí es donde se termina la unión entre la matriz y la fibra. Ignoramos la transferencia de esfuerzo al final de la fibra, así como también la interacción de las fibras adyacentes a la vista.

Tiene que existir una longitud mínima efectiva para la transmisión de la carga y esfuerzos para un diámetro de fibra dado. Esta longitud mínima o crítica  $l_c$  dependerá del diámetro de la fibra ( $df$ ), su resistencia a la tracción y del esfuerzo ( $\sigma_f^*$ ) de corte ( $\tau_i$ ) que existe entre la fibra y la matriz. [5]

Cuando la longitud de fibra es menor a la crítica, el esfuerzo inducido en la fibra es menor que el que es capaz de soportar, en este caso las matrices pueden llegar a fallar antes de que la fibra alcance su esfuerzo potencial. Caso contrario, cuando la longitud de fibra es mayor que la crítica, la fibra puede alcanzar su valor máximo de esfuerzo.

En una fibra de diámetro  $df$  y de longitud  $l_c$ , se obtendrá que el esfuerzo máximo es soportado en el punto medio de la fibra. Pero para distancias iguales a  $l_c/2$  de cada extremo de la fibra, esta puede resultar poco efectiva, por lo tanto, para tener un refuerzo efectivo se debe aumentar la longitud del refuerzo, mucho más allá del valor crítico. [5]

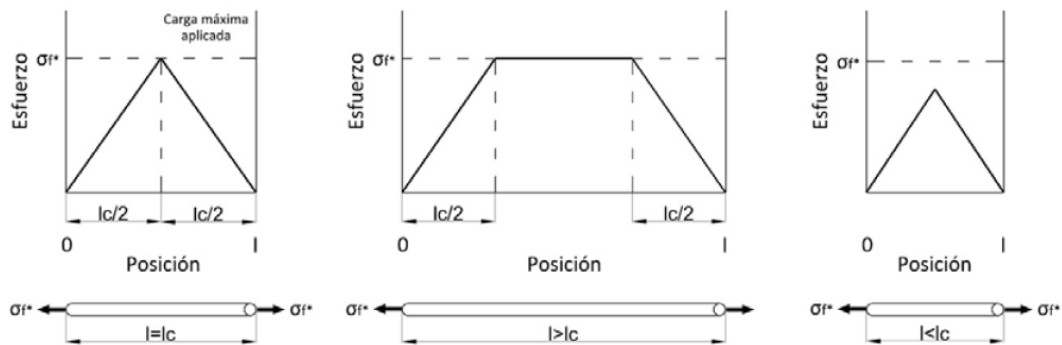


Figura 2.7.- Efecto de la longitud en la resistencia de la fibra. [11]

#### 2.1.4.6 Influencia de las mezclas en los compuestos por fibras

Esta regla define algunas características de los materiales compuestos reforzados con fibras como la densidad.

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde  $\rho_c$  es la densidad del compuesto,  $f_m$  y  $f_f$  son las fracciones volumétricas cada constituyente y los subíndices  $m$  y  $f$  se refieren a la matriz y a la fibra respectivamente. Hay que considerar que:  $f_m = 1 - f_f$

#### 2.1.4.7 Fibras

Las fibras son utilizadas desde la antigüedad en forma de materia prima para hacer varios productos como son: telas, papel, artesanías, entre otros. Con la búsqueda de nuevos materiales se empezaron a utilizar como material de refuerzo en distintas matrices cerámicas y metálicas, a fin de mejorar o generar nuevas propiedades, en materiales compuestos denominados composites. [11]

##### a) Clasificación de las fibras

Los tipos de fibras de refuerzo se pueden clasificar como fibras convencionales, y según el origen, en naturales y orgánicas. En la Figura 2.8 podemos apreciar de forma más clara esta clasificación.

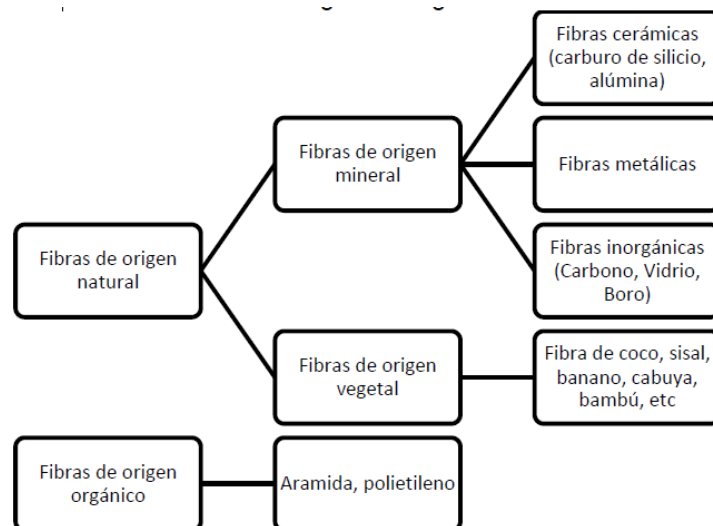


Figura 2.8.- Clasificación de fibras según su origen [10]

##### b) Fibras convencionales

Este tipo de fibras son las más comunes en los materiales compuestos modernos. Las más utilizadas son las fibras de carbono, las poliméricas y las inorgánicas, a esta categoría pertenecen las fibras de vidrio, altamente utilizadas por su alta resistencia y bajo costo. Las fibras de vidrio se consiguen en el mercado como de E, C o S; el más

usado es el de tipo E (E de eléctrico) cuya resistencia mecánica, rigidez, eléctrica y facilidad de dejarse mojar son relativamente altas comparadas con otras fibras, lo cual las hace adecuadas para múltiples aplicaciones. [10]

La mayoría de fibras de vidrio están basadas en sílice ( $\text{SiO}_2$ ), con adiciones de óxidos de calcio, boro, sodio, hierro y aluminio. En la Tabla 2.4 resaltamos las fibras convencionales más destacadas en el mercado junto a sus propiedades mecánicas a la tracción.

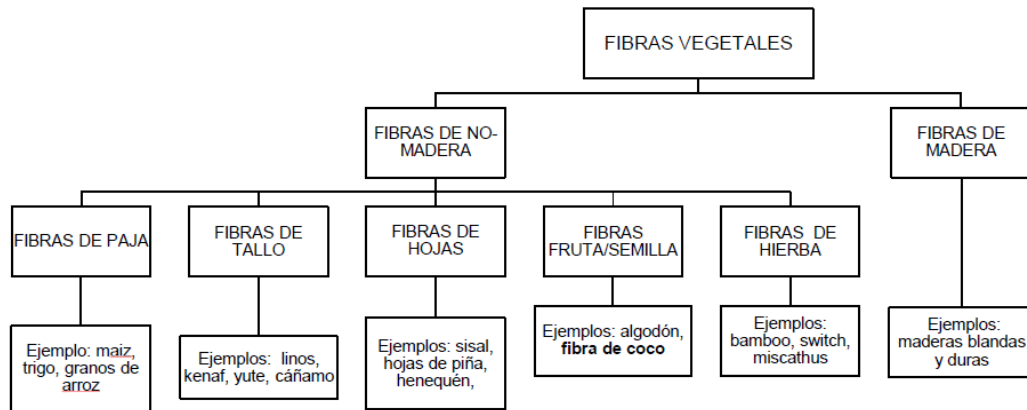
**Tabla 2.4.-** Propiedades de tracción de algunas fibras convencionales [10]

<b>Fibras</b>	<b>Módulo (Gpa)</b>	<b>Resistencia (GPa)</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Defom. Rotura (%)</b>
<b>Fibras Orgánicas</b>				
<b>Kevlar 29</b>	65	2.8	1.44	4.0
<b>Kevlar 49</b>	125	3.5	1.44	2.3
<b>Kevlar 149</b>	185	3.4	1.47	-
<b>Fibras Inorgánicas</b>				
<b>Vidrio E</b>	75	3.5	2.58	4
<b>Vidrios S</b>	90	4.5	2.46	-
<b>Vidrio C</b>	69	3.3	2.49	-
<b>Boro</b>	415	3.5	2.5-2.6	-
<b>SiC</b>	400	3.45	3	-
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	350-380	1.7	3.7	-
<b>Fibras Textiles</b>				
<b>Poliéster (PET)</b>	3-10	0.4-0.8	1.39	-
<b>Nylon 66</b>	1-5	0.3-0.8	1.14	-

### c) Fibras Naturales

Las fibras naturales son extraídas de minerales, animales o plantas. Las más utilizadas son las vegetales debido a su amplia disponibilidad y renovabilidad en corto tiempo respecto a otro tipo de fibras. Son materiales lignocelulósicos que se encuentran distribuidos en la biósfera en forma de cultivos, árboles y plantas.

Las fibras vegetales observadas en la Figura 2.9, como material de refuerzo en los materiales compuestos se han visto opacada por la degradación de estas dentro de las matrices, no obstante, esto ha provocado el desarrollo de estudios en los cuales se busca incrementar la durabilidad de la fibra, permitiendo el uso de las mismas. [11]



**Figura 2.9.-** Clasificación de las fibras vegetales [10]

Las fibras vegetales están constituidas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, por tal razón son llamadas fibras lignocelulósicas. Su estructura se encuentra formada por varios elementos minoritarios como proteínas, resinas, ceras y algunos productos inorgánicos. La composición química de las fibras vegetales varía según las diferentes especies, la edad de la planta y las condiciones climáticas, pero de manera general se ha determinado que la relación entre la celulosa, hemicelulosas y lignina es aproximadamente de 4:3:3. [5]

**Tabla 2.5.-** Composición química en porcentaje de algunas fibras vegetales [11]

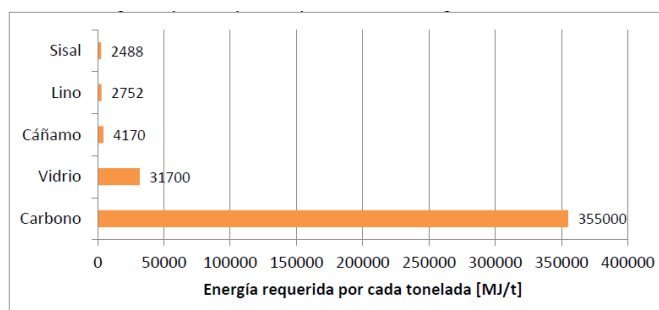
<b>Fibra</b>	<b>Celulosa (% peso)</b>	<b>Hemicelulosa (% peso)</b>	<b>Lignina (% peso)</b>
<b>Lino</b>	71.2	18-20	2.2
<b>Cáñamo</b>	70-75	17-22	3.7-5.7
<b>Yute</b>	61-71	13-20	8.1-13
<b>Kenaf</b>	45-57	21	8-13
<b>Ramio</b>	68-76	13-16	0.6-0.7

<b>Ábaca</b>	63-70	20-21	5-6
<b>Sisal</b>	67-78	10-14	8-14
<b>Algodón</b>	82-93	3-6	---
<b>Bambú</b>	35-61	15	27-32
<b>Coco</b>	32-43	0.15-0.25	40-45
<b>Banana</b>	63-64	10	5
<b>Formio</b>	71.3	---	---

La aplicación de las fibras vegetales, como una opción ante el uso de las fibras convencionales tiene una serie de ventajas y desventajas. Las fibras vegetales como refuerzo de materiales compuestos permiten disminuir el peso del material y seguir teniendo la dureza y rigidez adecuadas. Los tratamientos de las fibras vegetales son menos peligrosos que el de las fibras convencionales, teniendo en cuenta también que las fibras vegetales no son abrasivas, reduciendo así el riesgo de tener costos inesperados en su obtención.

Hablando energéticamente, se ha demostrado que la energía necesaria para la producción de fibras vegetales es, en promedio, menos de la mitad de la cantidad necesaria para las fibras convencionales (ver Figura 2.10).

A nivel ambiental al quemar una fibra natural la emisión de CO<sub>2</sub> es mucho menor que la emitida por las fibras convencionales.



**Figura 2.10.-** Energía requerida para la producción de fibras. [10]



Hay que tener en cuenta además que mientras las fibras convencionales se elaboran en un rango predeterminado de propiedades, las fibras vegetales, sus propiedades se ven variables, tanto la calidad de las fibras naturales, como la mayoría de sus propiedades depende de factores como: lugar de origen, edad de la planta de la cual proceden, condiciones de cuidado y cultivo, proceso de extracción y composición química. [10]

En la Tabla 2.6 se comparan propiedades mecánicas entre fibras vegetales y fibras sintéticas

**Tabla 2.6.-** Comparación de propiedades mecánicas de fibras vegetales y sintéticas [11]

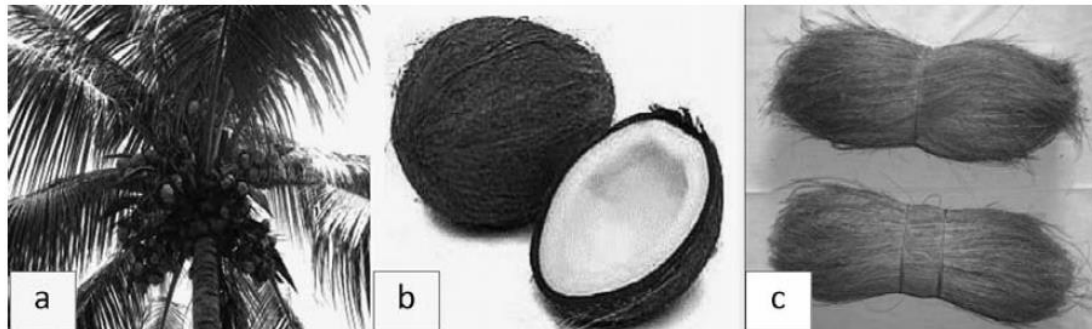
<b>Fibras</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Resistencia a la tracción (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (GPa)</b>	<b>Elongación Fractura (%)</b>	<b>Absorción de humedad (%)</b>
<b>Vidrio—S</b>	2.5	2000-3500	70	2.5	---
<b>Vidrio—E</b>	2.5	4750	86	2.8	---
<b>Aramida</b>	1.4	3000-3150	63-67	3.3-3.7	---
<b>Carbón</b>	1.4	4000	230-240	1.4-1.8	---
<b>Cáñamo</b>	1.4	690	35	1.6	8
<b>Yute</b>	1.3	393-773	26.5	1.5-1.8	12
<b>Ramio</b>	1.5	400-938	61.4-128	3.6-3.8	12-17
<b>Coco</b>	1.2	175-220	4-6	15-30	10
<b>Sisal</b>	1.5	511-635	9.4-22.0	2.0-2.5	11
<b>Abacá</b>	1.3	400-1289	45	2.7	8-10
<b>Lino</b>	1.5	345-1035	27.6	2.7-3.2	7
<b>Algodón</b>	1.2	393-773	26.5	7-8	8-25

#### **2.1.4.8 Fibra de coco**

El cocotero es una palmera perteneciente a la familia Arecaceae, su origen se halla en la India, aunque también se afirma que este se encuentra en el Caribe. En la actualidad su producción a mayor escala se da en la India, Sri Lanka y Tailandia. [11]

La fibra se obtiene de la corteza de su fruto, el cual es el objeto principal de su cultivo gracias al agua que contiene y a su pulpa comestible.

Por tanto, la fibra es un subproducto que la mayoría de veces es tratada como desecho. En la Figura 2.11 podemos ver su planta, su fruto y su fibra.



**Figura 2.11.-** (a) Palma (b) Fruto (c) Fibra [11]

Los principales países productores y exportadores de fibra de coco son la India y Sri Lanka, cuya producción se estima en 500.000 toneladas de fibra lo cual representa un valor de USD \$100 millones. Los países que les suceden como exportadores son Tailandia, Vietnam, las Filipinas e Indonesia. El 50% de estas exportaciones corresponden a la fibra bruta, mientras que son pequeñas las cantidades exportadas como hilo y esteras. [11]

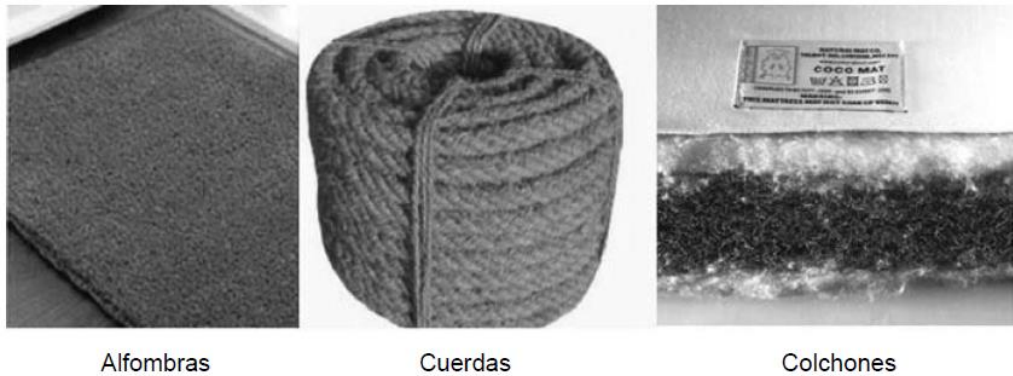
A nivel nacional la producción de fruta de coco está alrededor de 50886 t, siendo Esmeraldas el mayor productor con 37415 t, seguido de Manabí con 11569 t, de acuerdo a una investigación realizada por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP). Lamentablemente, en el Ecuador no se explotan los residuos sólidos generados, por lo que se convierten en desechos que son destinados a botaderos de basura. [1]

El coco está constituido de afuera hacia adentro por una envoltura fibrosa llamada mesocarpo, seguido por el endocarpo y finalmente el endosperma. El endocarpo es un material muy duro, de unos cinco milímetros de espesor, el cual cubre la pulpa comestible o endospermo. [10] Un esquema representativo del coco se presenta en la Figura 2.12



**Figura 2.12.-** Partes del fruto de coco [10]

El espesor de la corteza del coco o mesocarpio, se encuentra entre 3 y 5 cm, representando un 35% de la fruta. El 90 % del mesocarpio está constituido por fibras, constituidas principalmente por lignina y celulosa. Las fibras miden entre 15 y 30 cm. Actualmente, debido a su calidad de resistencia, durabilidad y otras ventajas, se usa para fabricar decoración, pisos, hilos, sogas, entre otras. [11]



**Figura 2.13.-** Aplicaciones tradicionales del coco [11]

Sus características se presentan en las Tablas 2.7 y 2.8

**Tabla 2.7.-** Propiedades a tracción de la fibra de coco [12]

Resistencia (MPa)	Módulo de Young (GPa)	Deformación de falla %
130-220	4-6	25-40

**Tabla 2.8.-** Propiedades físicas de la fibra de coco [12]

Contenido de humedad (%)	Contenido de ceniza (%)	Contenido de carbono (%)	Absorción de agua (%)	Diámetro promedio (µm)	Densidad (g/m <sup>3</sup> )
27.1	5.1	51.5	169	397	1.29

#### 2.1.4.9 Proceso de fabricación

Para el proceso de fabricación de materiales compuestos existen varios tipos de equipos, tipos de procesamiento, los cuales se utiliza de acuerdo con el tipo de material que se desea, los componentes y el uso que se le va a dar al mismo.

Se analizará la estratificación a compresión y la estratificación manual debido a que estos procesos usaremos para realizar las probetas en el desarrollo de nuestro estudio.

### a) Estratificación a compresión

El proceso de conformado por molde a presión emplea moldes macho y hembra de una determinada geometría relacionada con la pieza o parte estructural a conformar. Una cantidad adecuada de material compuesto (fibra más resina) es colocada dentro del molde al cual se le aplica una presión hidráulica relativamente alta y, a su vez, con el agregado de calor se logra la fluidez de la matriz logrando así la forma requerida de la pieza. [7]

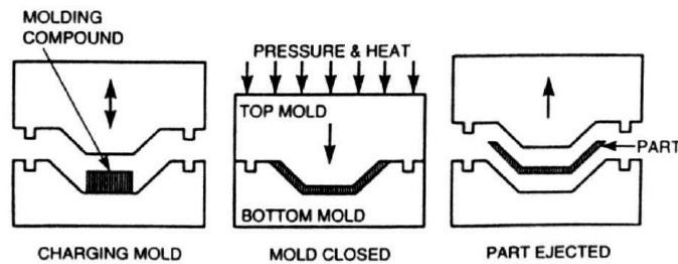


Figura 2.14.- Esquema del equipo de conformado por molde a compresión. [7]

### b) Estratificación Manual

La estratificación manual, denominada hand lay-up, es una técnica simple y antigua para la conformación de materiales compuestos de matriz termoestable. Las resinas termoestables permiten un fácil procesamiento y una buena impregnación de refuerzos (fibra), debido a que está en estado líquido a temperatura ambiente. [11]

Para que ocurra la reticulación (curado) se adiciona un iniciador, que es el encargado de desencadenar la reacción y posteriormente un catalizador o promotor para acelerar dicha reacción. La resina poliéster, frecuentemente usada por su bajo costo, tiene un contenido de estireno monómero entre 30 y 50% en peso. Como iniciador se utiliza generalmente octoato de cobalto y como catalizador peróxido de metil cetona (MEKP, por sus siglas en inglés) [11]

Las etapas del proceso de estratificación manual se muestran a continuación:

- i. Se adiciona al molde un agente de desmoldeo para poder retirar con mayor facilidad la pieza que deseamos obtener.
- ii. Seguidamente usamos el gelcoat el cual es aplicado con una pistola de aspersión o de forma manual con el empleo de un rodillo o brocha.

- iii. Cuando el gelcoat ha curado parcialmente, se colocan capas del material de refuerzo y se agrega la resina catalizada sobre la capa de refuerzo, ayudado con un rodillo el cual ayuda que el refuerzo se impregne del polímero y con el objetivo de eliminar el aire atrapado entre la matriz y el refuerzo.
- iv. Se deja curar la pieza a temperatura ambiente. El tiempo de curado depende del sistema catalítico empleado y de la cantidad de iniciador y catalizador utilizada. Finalmente se retira la pieza del molde



**Figura 2.15.-** Fabricación por estratificación manual [11]

### **2.1.5 Ensayos destructivos y evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos**

La evaluación de las propiedades mecánicas para la caracterización de los materiales compuestos, se hace a través de ensayos destructivos, este consiste en hacer determinado número de probetas del material y realizar pruebas para caracterizar su comportamiento.

Existen normas para los procedimientos de caracterización mecánica. A nivel mundial, la normativa disponible es extensa. Es así que institutos normalizadores como ASTM, ASME, ISO, UNE, ICONTEC, INEN, entre otros, han generado gran cantidad de normas para diferentes propósitos, entre los que se incluye la caracterización mecánica. [11]

La Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM por sus siglas en inglés, ha desarrollado normas para ensayo de materiales entre las cuales se pueden encontrar las normas de caracterización de composites. De esta forma, los análisis para la caracterización de los materiales compuestos obtenidos en el proyecto PIC-08-493 se fundamentan básicamente en los ensayos de tracción, flexión e impacto, bajo procedimientos [11]

### 2.1.5.1 Ensayo a tracción

El ensayo de tracción es uno de los ensayos mecánicos más comúnmente realizado. El material ensayado se deforma hasta la rotura de la probeta, con la aplicación de una fuerza uniaxial a lo largo del eje principal, aumentando de manera gradual.

Para materiales compuestos reforzados con fibras, el ensayo de tracción se rige bajo la norma D3039/D3039M-08 realizando el ensayo en una máquina universal como se ve en la Figura 2.16



**Figura 2.16.-** Máquina universal MTE-50 para tracción  
**Fuente:** Autor

Las probetas a ensayar deben presentar dimensiones específicas indicadas en la norma mencionada anteriormente. Además, dichas probetas requieren mostrar superficies libres de defectos visibles, fisuras o imperfecciones. [11]

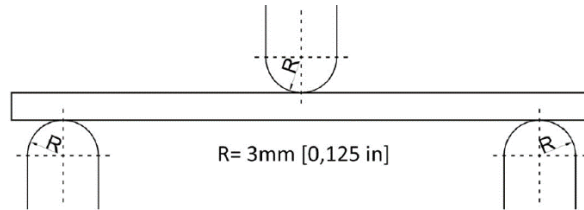
### 2.1.5.2 Ensayo a flexión

Este ensayo es realizado mediante la norma D7264/D7264M-07.

Con este ensayo se determina la rigidez a la flexión y propiedades de resistencia de un compuesto de matriz polimérica. El procedimiento se basa en un sistema de carga en tres puntos utilizando una carga central en una viga con apoyos simples. [5]

Las propiedades a flexión se pueden ver afectadas por la superficie de la probeta, pues ningún laminado es perfectamente simétrico, estas pequeñas diferencias desviarán el eje neutral y los resultados se verán afectados incluso por la mínima asimetría presente en el laminado. [1]

También se puede afectar de acuerdo al espesor de la probeta, ambientes condicionantes o de ensayo en el que se ejecutan las pruebas, velocidad de aplicación de esfuerzo. [6]



**Figura 2.17.-** Configuración de carga a flexión en tres puntos utilizada (ASTM D7264/D7264M-07)

Se realizará el ensayo en una máquina universal MTE-50, lo que cambia son los aditamentos para este ensayo, en este caso un indentador y las 2 bases.



**Figura 2.18.-** Máquina Universal MTE-50 para flexión  
**Fuente:** Autor

### 2.1.5.3 Ensayo de impacto mediante caída de dardo

Este ensayo de impacto se realiza bajo las especificaciones de la norma técnica ASTM D5628-10.

En la Figura 2.19 se muestra la máquina de impacto por caída de dardo. Se debe de considerar que el área de impacto del dardo esté completamente libre de fallas, para no tener problemas en los resultados.

Con este ensayo normalizado determinamos la energía de falla del material, en la cual se presentan fisuras al dejar caer un dardo sobre la probeta. Al colocar la probeta en la máquina deja caer el dardo, el mismo no debe golpear dos veces a la probeta, no debe rebotar. Al retirar la probeta se procede a examinar si ha sufrido o no daño. [1]



**Figura 2.19.-** Máquina de impacto por caída de dardo [11]

Se debe considerar que la energía de impacto será aquella necesaria para producir fallas en al menos el 50% de las probetas. Este mismo criterio se tomará para definir a la altura y el peso del impactado.

También se debe notar que la falla generalmente ocurre en el lado opuesto al golpe de impacto, por lo que es necesario después de cada impacto revisar esta superficie [6]

## **2.2 HIPÓTESIS**

“La fibra de coco larga al 35% en fracción volumétrica, utilizada como refuerzo en un material compuesto a base de resina poliéster y con estratificación a compresión tendrá los mejores resultados en las pruebas de tracción que sus similares en fibra corta o fibra mixta a estratificación manual y a compresión”

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **2.3.1 Variable independiente**

Material compuesto de resina poliéster con fibra de coco

### **2.3.2 Variable dependiente**

Las propiedades mecánicas obtenidas.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Exploratoria.**

Este es un tipo de investigación en el que podremos indagar de una manera profunda en lo referente a la fabricación del material compuesto de resina poliéster con fibra de coco en sus diferentes configuraciones y porcentajes con el fin de encontrar la que mejores características nos ofrezca.

##### **3.1.2 Descriptivo.**

También se podrá usar el método descriptivo para poder observar las distintas formas de combinación a utilizar, además de las distintas maneras de conformar las probetas de material compuesto para su ensayo.

##### **3.1.3 Bibliográfica**

Este sin duda es un pilar fundamental en el desarrollo de nuestro estudio mediante el cual nos basaremos en libros, papers, investigaciones previas, normas y otras fuentes de investigación para la obtención de parámetros adecuados en la búsqueda de los mejores resultados que obtengamos.

##### **3.1.4 Experimental**

La investigación es de modalidad experimental, debido a que los resultados de los ensayos obtenidos luego de las pruebas realizadas permitirán generar un estándar experimental para su futura aplicación en la industria.

#### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1 Población**

Se utilizará fibra de coco como material de refuerzo en tres tipos diferentes, Típa A (Fibra larga 10cm), Tipo B (Fibra corta 0.5-1 cm) y Tipo C (Fibra inclinada, mixta al azar), además de variar la fracción volumétrica de la fibra (25%, 30% y 35%), el proceso de estratificación se lo realizará por dos métodos manual y a compresión

obteniendo de esta manera las probetas a ser ensayadas bajo normativa a tracción, flexión e impacto.

### **3.2.2 Muestra**

En nuestro caso la muestra es:

Las diferentes probetas se realizarán con un mínimo de cinco por cada tipo de ensayo, y todo bajo las especificaciones de las normas correspondientes (Tracción ASTM D3039-00, Flexión ASTM D7264-07 e Impacto ASTM D5628-10) en función de la configuración y fracción volumétrica del material compuesto (resina poliéster + fibra de coco) mediante moldes y probetas, tras su análisis correspondiente determinar el material que presente la mejor combinación de propiedades mecánicas.

### 3.3 OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1 Variable independiente:

Material compuesto estratificado de matriz poliéster reforzado con fibra de coco

Tabla 3.1.- Variable independiente

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnicas e Instrumentos
Los materiales compuestos son aquellos materiales que se conforman por la unión de dos o más materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener con el tipo de materiales originales.	Refuerzo (Fibra natural)	Configuración de la fibra	Tipo A (Fibra larga $\geq 10\text{cm}$ )	Investigación Bibliográfica
			Tipo B (Fibra corta 0.5-1cm al azar)	Investigación de campo
			Tipo C (Fibra inclinada mixta al azar)	Investigación orientada a la comprobación
	Material Compuesto	Fracción Volumétrica	25% Refuerzo/75% Matriz	Registro de datos
			30% Refuerzo/70% Matriz	Cuaderno de notas
			35% Refuerzo/65% Matriz	Normas ASTM
			Estratificación manual	Tracción ASTM D-3039
	Tipo de estratificación	Estratificación por compresión	Flexión ASTM D-7264 Impacto ASTM D-5628	

Fuente: **Autor**

### 3.3.2 Variable dependiente:

Propiedades Mecánicas

Tabla 3.2.- Variable dependiente

Contextualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El comportamiento mecánico o las propiedades mecánicas de un material reflejan la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material (deformación) ya que los materiales al ser usados están sometidos a fuerzas y cargas.	Propiedades Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia a la tracción</li> <li>- Módulo de elasticidad</li> <li>- Resistencia a la flexión</li> <li>- Módulo de flexión</li> <li>- Impacto</li> </ul>	<p>(15-25) MPa</p> <p>(2-5) GPa</p> <p>(1-5) MPa</p> <p>(1-3.5) GPa</p> <p>(1.5-3) J</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación Bibliográfica</li> <li>- Investigación de campo</li> <li>- Formatos o fichas para toma de datos de ensayos</li> <li>- Cuaderno de notas</li> </ul>
	Análisis Microestructural	Microscopía Electrónica	¿Existirá adherencia entre la matriz y el refuerzo?	

Fuente: Autor

### **3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

En el desarrollo de la recolección de datos se lo realizará por medio de observación directa el cual llevará registro detallado de los ensayos (tracción, flexión e impacto) a los que serán sometidas las diferentes probetas obtenidas de las configuraciones y estratificaciones propuestas. Además de un análisis estructural en el microscopio electrónico de barrido ubicado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

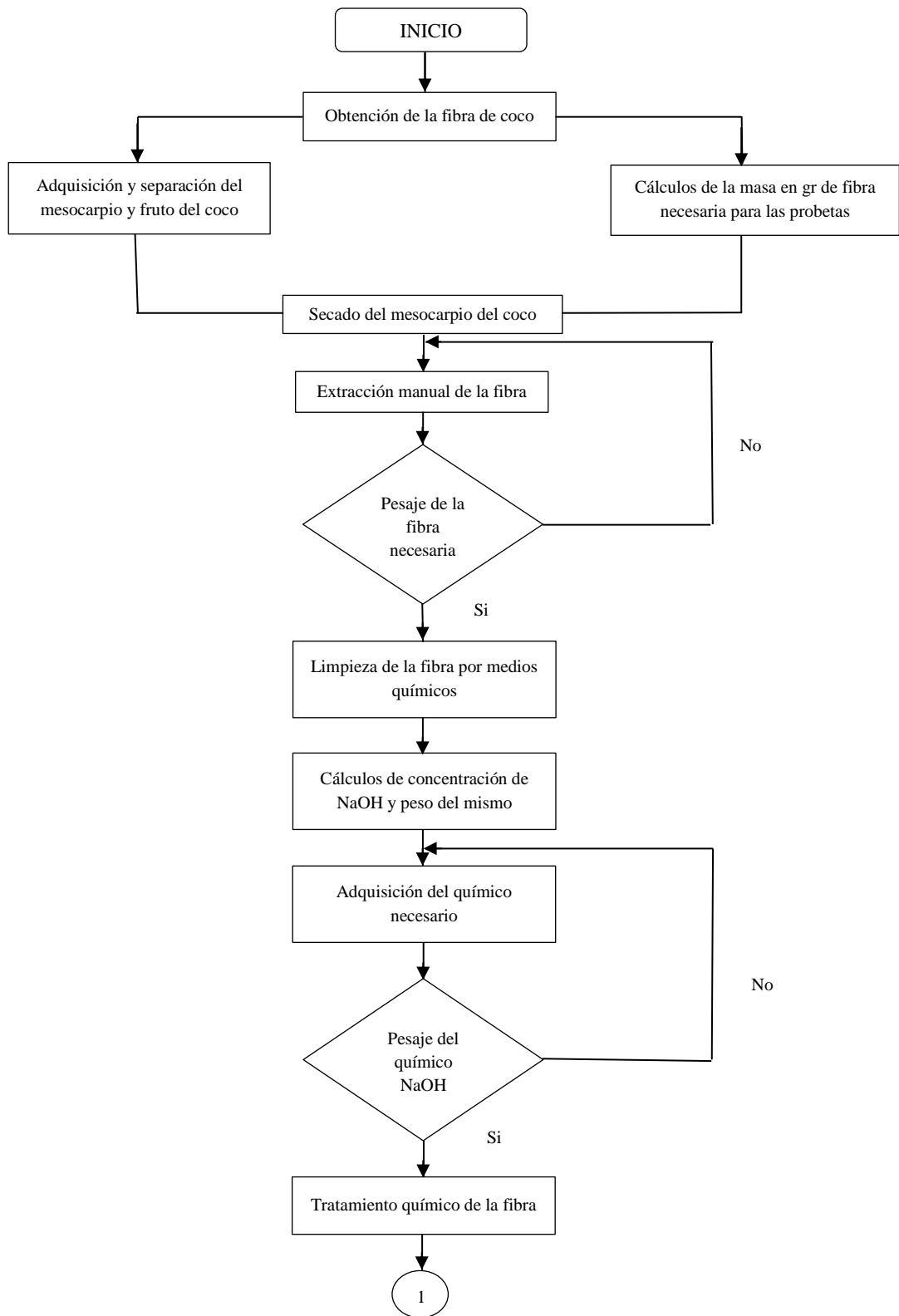
### **3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

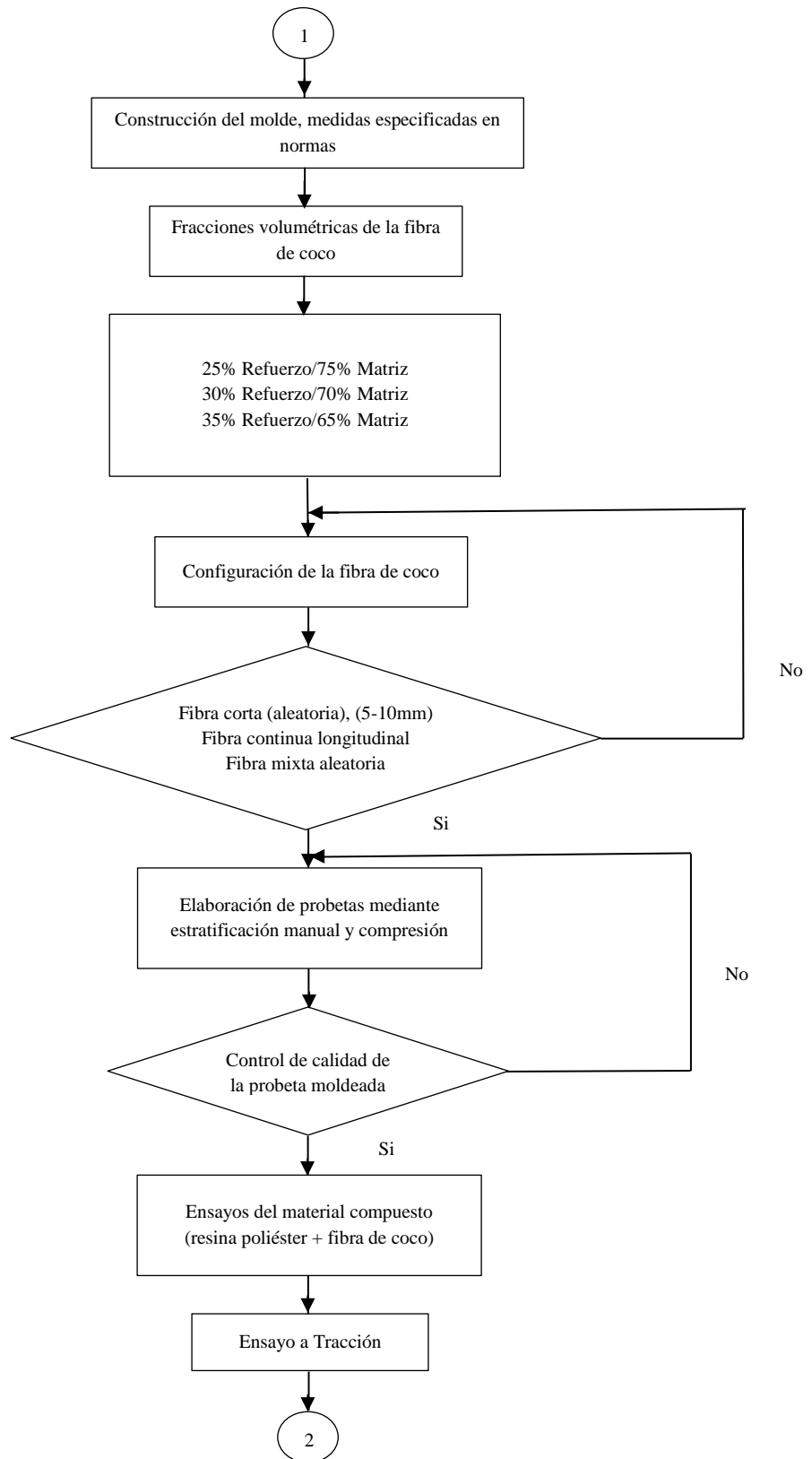
Para el correcto desarrollo de la investigación nos basaremos en el siguiente procesamiento:

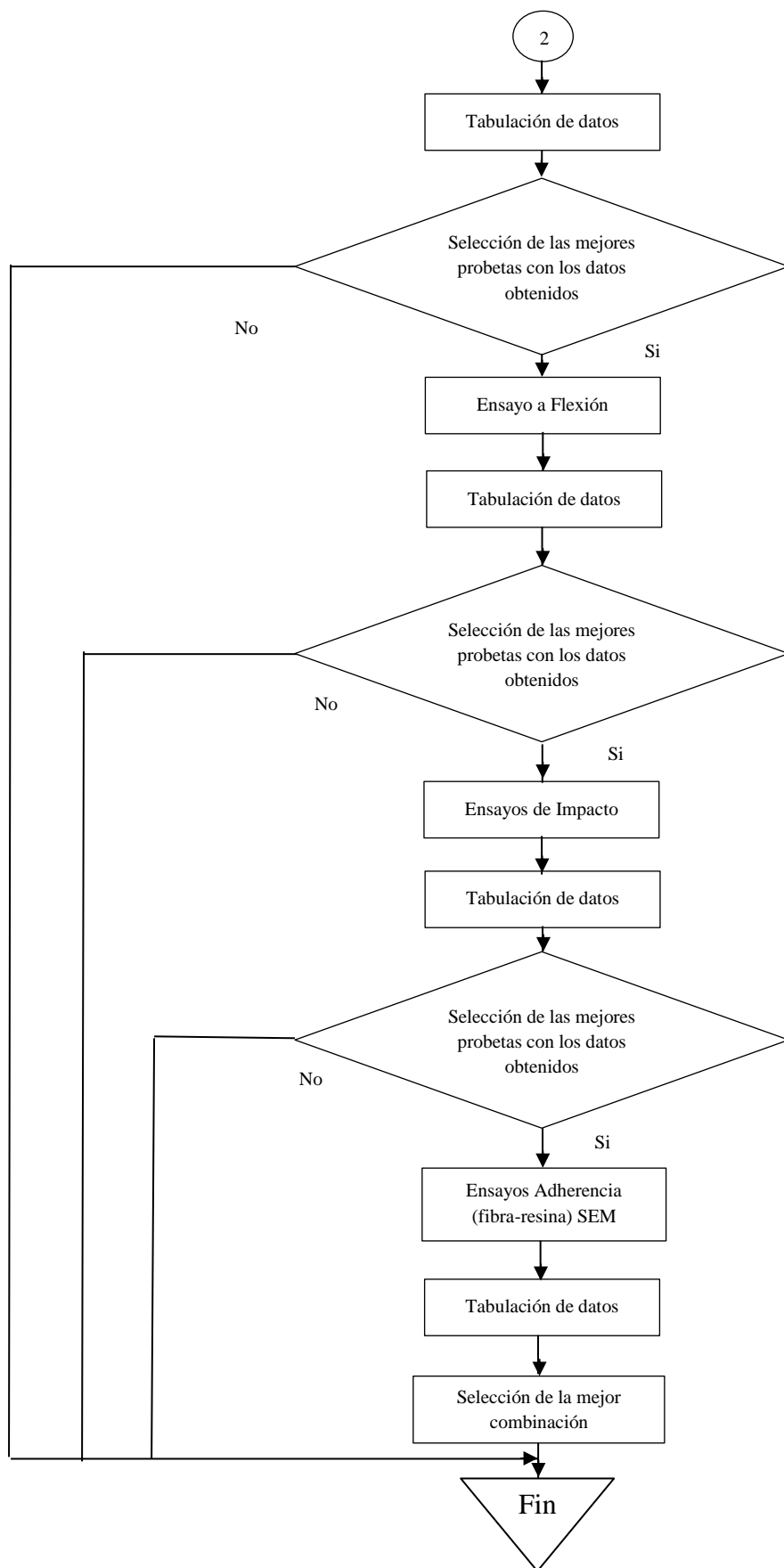
- Revisar críticamente la información obtenida de los ensayos, la información debe ser lo más clara concisa y necesaria
- Elaborar tablas con todos los datos obtenidos en cada uno de los ensayos realizados
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos en el proyecto experimental
- Analizar la hipótesis en relación con los datos obtenidos para verificarla o rechazarla

### **3.6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Al culminar el trabajo en el laboratorio se procederá a la interpretación de los resultados obtenidos en los diferentes tipos de ensayos (tracción, flexión e impacto), determinaremos la mejor configuración y fracción volumétrica así como también la estratificación que no diera la mejor combinación de resultados, una vez esto, se realizará el análisis de adherencia del material compuesto (resina poliéster + Fibra de coco) también se realizará la tabulación de resultados generados por este nuevo material además un análisis estadístico comparativo entre las diferentes tipos de fibra para determinar cuál de todas es la que nos brinda las mejores propiedades mecánicas. En el siguiente diagrama de flujo indicaremos el respectivo procedimiento para la obtención de resultados en los diferentes tipos de ensayo con el material compuesto, para su respectivo análisis.







**Figura 3.1.-** Diagrama de Flujo del procedimiento experimental

**Fuente:** Autor



### 3.7 PROCEDIMIENTO

#### 3.7.1 Obtención de la fibra de coco.

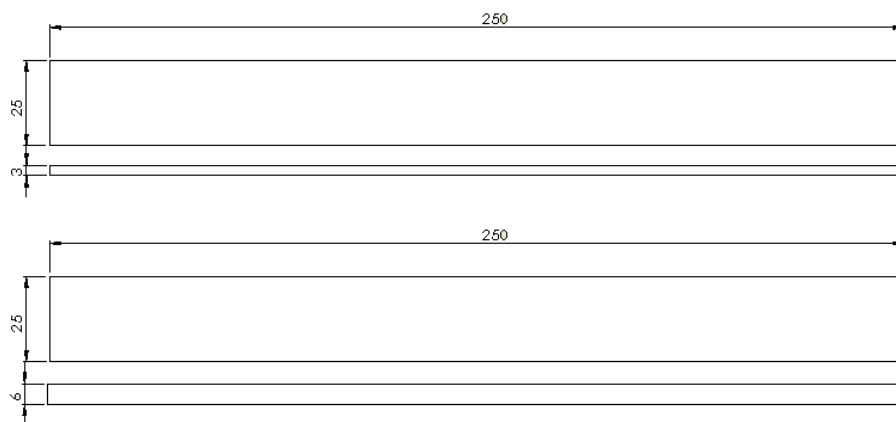
Se realizó la compra del coco, separando el mesocarpio del fruto. El mesocarpio es que contiene las fibras, este se secó al sol durante un mes, viendo como poco a poco empezó a cambiar de color, además a deshidratarse haciendo más fácil la extracción posterior de la fibra.

#### 3.7.2 Cálculos de la masa en (gr) de la fibra.

Para realizar los cálculos y encontrar la masa (gr) de fibra de coco es necesario establecer las dimensiones de las probetas, tener precisadas las fracciones volumétricas a usar en los grupos de las probetas.

##### 3.7.2.1 Probetas a Tracción

Las probetas a tracción se las realizará de acuerdo a la norma ASTM 3039-08.



**Figura 3.2.-** Dimensiones de las probetas a tracción (ASTM D3039)

**Fuente:** Autor.

Con estas medidas procedemos a sacar el volumen general de las probetas a tracción.

Cálculo del área

$$A = l * a$$
$$A = 250mm * 25mm$$
$$A = 6250 mm^2$$
$$A = 6.250 cm^2$$

Dónde:

$l$  = largo de la probeta (mm)

$a$  = Ancho de la probeta (mm)

Cálculo del volumen

$$V = A * e$$

$$V = 6250mm^2 * 3mm^2$$

$$V = 18750mm^3$$

$$V = 18.750cm^3$$

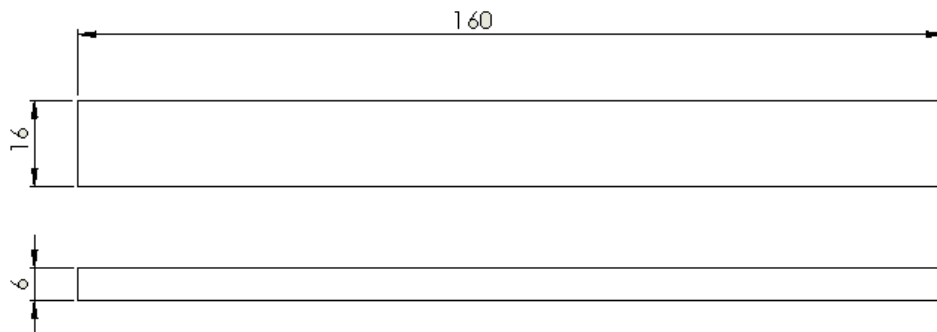
Dónde:

$A$  = Área de la probeta (mm)

$e$  = Espesor de la probeta (mm)

### 3.7.2.2 Probetas a Flexión

Las probetas a flexión se las realizará de acuerdo a la norma ASTM 7264-07.



**Figura 3.3.-** Dimensiones de las probetas a flexión (ASTM 7264)

**Fuente:** Autor

Con estas medidas procedemos a sacar el volumen general de las probetas a flexión.

Cálculo del área

$$A = l * a$$

$$A = 160mm * 16mm$$

$$A = 2560 mm^2$$

$$A = 2560 cm^2$$

Dónde:

$l$  = largo de la probeta (mm)

$a$  = Ancho de la probeta (mm)

Cálculo del volumen

$$V = A * e$$
$$V = 2560mm^2 * 6mm$$
$$V = 15360 mm^3$$
$$V = 15.36 cm^3$$

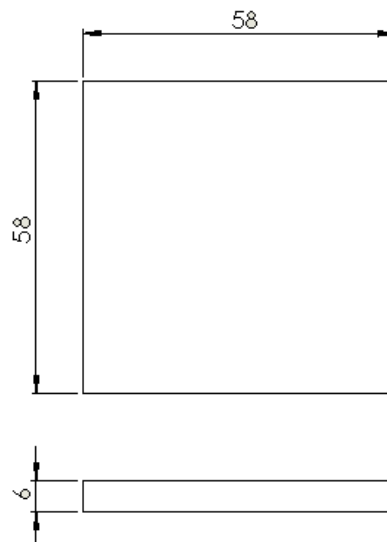
Dónde:

A = Área de la probeta (mm)

e = Espesor de la probeta (mm)

### 3.7.2.3 Probetas a Impacto

Las probetas a impacto se las realizará de acuerdo a la norma ASTM D5628-10.



**Figura 3.4.-** Dimensiones de la probeta a impacto (ASTM 5628)

**Fuente:** Autor

Con estas medidas procedemos a sacar el volumen general de las probetas a impacto, debido a que estas probetas son pequeñas se realizará una plancha de la cual posteriormente se procederá a cortar 5 probetas de impacto.

Cálculo del área

$$A = l * a$$
$$A = 290mm * 58mm$$
$$A = 16850 mm^2$$
$$A = 16850 cm^2$$

Dónde:

l= largo de la probeta (mm)

a= Ancho de la probeta (mm)

Cálculo del volumen

$$\begin{aligned}V &= A * e \\V &= 16820mm^2 * 6mm \\V &= 100920 mm^3 \\V &= 100.92 cm^3\end{aligned}$$

Dónde:

A = Área de la probeta (mm)

e = Espesor de la probeta (mm)

#### **3.7.2.4 Condiciones de las probetas**

Se usarán las fracciones volumétricas preestablecidas previamente en el perfil de tesis.

Las fracciones volumétricas a usar son:

- 25% Refuerzo/75% Matriz
- 30% Refuerzo/70% Matriz
- 35% Refuerzo/65% Matriz

Las condiciones de la fibra es otro factor a tener presente, de igual manera se usarán las preestablecidas.

- Tipo A (Fibra larga)
- Tipo B (Fibra Corta)
- Tipo C (Fibra Mixta)

La diferente manera de hacer las probetas, se tomó dos tipos de estratificaciones:

- Estratificación Manual
- Estratificación a compresión

El número de probetas a realizarse son 6 de cada grupo, en total tenemos 18 grupos.

A continuación, presentamos la tabla con las diferentes combinaciones a usar en nuestro trabajo experimental.

**Tabla 3.3.- Grupos de probetas para los ensayos**

#	Tipo de Refuerzo	Fracción Volumétrica	Tipo de Estratificación	Orden	Número de probetas
1	Tipo (A)	25%	Manual (M)	A+25%+M	5
2	Tipo (A)	30%	Manual (M)	A+30%+M	5
3	Tipo (A)	35%	Manual (M)	A+35%+M	5
4	Tipo (B)	25%	Manual (M)	B+25%+M	5
5	Tipo (B)	30%	Manual (M)	B+30%+M	5
6	Tipo (B)	35%	Manual (M)	B+35%+M	5
7	Tipo (C)	25%	Manual (M)	C+25%+M	5
8	Tipo (C)	30%	Manual (M)	C+30%+M	5
9	Tipo (C)	35%	Manual (M)	C+35%+M	5
10	Tipo (A)	25%	Compresión (C)	A+25%+C	5
11	Tipo (A)	30%	Compresión (C)	A+30%+C	5
12	Tipo (A)	35%	Compresión (C)	A+35%+C	5
13	Tipo (B)	25%	Compresión (C)	B+25%+C	5
14	Tipo (B)	30%	Compresión (C)	B+30%+C	5
15	Tipo (B)	35%	Compresión (C)	B+35%+C	5
16	Tipo (C)	25%	Compresión (C)	C+25%+C	5
17	Tipo (C)	30%	Compresión (C)	C+30%+C	5
18	Tipo (C)	35%	Compresión (C)	C+35%+C	5
Número total de probetas a ensayar					90

Fuente: Autor

### 3.7.2.5 Cálculos

Con los datos exactos a utilizar, se procede a calcular la masa de la fibra para las probetas a tracción.

El volumen total de la probeta es de 18.750 cm<sup>3</sup>

El número de probetas por cada fracción volumétrica y tipo de fibra son:

- 30 probetas con una fracción volumétrica de 25% (4.68cm<sup>3</sup>)
- 30 probetas con una fracción volumétrica de 30% (5.62 cm<sup>3</sup>)
- 30 probetas con una fracción volumétrica de 35% (6.56 cm<sup>3</sup>)

La densidad de la fibra a coco es de 1.2 (g/cm<sup>3</sup>) según varios autores, pero usaremos la densidad media de  $\rho = 0.77 \left(\frac{g}{cm^3}\right)$  [13]

La masa de la fibra tipo A para las 30 probetas es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 0.77 \left( \frac{g}{cm^3} \right) * 4.68cm^3$$

$$m = 3.60 g$$

$$m(A) = 3.60 * 30$$

$$m(A) = 108.1 g$$

La masa de la fibra tipo B para las 30 probetas es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 0.77 \left( \frac{g}{cm^3} \right) * 5.62cm^3$$

$$m = 4.32 g$$

$$m(C) = 4.32 g * 30$$

$$m(C) = 129.8 g$$

La masa de la fibra tipo C para las 30 probetas es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 0.77 \left( \frac{g}{cm^3} \right) * 6.56cm^3$$

$$m = 5.05 g$$

$$m(B) = 5.05 g * 30$$

$$m(B) = 151.5 g$$

La masa total de las 108 probetas es:

$$m(T) = m(A) + m(B) + m(C)$$

$$m(T) = 90.9g + 108g + 126g$$

$$m(T) = 389.4g$$

Para el primer ensayo (tracción) se necesitó 389.4 g de fibra de coco a fin de hacer el material compuesto mezclándolo con la resina poliéster.

En los ensayos de flexión fue necesario analizar los datos obtenidos de tracción, y de los mejores resultados realizar ensayos.

Se presentaron los mejores resultados en 6 familias, mismas que pasaron a los siguientes ensayos, se realizó el cálculo de la cantidad de fibra de coco con este número de familias, además sin usar el factor de mayor ración.

A continuación, se presenta el cálculo de la cantidad de fibra de coco para las probetas de ensayos de flexión y de impacto.

Cálculo de la masa para probetas a flexión

El volumen total de la probeta es de  $15.36 \text{ cm}^3$

El número de probetas por cada fracción volumétrica y tipo de fibra son:

- 5 probetas con una fracción volumétrica de 25% ( $3.84 \text{ cm}^3$ )
- 5 probetas con una fracción volumétrica de 30% ( $4.60 \text{ cm}^3$ )
- 20 probetas con una fracción volumétrica de 35% ( $5.37 \text{ cm}^3$ )

La densidad de la fibra a coco es de  $1.2 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  según varios autores, pero usaremos la densidad media de  $0.77 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  [13]

La masa de la fibra tipo A para las 5 probetas será:

$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$m = \rho * V$$
$$m = 0.77 \left( \frac{g}{\text{cm}^3} \right) * 3.84 \text{ cm}^3$$
$$m = 2.95 \text{ g}$$
$$m(A) = 2.95 * 5$$
$$m(A) = 14.75 \text{ g}$$

La masa de la fibra tipo B para las 5 probetas será:

$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$m = \rho * V$$
$$m = 0.77 \left( \frac{g}{\text{cm}^3} \right) * 4.60 \text{ cm}^3$$
$$m = 3.54 \text{ g}$$
$$m(C) = 3.54 \text{ g} * 5$$
$$m(C) = 17.7 \text{ g}$$

La masa de la fibra tipo C para las 20 probetas será:

$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$m = \rho * V$$
$$m = 0.77 \left( \frac{g}{cm^3} \right) * 5.37 cm^3$$
$$m = 4.13 g$$
$$m(B) = 4.13 g * 20$$
$$m(B) = 82.6 g$$

La masa total de las 30 probetas será:

$$m(T) = m(A) + m(B) + m(C)$$
$$m(T) = 14.75 g + 17.7 g + 82.6 g$$
$$m(T) = 115.05 g$$

Cálculo de la masa para probetas a impacto

El volumen total de las 5 probetas que constituyen la plancha es de 100.92 cm<sup>3</sup>

El número de probetas por cada fracción volumétrica y tipo de fibra son:

- 10 probetas con una fracción volumétrica de 25% (25.23cm<sup>3</sup>)
- 10 probetas con una fracción volumétrica de 30% (30.27 cm<sup>3</sup>)
- 10 probetas con una fracción volumétrica de 35% (35.32 cm<sup>3</sup>)

La densidad de la fibra a coco es de 1.2 (g/cm<sup>3</sup>) según varios autores, pero usaremos la densidad media de 0.77 (g/cm<sup>3</sup>) [13]

La masa de la fibra tipo A para las 10 probetas es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$m = \rho * V$$
$$m = 0.77 \left( \frac{g}{cm^3} \right) * 25.23 cm^3$$
$$m = 19.5 g$$
$$m(A) = 19.5 * 2$$
$$m(A) = 39 g$$



La masa de la fibra tipo B para las 10 probetas será:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ m &= \rho * V \\ m &= 0.77 \left( \frac{g}{cm^3} \right) * 30.27 cm^3 \\ m &= 23.3 g \\ m(C) &= 23.3 g * 2 \\ m(C) &= 46.61 g\end{aligned}$$

La masa de la fibra tipo C para las 10 probetas será:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ m &= \rho * V \\ m &= 0.77 \left( \frac{g}{cm^3} \right) * 35.32 cm^3 \\ m &= 27.2 g \\ m(B) &= 27.2 g * 2 \\ m(B) &= 54.4 g\end{aligned}$$

La masa total de las 30 probetas será:

$$\begin{aligned}m(T) &= m(A) + m(B) + m(C) \\ m(T) &= 39 g + 46.6 g + 54.4 g \\ m(T) &= 140 g\end{aligned}$$

El total de masa de fibra de coco para los 3 ensayos fue 645 gramos aproximadamente. Para llevarlo a la práctica se usará un factor de mayoración de 2 ya que a través de experimentación se obtuvo que la fibra en su cantidad total no logra entrar en la probeta.

### **3.7.3 Secado del mesocarpio del coco**

Se procedió a secar el mesocarpio de varios cocos ya que al no tener un dato exacto de la cantidad de fibra que se obtienen de cada coco ya que depende el tamaño y grosor

del mesocarpio, dichos cocos se pusieron al sol durante aproximadamente 1 mes en un techo de concreto sin protección alguna, la combinación de sol y agua ayudaría a descomponer el coco con mayor facilidad.



**Figura 3.5.- Mesocarpio del coco seco**  
**Fuente:** Autor

#### **3.7.4 Extracción manual de la fibra de coco seca**

Una vez seco el mesocarpio del coco, su color verde cambio a café por la presencia de sol, además se ha deshidratado, lo procedemos a dividir en varias tiras para extraer la fibra mucho más visible ahora. A pesar de estar seca la fibra, esta tiene un contenido de humedad del 27.1%. [12]



**Figura 3.6.- Tiras de coco secas**  
**Fuente:** Autor

Todo este procedimiento se lo realizó de forma manual con la ayuda de un cepillo de alambre para eliminar un poco la pulpa o material fenólico adherido a la fibra, polvo ya por el sol.



**Figura 3.7.-** Eliminación de material fenólico con cepillo de alambre  
**Fuete:** Autor

Y de esta manera empezamos a obtener la fibra de coco, una vez obtenida la masa necesaria (645 g) procederemos al ataque químico.



**Figura 3.8-** Fibra de coco  
**Fuente:** Autor

### **3.7.5 Limpieza de la fibra por medio químico**

Con el fin de mejorar la compatibilidad entre la fibra de coco y la resina poliéster procedemos a realizar un ataque químico, el proceso de mercerizado. En este procedimiento se introdujeron las fibras en un medio acuoso de Hidróxido de Sodio (NaOH) con una concentración volumétrica del 2% y del 1%. [14]

Se realizó un tratamiento previo con muestras de fibra a estos dos porcentajes para observar cual nos ofrece las mejores condiciones de limpieza.

Las muestras fueron de 5 gr cada una, presentando en la siguiente ficha técnica, el resultado obtenido vista microscopio de barrido (SEM) en donde analizamos las condiciones de limpieza.



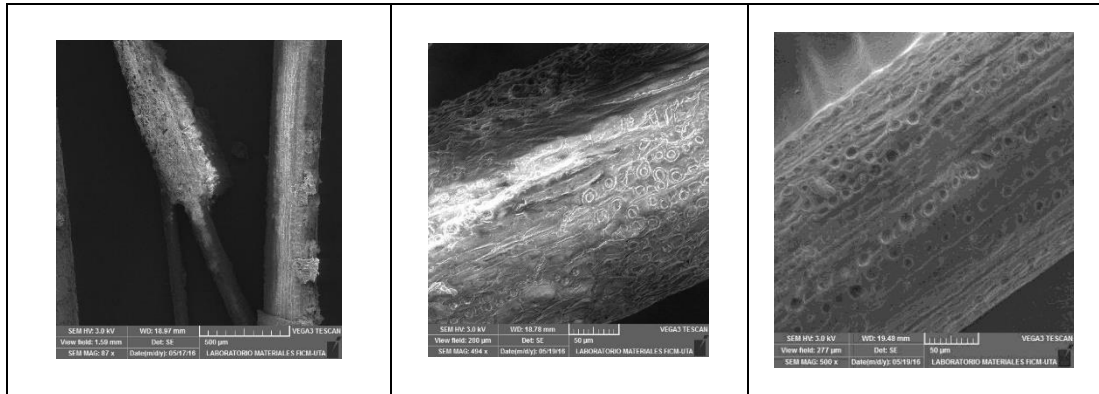
Diferencias entre las fibras con y sin tratamiento químico

Datos informativos

Fecha:	07-08-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato		
Máquina:	Microscopio de Barrido (SEM) Tescan		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYOS

Fibra sin tratamiento	Fibra tratada al 1%	Fibra tratada al 2%

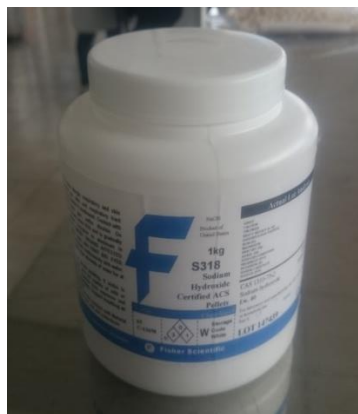


Las fotografías SEM permitieron elegir el tratamiento con la concentración del 2% ya que se determinó que limpia de impurezas a la fibra y como consecuencia se de una mejor adherencia entre la fibra y la resina.

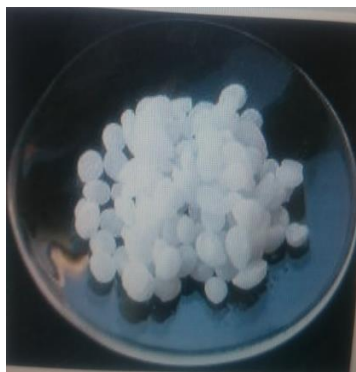
Este procedimiento se lo realizó por 2 horas lo que nos ayuda a la reducción de la cantidad de lignina, ceras y otras impurezas propias de la fibra coco.

### 3.7.6 Cálculos de hidróxido de sodio para el ataque químico

El hidróxido de sodio (NaOH) es un químico también conocido como sosa caustica, es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe la humedad del aire. Al contacto con el agua libera gran cantidad de calor.



**Figura 3.9.-** Hidróxido de Sodio (NaOH)  
Fuente: Autor



**Figura 3.10.-** Granos de hidróxido de sodio (NaOH)

**Fuente:** Autor

Para realizar los cálculos de las concentraciones de hidróxido de Sodio es necesario conocer los siguientes parámetros:

Densidad del agua  $\rho_{H_2O} = 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$

Densidad del Hidróxido de Sodio  $\rho_{NaOH} = 2.13 \text{ (g/cm}^3\text{)}$

Volumen de la solución  $V_{\text{solución}} = 1000\text{cm}^3$

Concentración del NaOH en fracción de masa  $M_{NaOH} = 0.02 \text{ [14]}$

Las cantidades de solvente (agua) y Soluta (NaOH) requeridas para el ataque químico se calcularán con la ecuación conocida como “Regla de mezclas”. [10]

$$V_{NaOH} = \frac{M_{NaOH} * \rho_{NaOH}}{M_{NaOH} * \rho_{NaOH} + (1 - M_{NaOH})\rho_{H_2O}}$$

$$V_{NaOH} = \frac{0.02 * 2.13 \text{ g/cm}^3}{0.02 * 2.13 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + (1 - 0.02)1 \text{ g/cm}^3}$$

$$V_{NaOH} = 0.04165$$

$V_{NaOH}$  = Concentración de hidróxido de Sodio en fracción de volumen

Ahora calculamos el volumen de hidróxido de sodio y de agua a utilizarse

$$V_{NaOH} = 0.04165 * 1000 \text{ cm}^3$$

$$V_{NaOH} = 41.65 \text{ cm}^3$$

$$V_{H_2O} = (1-0.04165) * 1000 \text{ cm}^3$$

$$V_{H_2O} = 958.35 \text{ cm}^3$$

Al ser un químico sólido es necesario tener el valor en peso (gramos)

$$m = V * \rho$$
$$m_{\text{NaOH}} = 41.65 \text{ cm}^3 * 2.13 \text{ g/cm}^3$$
$$m_{\text{NaOH}} = 88.71 \text{ g}$$

Para garantizar que el tratamiento químico sea el óptimo se recomienda la relación masa de la fibra vs masa de solución de 1:25 [10]

La masa Total:

$$m_{\text{total}} = m_{\text{NaOH}} + m_{\text{H}_2\text{O}}$$
$$m_{\text{total}} = 88.71 \text{ g} + 958.35 \text{ g}$$
$$m_{\text{total}} = 1047.06$$

Entonces la masa de fibra a tratarse será:

$$mf = 1047.06 \text{ g de solución} * \frac{1 \text{ g de fibra}}{25 \text{ g de solución}}$$

$$mf = 41.88 \text{ g} \approx 40 \text{ g}$$

### 3.7.7 Tratamiento químico de la fibra.

El procedimiento se lo realizó en un laboratorio de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) de la Universidad Técnica de Ambato.

Para el proceso químico se usaron todos los datos calculados, los 1000 cm<sup>3</sup> de agua destilada se los depositó en un vaso de precipitación con la capacidad requerida.



**Figura 3.11.-** Vaso de precipitación con agua destilada  
**Fuente:** Autor

Se procedió al pesaje de 88.73 gramos de hidróxido de sodio en una balanza digital de precisión de 3 decimales.



**Figura 3.12.-** Pesaje del NaOH  
**Fuente:** Autor

Los 40 gramos de fibra también fueron pesados, previamente en los laboratorios de Ingeniería Mecánica.



**Figura 3.13.-** Pesaje de la fibra de coco  
**Fuente:** Autor

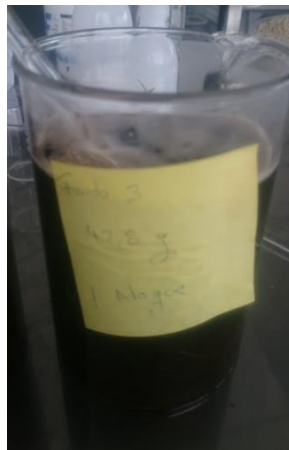
La mezcla del NaOH y el agua destilada se lo realizó con mucho cuidado con una varilla de vidrio, debido a que produce una reacción exotérmica al producir calor se hizo la mezcla en pequeñas cantidades.





**Figura 3.14.-** Mezcla de NaOH con agua destilada  
**Fuente:** Autor

Después de tener el agua con la concentración del NaOH se sumergió la fibra de coco por el lapso de 2 horas, tiempo necesario para que actúe el químico y limpie de cualquier impureza a la fibra.



**Figura 3.15.-** Fibra de coco en solución de NaOH  
**Fuente:** Autor

Al transcurrir las 2 horas se procederá a cambiar de recipiente y poner la fibra en agua destilada dejándola reposar por toda la noche, con esto se elimina la concentración del químico.



**Figura 3.16.-** Fibra reposando en agua destilada (noche)  
**Fuente:** Autor







Al día siguiente se limpiará a la fibra de todo rastro de químico con abundante agua, no es necesario que sea agua destilada.



**Figura 3.17-** Limpieza de la fibra de coco  
**Fuente:** Autor

Para que la limpieza de la fibra sea óptima fueron necesarias pasarlas por 6 aguas diferentes, obteniendo en cada una de ellas tonalidades de color y presencia de impurezas cada vez menores. En la siguiente tabla podemos apreciar las diferencias:

**Tabla 3.4.- Tonalidades e impurezas en el agua**

Tonalidades de agua y presencia de impurezas		
Agua 1	Agua 2	Agua 3
		
Agua 4	Agua 5	Agua 6
		

**Fuente:** Autor

Como podemos apreciar en la tabla 3.4 a la sexta vez de pasar la fibra por agua ya no hay mucha presencia de impurezas, y podemos proceder a la fibra a secar, el proceso de secado se lo hará dentro del laboratorio, en un espacio libre de viento y tierra para que la fibra no se vea contaminada.



**Figura 3.18.-** Fibra mojada.

**Fuente:** Autor

### 3.7.8 Construcción del molde

El molde se lo realizo con placas de metal (ASTM A36), con diferentes espesores para cada una de los ensayos a realizar.

Los moldes para tracción aplicando la norma ASTM D-3039 especifica las medidas 250\*25\*e en milímetros (e=espesor).



**Figura 3.19-** Molde de tracción según norma ASTM D-3039

**Fuente:** Autor

Los moldes para flexión se los realizó bajo las especificaciones de la norma ASTM D-7264 en donde las medidas son 160\*16\*e en milímetros (e=espesor).



**Figura 3.20.-** Molde de flexión según norma ASTM D7264

**Fuente:** Autor

Para los moldes de impacto, debido al tamaño de las probetas especificadas en la norma ASTM D-5628 las medidas son 58\*58\*e en milímetros (e=espesor), se construyó un molde de donde obtendremos una plancha para dividirla en 5 probetas.



**Figura 3.21.-** Molde de impacto según norma ASTM D5628  
**Fuente:** Autor

Los marcos quedarían empernados a una base, constituyendo de esa forma el molde de las diferentes probetas.



**Figura 3.22.-** Moldes para probetas manuales  
**Fuente:** Autor

Para realizar las probetas a compresión fue necesario construir unas tapas para los moldes, al igual q las bases son empernadas para generar la presión a la probeta.



**Figura 3.23.-** Moldes para compresión  
**Fuente:** Autor

### 3.7.9 Fabricación de las probetas para ensayo de tracción

#### 3.7.9.1 Fracciones volumétricas de fibra de coco

Las probetas para el ensayo de tracción se las realizó bajo las condiciones expuestas en el perfil, las fracciones volumétricas de la fibra son:

25% de refuerzo (fibra de coco) y el 75% de matriz (resina poliéster)

30% de refuerzo (fibra de coco) y el 70% de matriz (resina poliéster)

35% de refuerzo (fibra de coco) y el 65% de matriz (resina poliéster)

#### 3.7.9.2 Configuración de las fibras

Las fibras de coco para el proyecto experimental tienen 3 configuraciones:

- Fibra corta (1-10 mm) de forma aleatoria



**Figura 3.24.-** Fibra de coco (corta)

**Fuente:** Autor

- Fibra larga longitudinal



**Figura 3.25.-** Fibra de coco (larga)

**Fuente:** Autor

- Fibra mixta aleatoria



**Figura 3.26.-** Fibra de coco mixta aleatoria

**Fuente:** Autor

### 3.7.9.3 Elaboración de las probetas

Para la elaboración de las probetas se siguió el siguiente procedimiento:

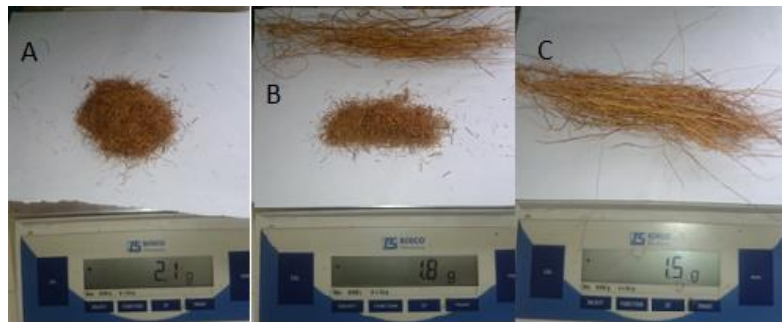
- Encerar el molde de tracción, con cera desmoldante y esperar que se seque, esto dependerá de la cantidad de cera que se haya aplicado.



**Figura 3.27.-** Aplicación de cera desmoldante  
**Fuente.** Autor

- Pesar la fibra necesaria, esta variará dependiendo de la fracción volumétrica, misma que ya fue calculada.

Para el 35% 2.1g, 30% 1.8g y 25% 1.5g



**Figura 3.28.-** Cantidad de fibra corta pesada para las probetas  
**Fuente:** Autor

- Preparar la resina para mezclar con el MECK al 2% del mismo [15]



**Figura 3.29.-** Resina poliéster  
**Fuente:** Autor



**Figura 3.30.-** Medición del MECK  
**Fuente:** Autor

- Mezclar la resina y la fibra de coco en el molde, de tal manera que no se produzcan burbujas de aire, o quede fibra sin resina.



**Figura 3.31.-** Mezcla de resina con fibra  
**Fuente:** Autor

- Llenar el molde completamente de la mezcla de resina y fibra





**Figura 3.32.-** Molde lleno de mezcla  
**Fuente:** Autor

- En caso de probetas a compresión colocar la tapa y empernarla para ejercer la presión sobre las probetas



**Figura 3.33.-** Colocación de la tapa de la matriz  
**Fuente:** Autor

- Esperar que la resina se solidifique
- Extraer con cuidado la probeta del molde



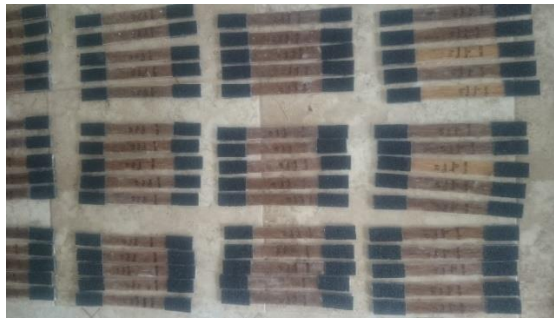
**Figura 3.34.-** Probeta extraída del molde  
**Fuente.** Autor

- Guardar la probeta en un ambiente con temperatura controlada (20-40°C) para un mejor curado



**Figura 3.35.-** Probetas en horno de temperatura controlada  
**Fuente:** Autor

- Realizar un control de calidad de las probetas
- Pegar lijas en los extremos para la sujeción de las mordazas al momento de ensayarlas.



**Figura 3.36.-** Probetas terminadas.  
**Fuente:** Autor

### **3.7.10 Ensayos de tracción de las probetas**

Los ensayos de tracción de las probetas se las realizó en el Centro de Fomento Carrocero Metalmecánico del Concejo Provincial de Tungurahua.

Se utilizó una máquina Universal MTE-50 con accesorios para el ensayo de tracción.



**Figura 3.37.-** Maquina Universal MTE-50  
**Fuente:** Autor

### **3.7.11 Tabulación de datos**

Los datos tabulados nos ayudan a seleccionar a las mejores combinaciones para realizar los ensayos de flexión, fueron 6 combinaciones las mejores.

- Fibra larga al 35% con estratificación Manual
- Fibra mixta al 35% con estratificación Manual
- Fibra corta al 25% con estratificación Manual
- Fibra corta al 30% con estratificación Manual
- Fibra corta al 35% con estratificación Manual
- Fibra corta al 35% con estratificación a Compresión

### **3.7.12 Fabricación de las probetas para ensayo de flexión**

Para la elaboración de las probetas de flexión se siguió el mismo procedimiento, tomando en cuenta los resultados de la prueba anterior, con las 6 familias se realizaron los ensayos.

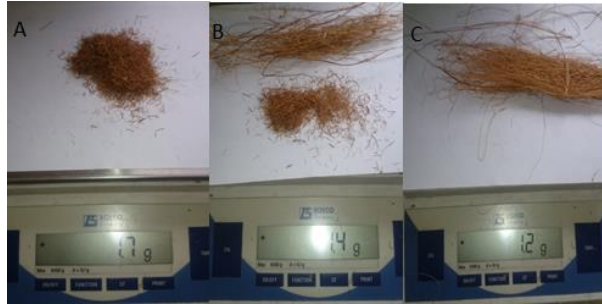
#### **3.7.12.1 Elaboración de las probetas a flexión**

- Encerar el molde de flexión, con cera desmoldante y esperar que se seque, esto dependerá de la cantidad de cera que se haya aplicado.



**Figura 3.38.-** Aplicación de cera desmoldante  
**Fuente.** Autor

- Pesar la fibra necesaria, esta variará dependiendo de la fracción volumétrica, misma que ya fue calculada.  
Para el 35% 1.7g, 30% 1.4g y 25% 1.2g



**Figura 3.39.-** Pesaje de fibra para probetas a flexión  
**Fuente:** Autor

- Preparar la resina para mezclar con el MECK al 2% del mismo [15]



**Figura 3.40.-** Resina poliéster  
**Fuente.** Autor



**Figura 3.41.-** Medición del MECK  
**Fuente:** Autor

- Mezclar la resina y la fibra de coco en el molde, de tal manera que no se produzcan burbujas de aire, o quede fibra sin resina.



**Figura 3.42.-** Mezcla de resina con fibra  
**Fuente:** Autor

- Llenar el molde completamente de la mezcla de resina y fibra



**Figura 3.43.-** Molde lleno de mezcla  
**Fuente:** Autor

- En caso de ser probetas a compresión se procede a tapar la matriz y empernar para generar la presión en la probeta.



**Figura 3.44.-** Probeta a compresión  
**Fuente:** Autor

- Esperar que la resina se solidifique
- Extraer con cuidado la probeta del molde



**Figura 3.45.-** Probeta extraída del molde  
**Fuente.** Autor

- Guardar la probeta en un ambiente con temperatura controlada (20-40°C) para un mejor curado



**Figura 3.46.-** Probetas en horno de temperatura controlada  
**Fuente:** Autor

- Realizar un control de calidad de las probetas



**Figura 3.47.-** Probetas a flexión terminadas.  
Fuente: Autor

### 3.7.13 Ensayos a flexión de las probetas.

Los ensayos de flexión de las probetas se las realizó en el Centro de Fomento Carrocero Metalmecánico del Concejo Provincial de Tungurahua.

Se utilizó una máquina Universal MTE-50 con accesorios para el ensayo de flexión.



**Figura 3.48.-** Máquina universal MTE-50 accesorios de flexión  
Fuente: Autor

### 3.7.14 Tabulación de datos

Los datos tabulados nos ayudan a seleccionar a la mejor combinación para realizar los ensayos de impacto, misma que fue Fibra corta al 30% con estratificación Manual.

Otras combinaciones que dieron resultados similares son:

Fibra larga al 35% con estratificación manual

Fibra corta al 35% con estratificación de compresión

### 3.7.15 Fabricación de probetas a impacto

Las probetas a impacto se las realizó en un solo molde por las dimensiones que poseen, se fabricó un total de 6 probetas para recortar, las 3 mejores combinaciones, además 3 combinaciones extras para ver sus efectos y diferencias. Las nuevas familias fueron:

Fibra mixta al 35% con estratificación manual y a compresión

Fibra larga al 35% con estratificación de compresión.

Estas tres últimas como un plus a la investigación

#### 3.7.15.1 Elaboración de las probetas a impacto

- Encerar el molde de tracción, con cera desmoldante y esperar que se seque, esto dependerá de la cantidad de cera que se haya aplicado.



Figura 3.49.- Aplicación de cera desmoldante en el molde de impacto

Fuente: Autor

- Pesar la fibra necesaria, esta variará dependiendo de la fracción volumétrica, misma que ya fue calculada.

Para el 35% 11.2 g, 30% 1.4g



Figura 3.50.- Pesaje de fibra para probetas a flexión

Fuente: Autor



- Preparar la resina para mezclar con el MECK al 2% del mismo



**Figura 3.51.-** Resina poliéster  
**Fuente:** Autor



**Figura 3.52.-** Medición del MECK  
**Fuente:** Autor

- Mezclar la resina y la fibra de coco en el molde, de tal manera que no se produzcan burbujas de aire, o quede fibra sin resina.



**Figura 3.53.-** Mezcla de resina con fibra  
**Fuente:** Autor

- Llenar el molde completamente de la mezcla de resina y fibra



**Figura 3.54.- Molde lleno de mezcla**  
**Fuente:** Autor

- En caso de ser probetas a compresión se procede a tapar la matriz y empernar para generar la presión en la probeta.



**Figura 3.55.- Colocar la tapa en la matriz**  
**Fuente:** Autor

- Esperar que la resina se solidifique
- Extraer con cuidado la probeta del molde



**Figura 3.56.- Probeta extraída del molde**  
**Fuente.** Autor

- Guardar la probeta en un ambiente con temperatura controlada (20-40°C) para un mejor curado



**Figura 3.57.-** Probetas en horno de temperatura controlada  
**Fuente:** Autor

- Realizar un control de calidad de las probetas
- Cortar las probetas en 5 partes para el ensayo



**Figura 3.58.-** Probetas a impacto terminadas.  
**Fuente:** Autor

### **3.7.16 Análisis de fractografía de las mejores probetas**

Las mejores probetas resultantes fueron las mismas que salieron de las pruebas de flexión.

Fibra larga al 35% con estratificación manual

Fibra corta al 25% con estratificación manual

Fibra corta al 30% con estratificación manual




El análisis se lo realizará en el microscopio de barrido SEM.

## CAPÍTULO IV

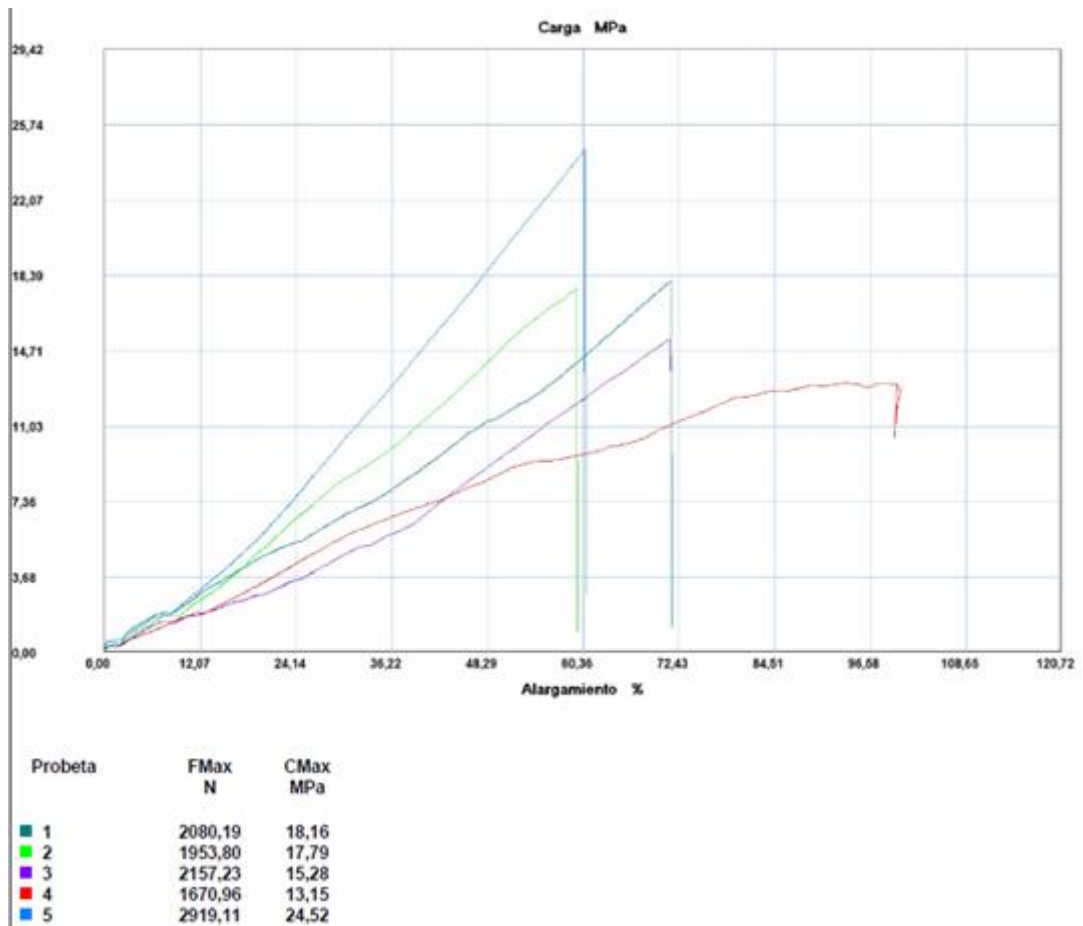
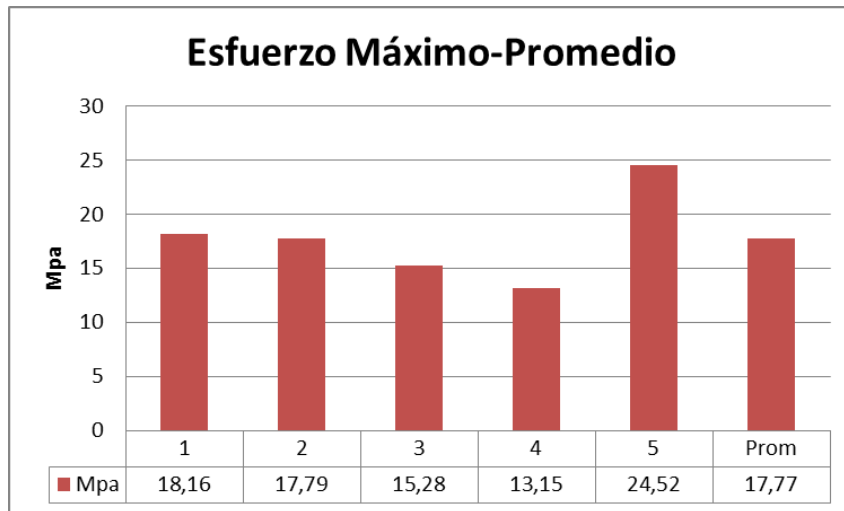
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

##### 4.1.1 Fichas de reporte ensayos de tracción

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
Fecha:	24-08-2016	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg		
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>					
Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Manual		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%		
Refuerzo	Fibra de coco(larga)	Fracción Volumétrica:	25%		
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5		
Espesor promedio:	5.0 mm	Velocidad de ensayo	10 mm/min		
Temperatura:	21°C	Humedad:	36%		
<b>RESULTADOS</b>					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	2080.19	18.16	2339.83	2.86	LAT
2	1953.80	17.79	2620.94	2.38	LAT
3	2157.23	15.28	1768.88	2.85	LIT
4	1670.96	13.15	1815.64	4.00	LIT
5	2919.11	24.52	2998.77	2.42	LIT
Promedio	2156.25	17.777	2308.824	-	-
Desv Est	464.821	4.28	-	-	-
<b>FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO</b>					
					

GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	17.77 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	2308.824 Mpa
Espesor real promedio	5.01 mm



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**DATOS INFORMATIVOS**

Fecha:	24-08-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

**PARÁMETROS DE ENSAYO**

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco (larga)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	250*25*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Temperatura:	22°C	Humedad:	35%

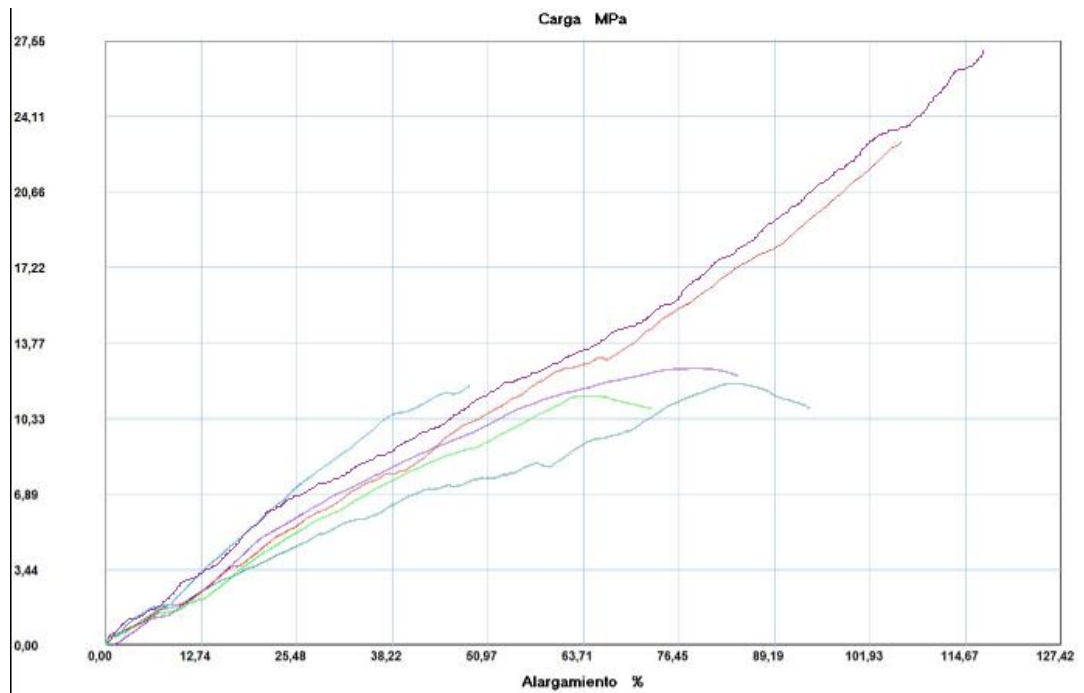
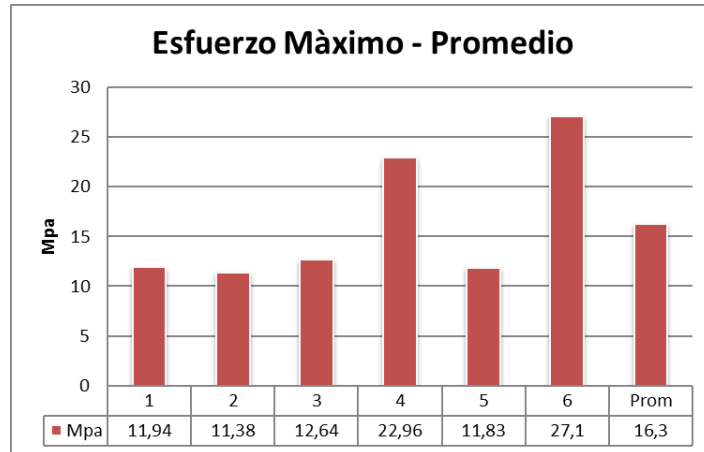
**RESULTADOS**

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1485.66	11.94	2339.46	3.76	LIT
2	1552.63	11.38	1996.86	2.91	LAT
3	1548.94	12.64	2042.60	3.38	LAT
4	2812.36	22.96	1918.07	4.25	AGM
5	1449.40	11.83	2380.39	1.94	LIT
6	2731.12	27.1	3232.5	3.37	LAT
Promedio	1769.79	17.97	2318.31	-	-
Desv Est	584.43	4.94	-	-	-

**FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO**



## GRÁFICAS



Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 1	1485,66	11,94
■ 2	1552,63	11,38
■ 3	1548,94	12,64
■ 4	2812,36	22,96
■ 5	1449,40	11,83
■ 6	2731,12	27,10

## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	16.3 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	2318.31 Mpa
Espesor real promedio	5.13 mm



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**DATOS INFORMATIVOS**

Fecha:	24-08-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

**PARÁMETROS DE ENSAYO**

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-3039
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (larga)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	250*25*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Temperatura:	21°C	Humedad:	37%

**RESULTADOS**

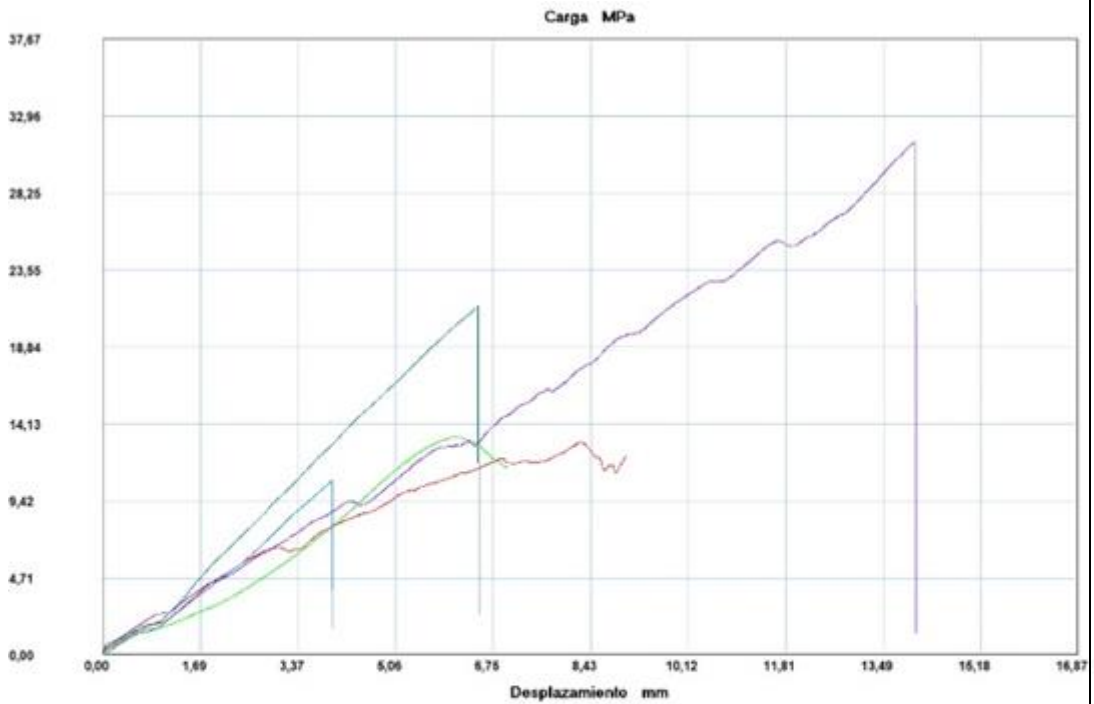
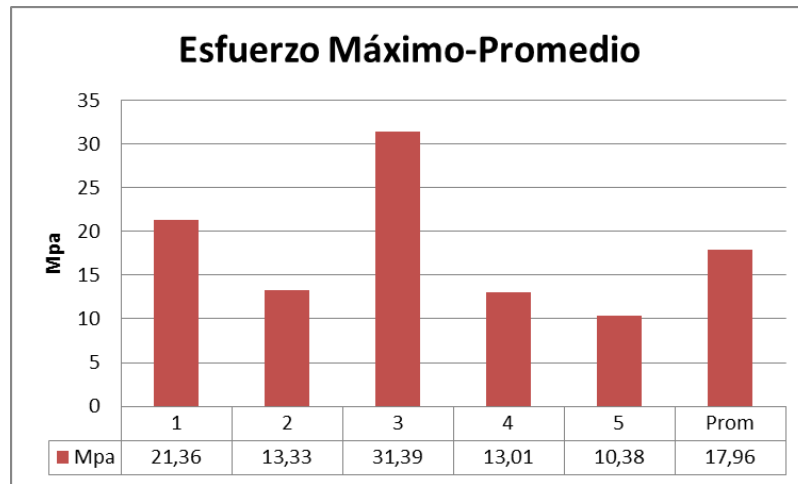
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	2736.15	21.36	3038.57	2.6	AGM
2	1779.9	13.33	1652.10	2.8	AGM
3	3390.1	31.39	2223.61	5.62	AGM
4	1555.65	13.01	2325.42	3.45	LAT
5	1518.39	10.68	2115.23	1.58	LIT
Promedio	2196.03	17.956	2270.98	-	-
Desv Est	830.659	4.94	-	-	-

**FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO**





## GRÁFICAS



Probeta	FMax N	CMax MPa
1	2736,15	21,36
2	1779,90	13,33
3	3390,10	31,39
4	1555,65	13,01
5	1518,39	10,68

## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	17.95 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	2270.98 Mpa
Espesor real promedio	5.2 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	24-08-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

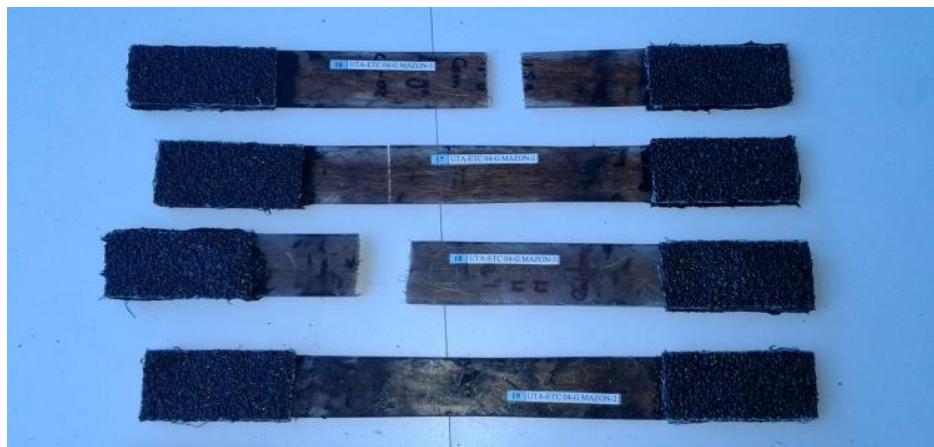
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%
Refuerzo	Fibra de coco (larga)	Fracción Volumétrica:	25%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10 mm/min
Temperatura:	21°C	Humedad:	37%

RESULTADOS

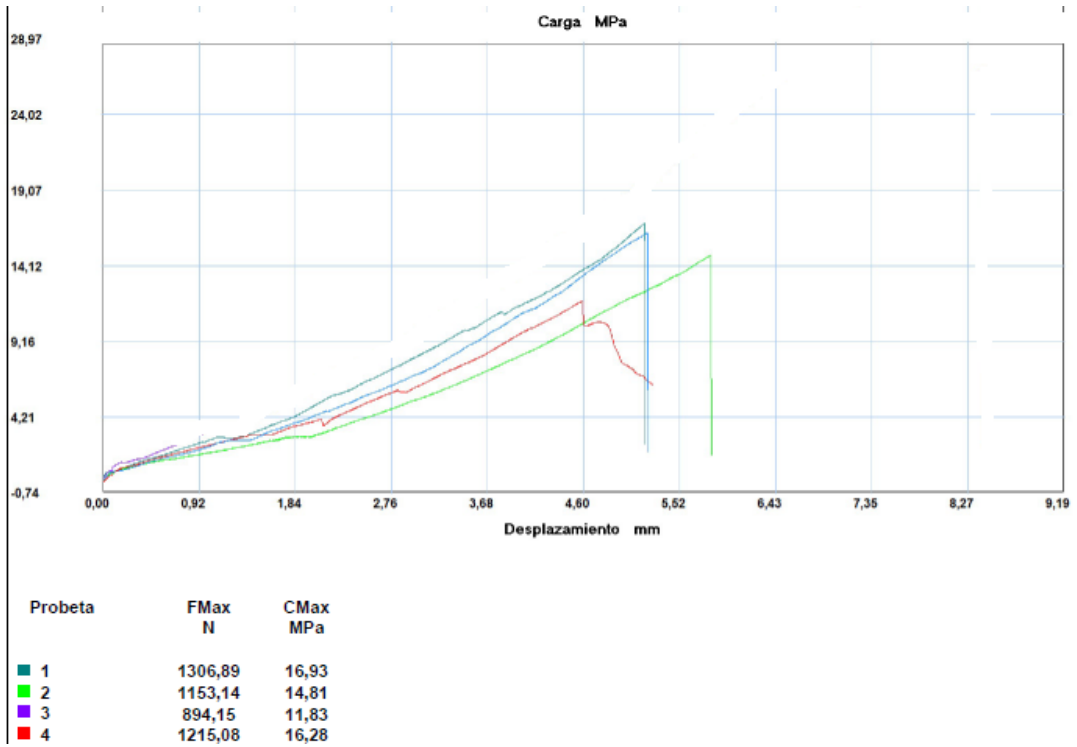
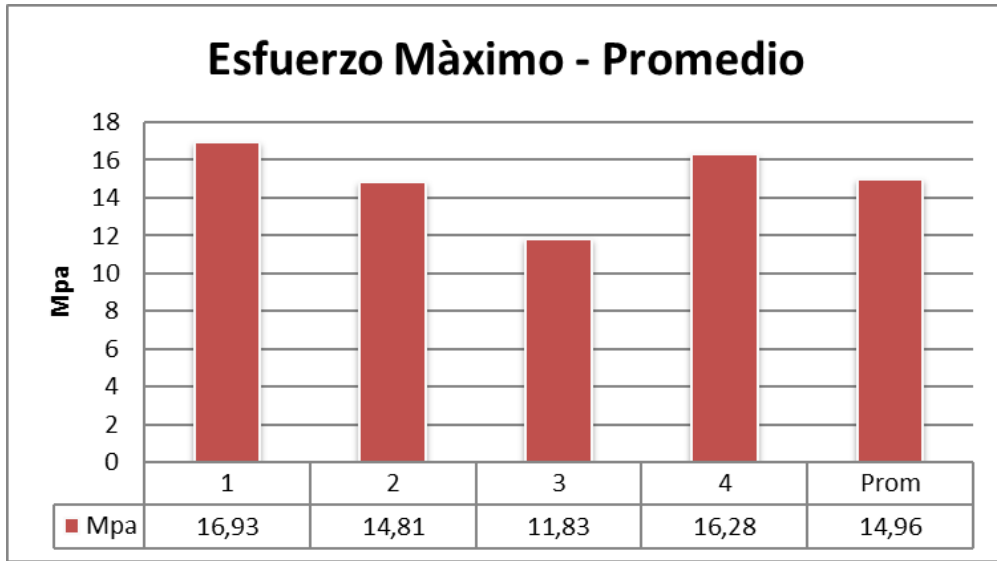
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1306.89	16.93	2340.84	2.07	LAT
2	1153.14	14.81	1725.65	2.32	LAT
3	894.15	11.83	2187.00	2.1	LIT
4	1215.08	16.28	2202.43	2.08	AGM
Promedio	1460.076	14.96	1938.73	-	-
Desv Est	426.898	10.093	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS

**Esfuerzo M<sup>á</sup>ximo - Promedio**



**EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES**

Esfuerzo M <sup>á</sup> ximo Promedio:	14.96 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	1938.73 Mpa
Espesor real promedio	3.204 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	24-08-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco (larga)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	19°C	Humedad:	52%

RESULTADOS

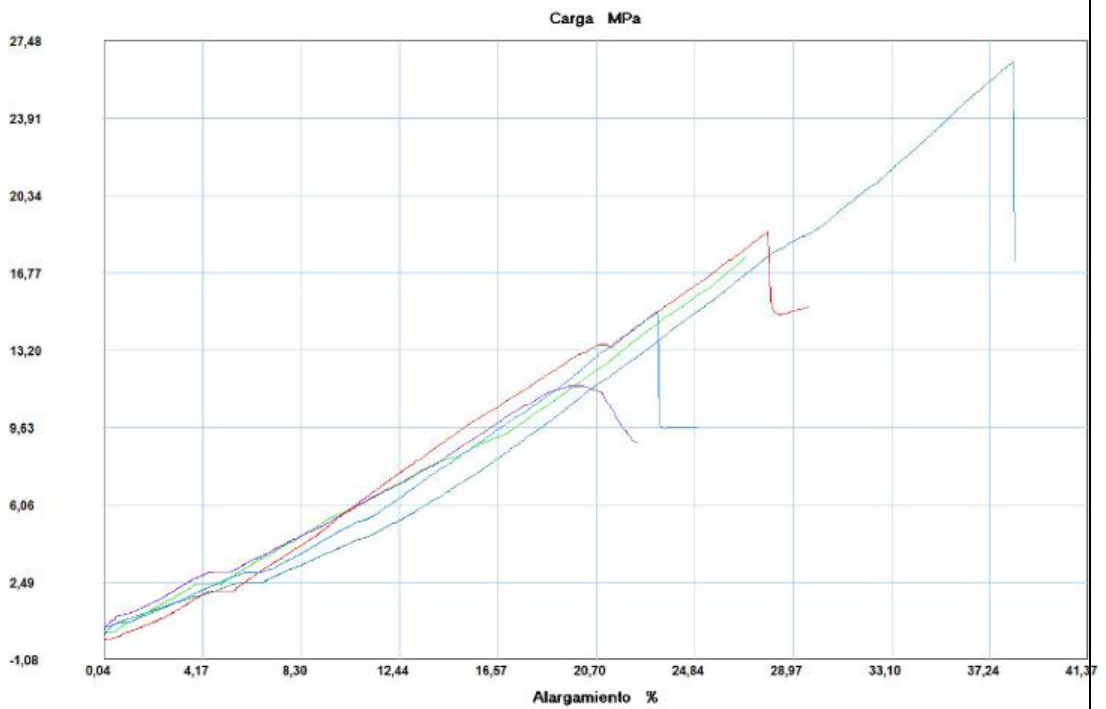
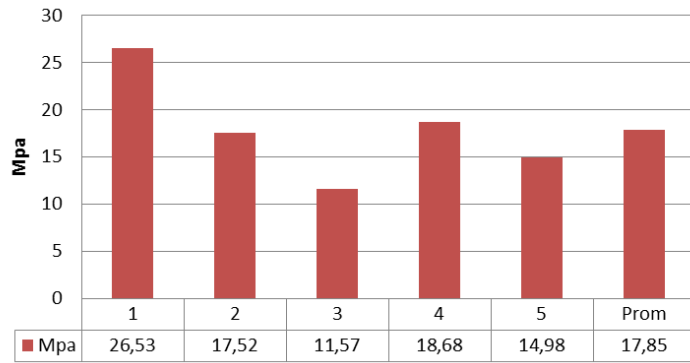
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	2072.13	26.53	4287.38	3.06	AGM
2	1326.03	17.52	5394.97	2.16	LIT
3	869.98	11.57	5526.51	1.79	LIT
4	1393.00	19.68	5075.02	2.23	AGM
5	1184.7	14.98	4369.98	1.86	AGM
Promedio	1369.16	17.85	4930.77	-	-
Desv Est	441.532	5.564		-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS

Esfuerzo Máximo-Promedio



Probeta	FMax N	CMax MPa
1	2072,13	26,53
2	1326,03	17,52
3	869,98	11,57
4	1393,00	18,68
5	1184,70	14,98

EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	17.853 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	4930.77 Mpa
Espesor real promedio	3.18 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	13-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

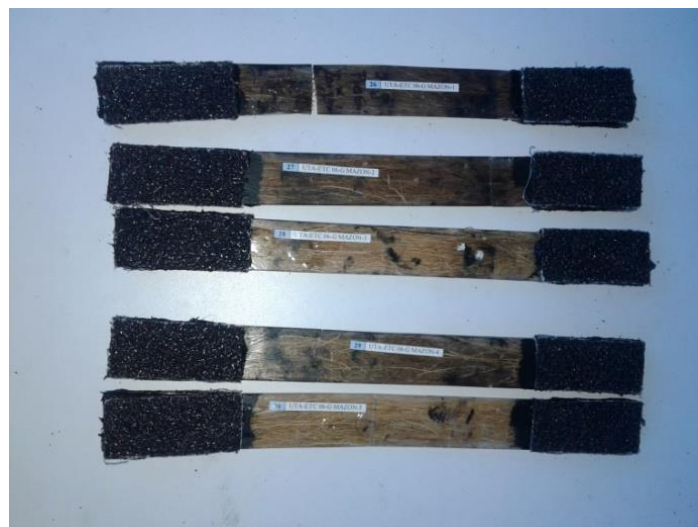
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (larga)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	16°C	Humedad:	55%

RESULTADOS

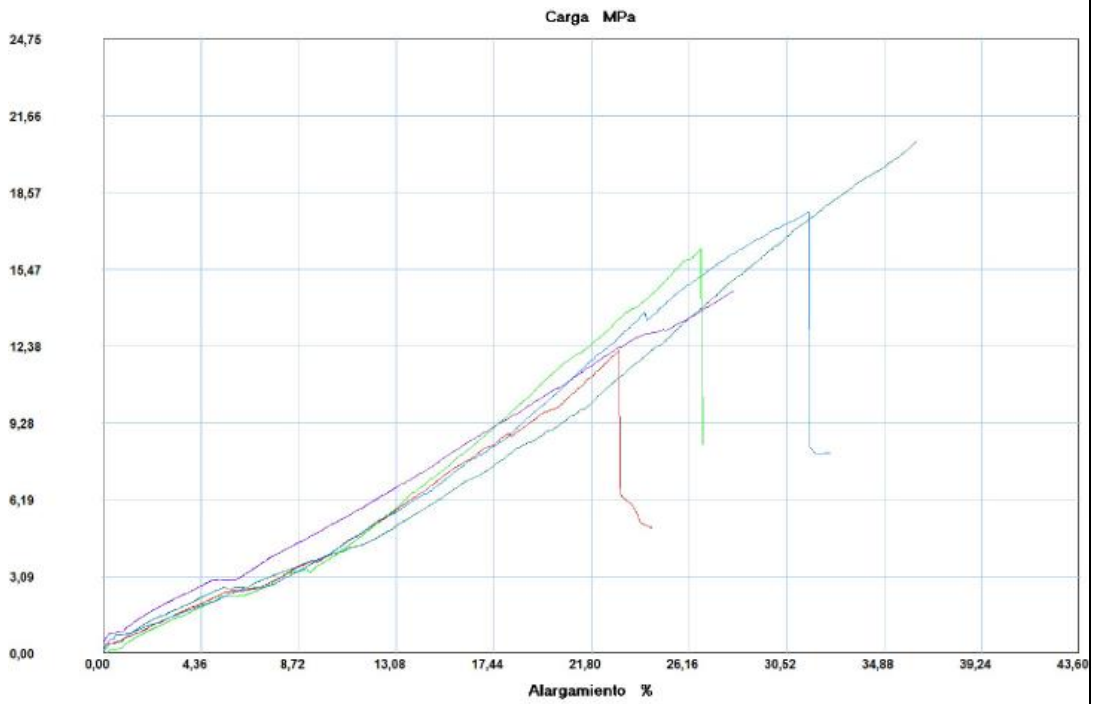
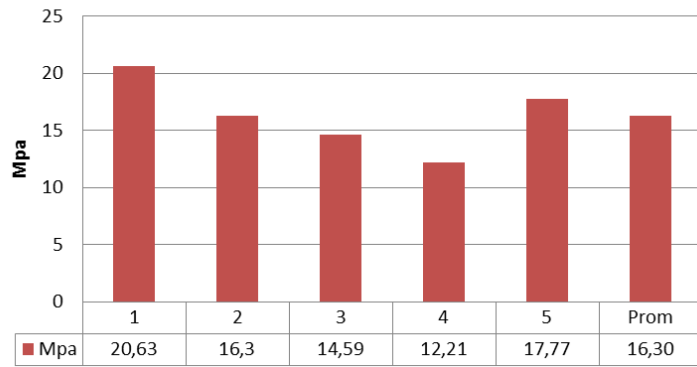
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1551.45	20.63	3783.39	2.91	LAT
2	1264.76	16.30	3741.14	2.14	LAT
3	1135.01	14.59	5180.83	2.25	LIT
4	951.05	12.21	3901.91	1.84	LAT
5	1490.52	17.77	3886.45	2.52	AGM
Promedio	1278.558	16.299	4115.17	-	-
Desv Est	248.725	3.184	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS

**Esfuerzo Máximo-Promedio**



Probeta	FMax N	CMax MPa
1	1551,45	20,63
2	1264,76	16,30
3	1135,01	14,59
4	951,05	12,21
5	1490,52	17,77

**EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES**

Esfuerzo Máximo Promedio:	16.299 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	4115.17 Mpa
Espesor real promedio	3.29 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	13-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	25%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	20°C	Humedad:	53%

RESULTADOS

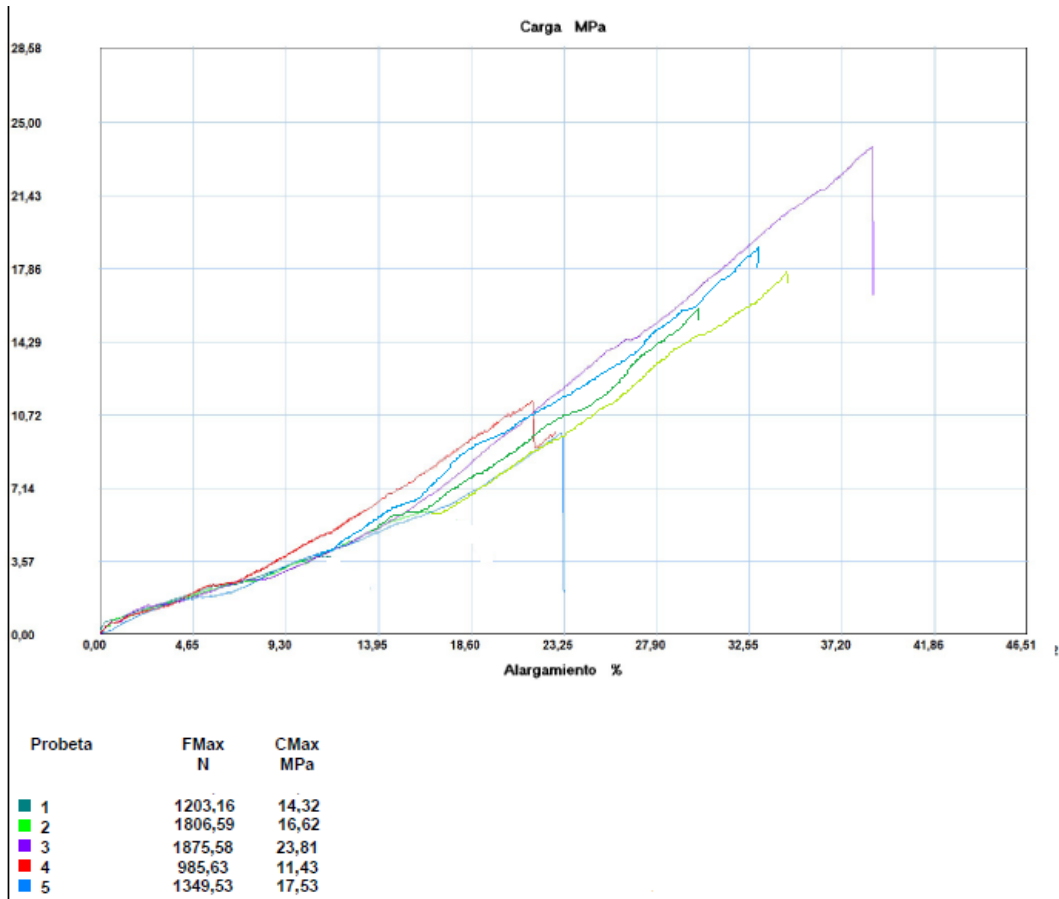
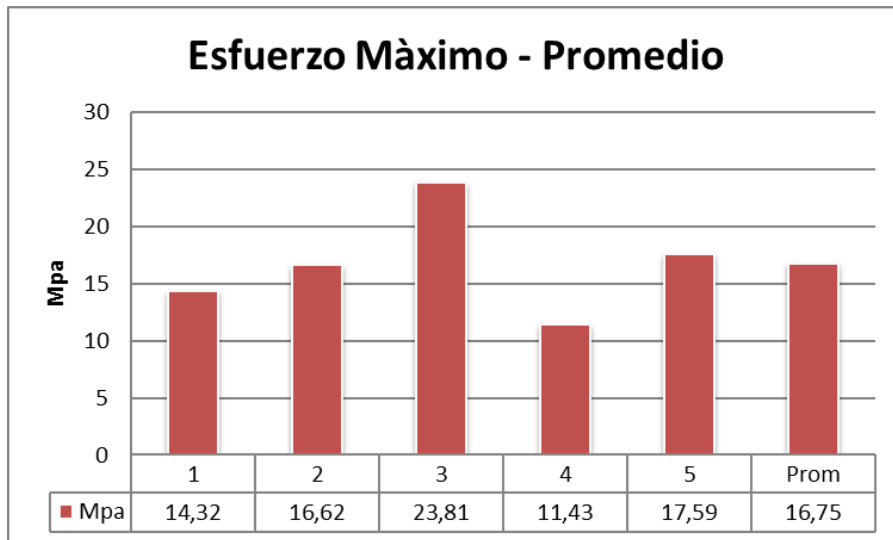
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1203.16	14.32	4270.93	1.03	AGM
2	1806.59	16.62	3442.90	1.48	LAT
3	1875.58	23.81	3898.55	3.1	LAT
4	985.63	11.43	4035.86	1.73	LAT
5	1349.53	17.53	3283.53	1.85	LAT
Promedio	1444.09	16.74	3286.35	-	-
Desv Est	590.159	7.775	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO





GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	16.75 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	3286.35 Mpa
Espesor real promedio	4.8 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	13-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco mixta)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	20°C	Humedad:	53%

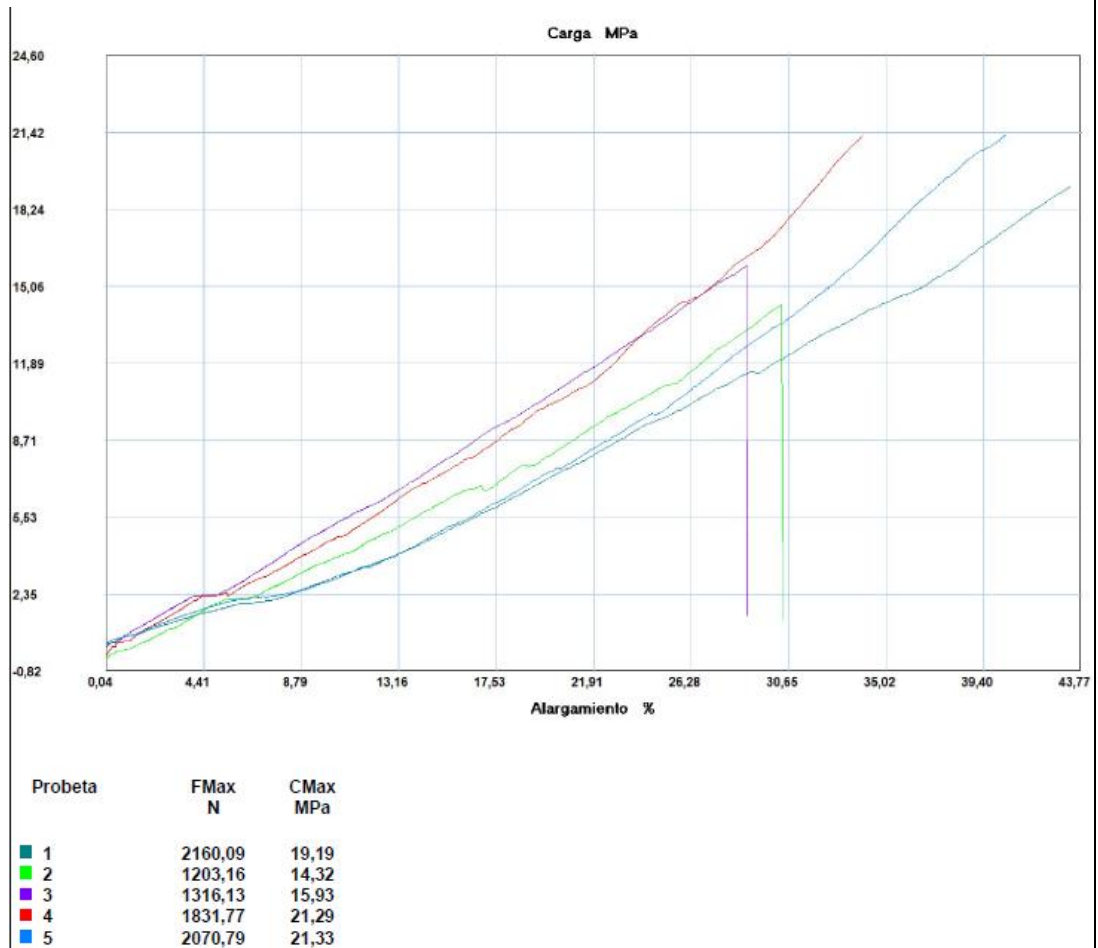
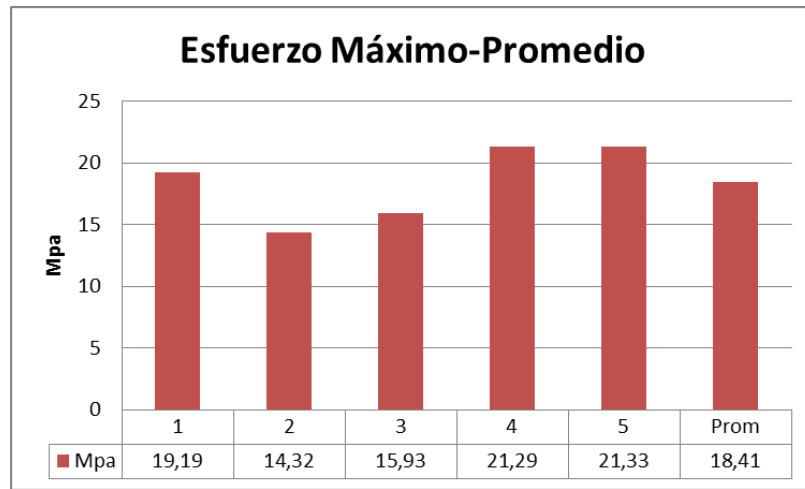
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	2160.09	19.19	3299.54	3.46	LAT
2	1203.16	14.32	4031.75	2.43	AGM
3	1316.13	15.93	4769.86	2.3	LAT
4	1831.77	21.29	4507.38	2.72	LIT
5	2070.79	21.33	3228.78	3.23	LIT
Promedio	1716.388	18.411	3967.42	-	-
Desv Est	435.716	3.175	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS



## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	18.411 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	3967.42 Mpa
Espesor real promedio	4.65 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	13-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	19°C	Humedad:	64%

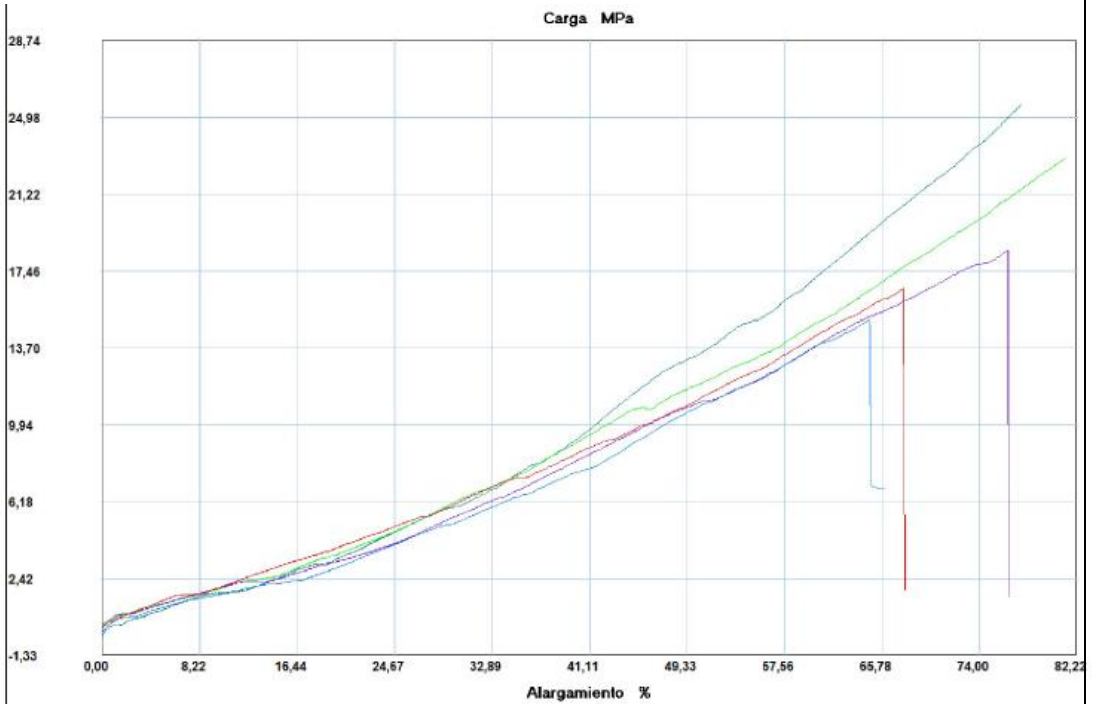
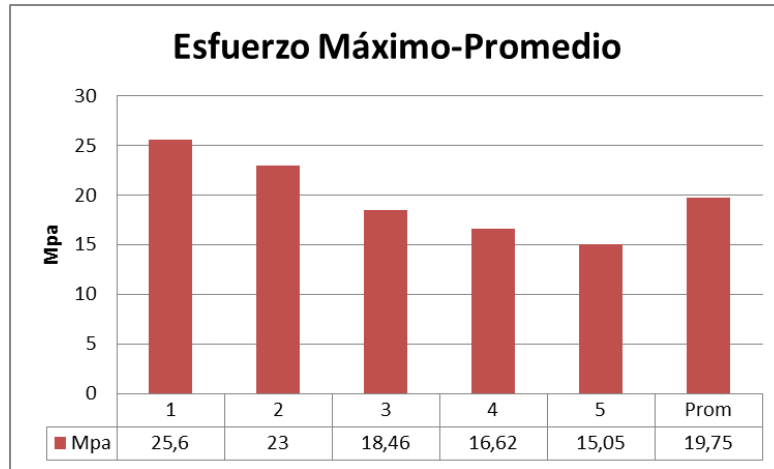
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	2526.00	25.6	1959.54	3.10	LAT
2	2268.85	23	567.68	3.25	AGM
3	1785.10	18.46	986.68	3.06	LIT
4	1806.59	16.62	1622.36	2.7	LIT
5	1512.51	15.05	1724.01	2.59	LIT
Promedio	1979.81	19.745	1372.05	-	-
Desv Est	408.703	4.428	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



Probeta	FMax N	CMax MPa
■ 1	2526,00	25,60
■ 2	2268,85	23,00
■ 3	1785,10	18,46
■ 4	1806,59	16,62
■ 5	1512,51	15,05

EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	19.745 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	1372.05 Mpa
Espesor real promedio	5.2 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	13-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca

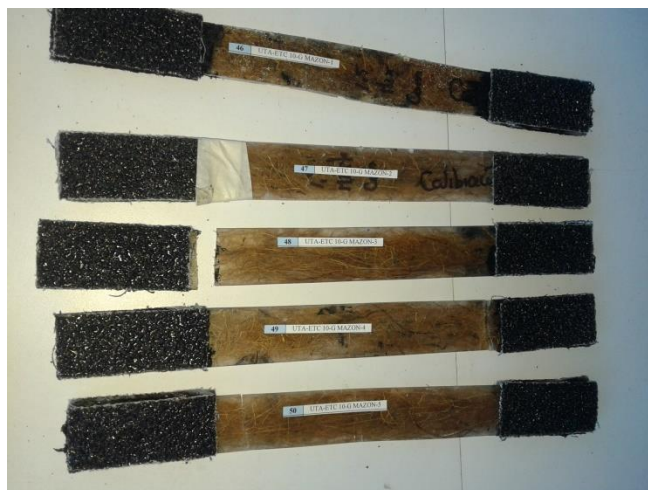
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	25%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	19°C	Humedad:	64%

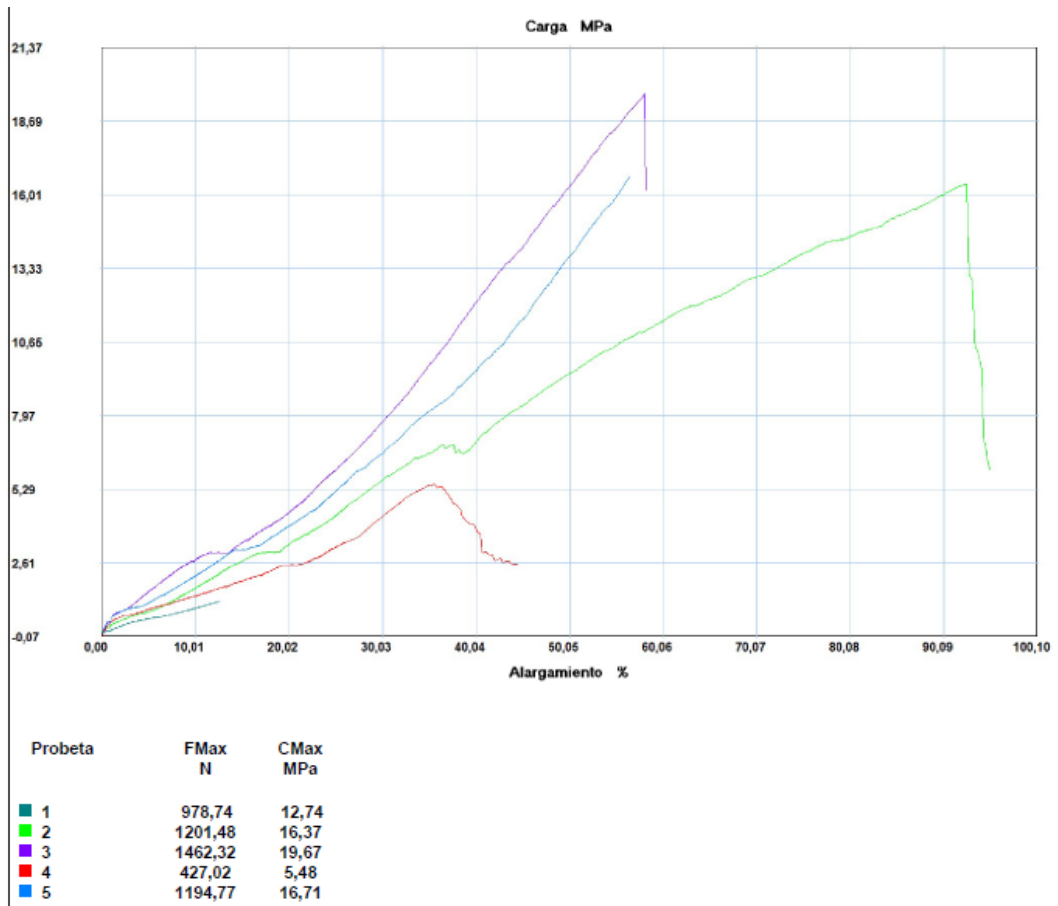
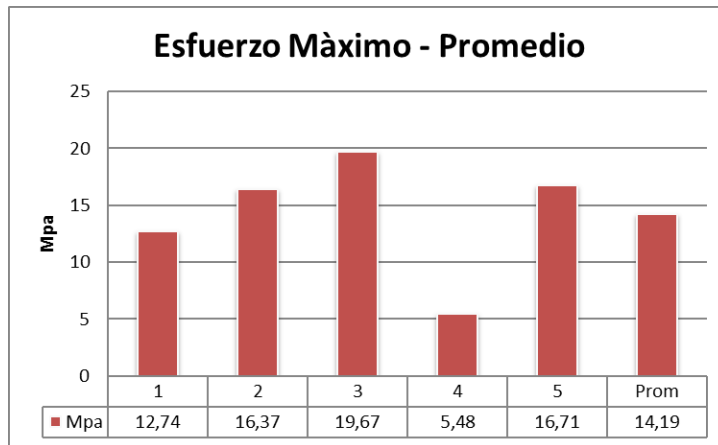
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	978.74	12.74	2108.55	0.51	AGM
2	1201.48	16.37	1710.79	3.7	AGM
3	1462.32	19.67	2244.81	2.32	LIT
4	427.02	5.48	781.84	1.62	LIT
5	1194.77	16.71	2000.89	2.26	LIT
Promedio	882.632	14.19	1769.37	-	-
Desv Est	1194.77	8.043	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	11.889 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	1769.37 Mpa
Espesor real promedio	3.3 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	13-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca

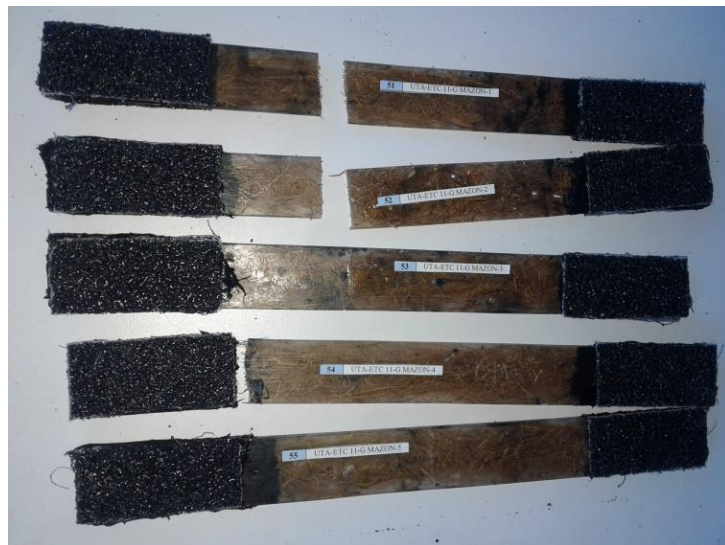
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	19°C	Humedad:	64%

RESULTADOS

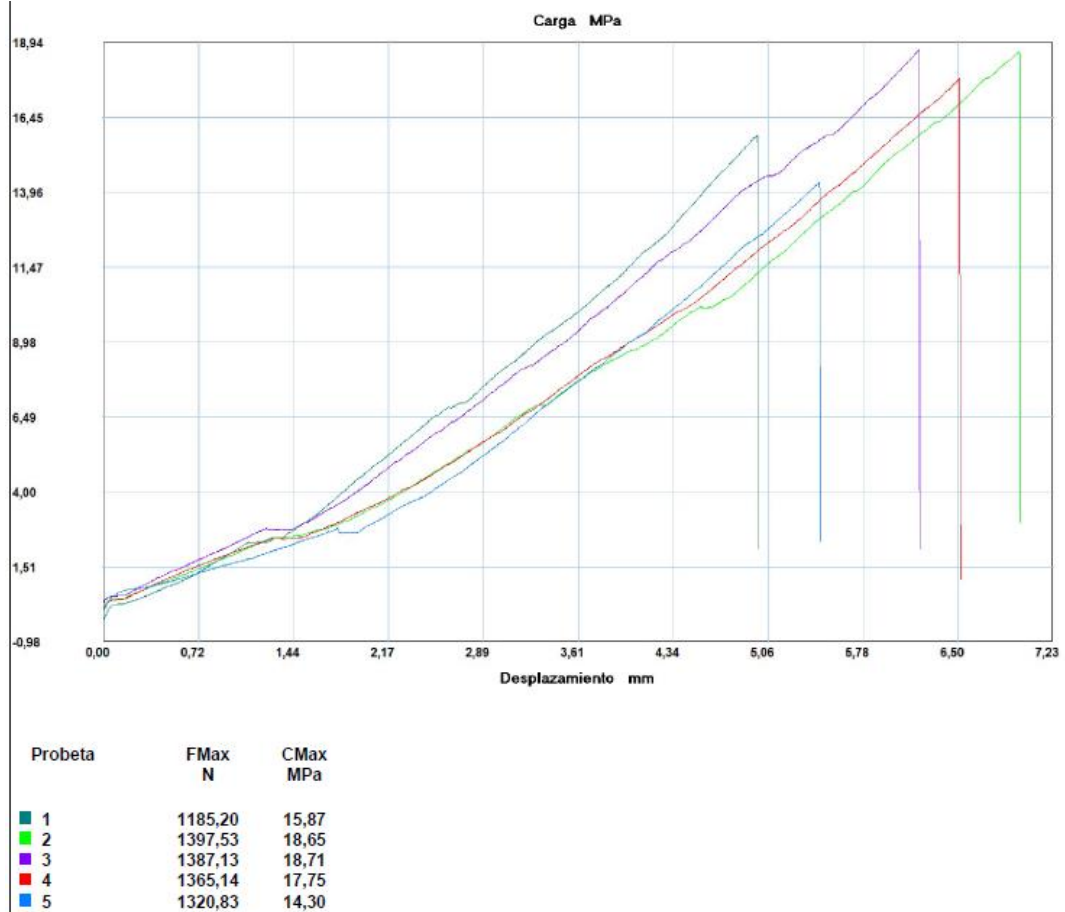
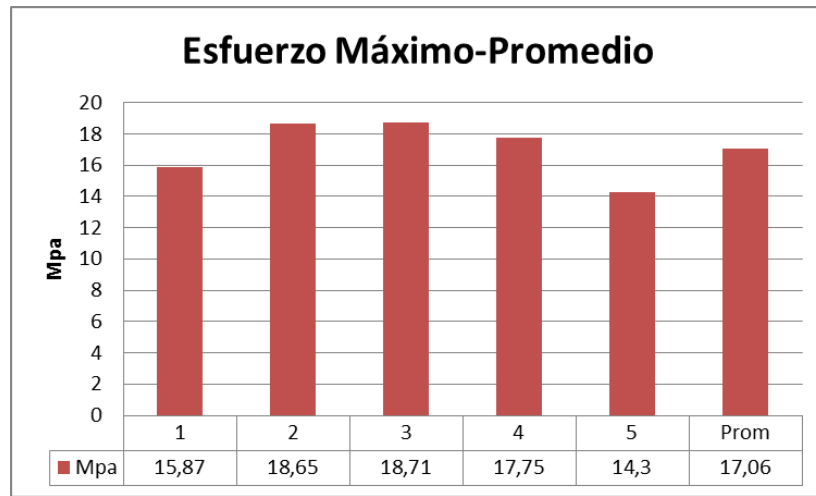
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1185.20	15.87	2183.16	1.99	LAT
2	1397.53	18.65	1829.82	2.79	LAT
3	1387.13	18.71	2245.21	2.48	AGM
4	1365.14	17.75	1786.99	2.61	LIT
5	1320.83	14.30	1659.50	2.18	AGM
Promedio	1331.166	17.056	1978.93	-	-
Desv Est	86.751	1.92	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO





GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	17.056 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	1978.93 Mpa
Espesor real promedio	3.18 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	14-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	16°C	Humedad:	76%

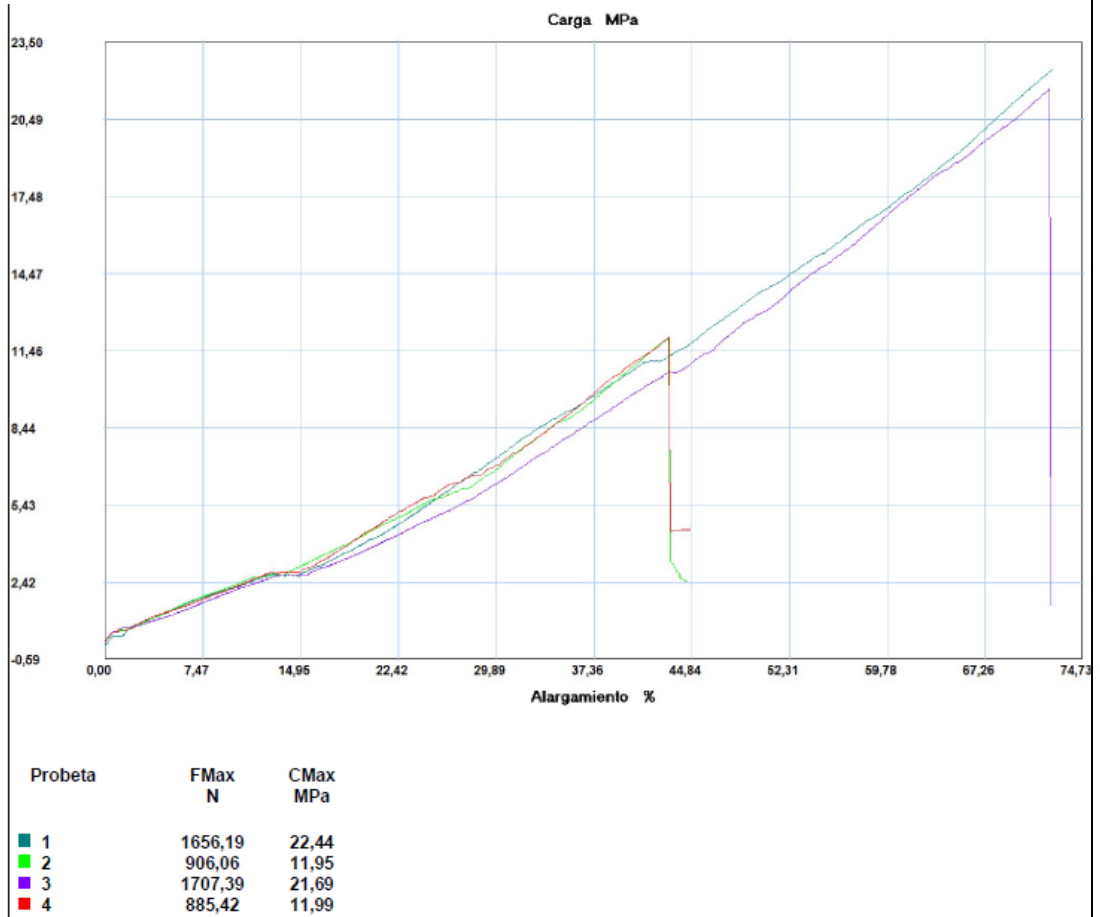
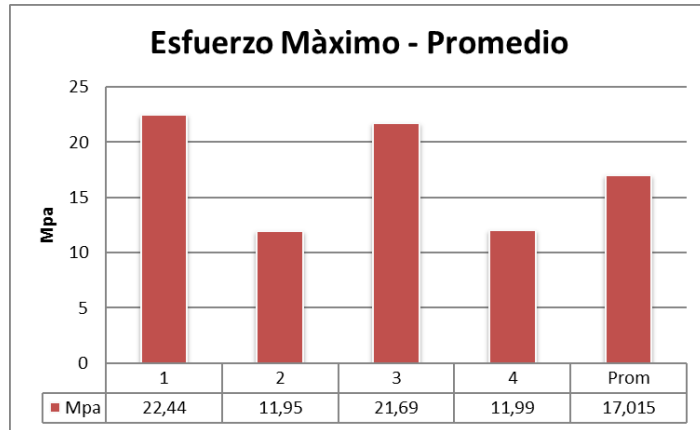
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1656.19	22.44	2120.17	2.9	LIT
2	906.06	11.95	2108.55	1.72	LIT
3	1707.39	21.69	1980.30	2.89	LIT
4	885.42	11.99	1984.41	1.72	AGM
Promedio	1288.765	17.015	2048.35	-	-
Desv Est	454.385	5.837	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS



## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	17.015 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	2048.35 Mpa
Espesor real promedio	3.14 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	14-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

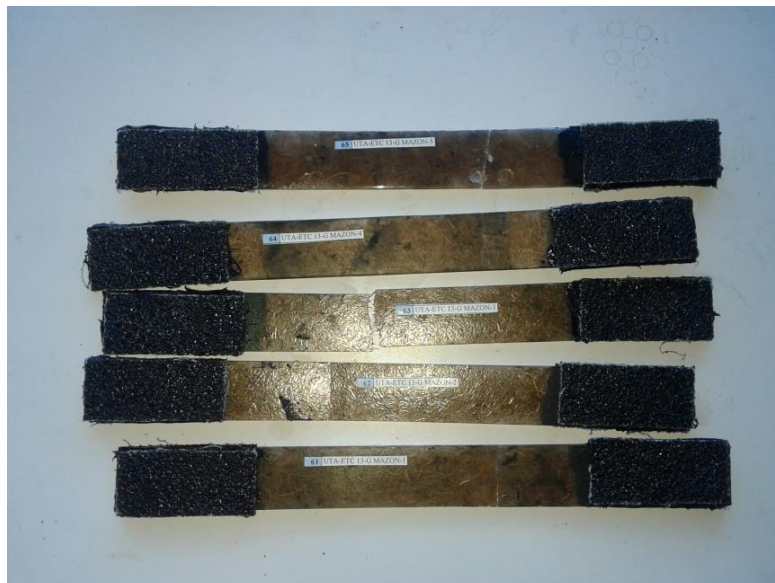
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	25%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	16°C	Humedad:	76%

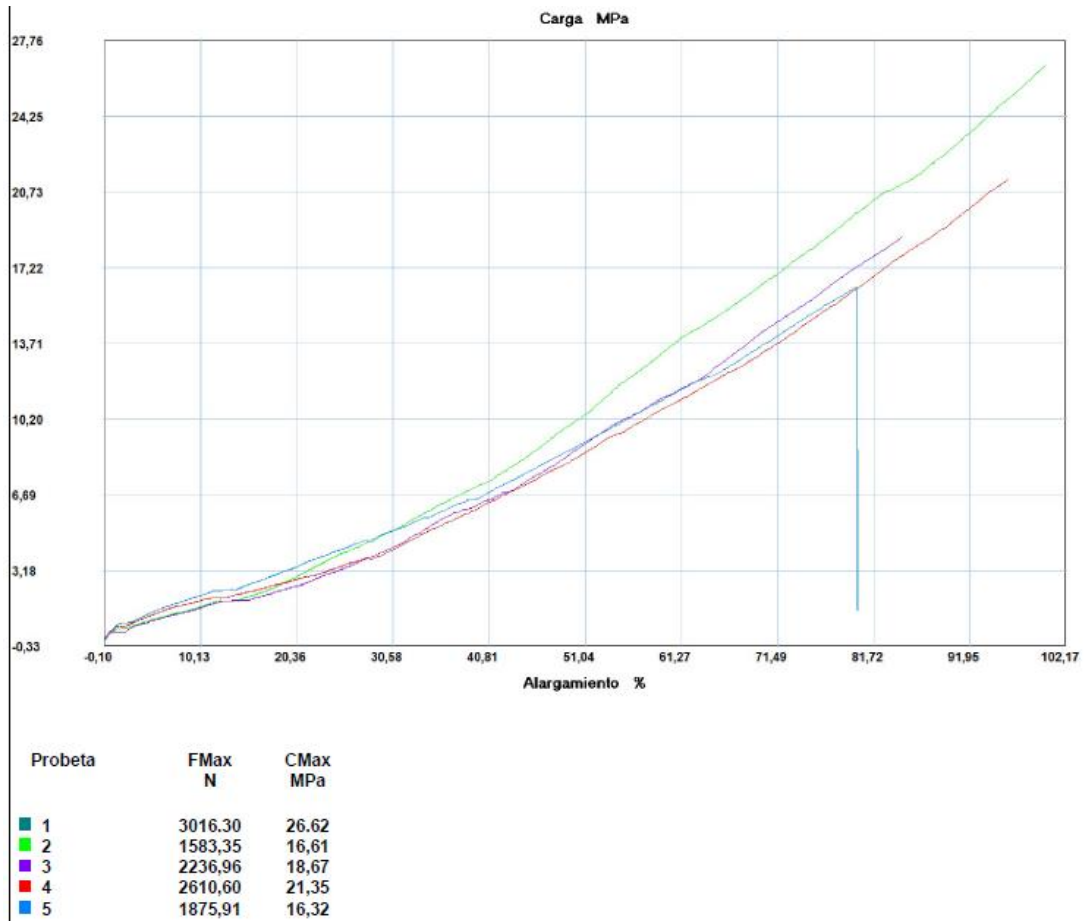
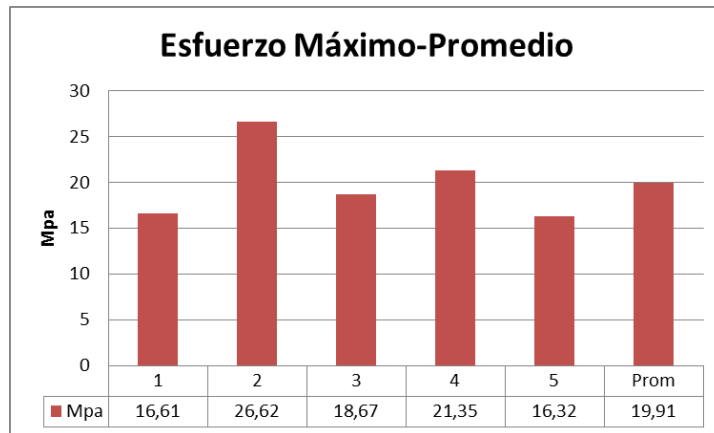
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	3016.30	26.62	1461.91	4	LAT
2	1583.35	16.61	1849.12	2.47	LAT
3	2236.96	18.67	1649.92	3.39	AGM
4	2610.60	21.35	1521.55	3.84	AGM
5	1875.91	16.32	1159.69	3.2	AGM
Promedio	2264.624	19.91	1528.43	-	-
Desv Est	570.244	4.256	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS



## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	19.912 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	1528.43 MPa
Espesor real promedio	4.62 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	14-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco(corta)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	16°C	Humedad:	76%

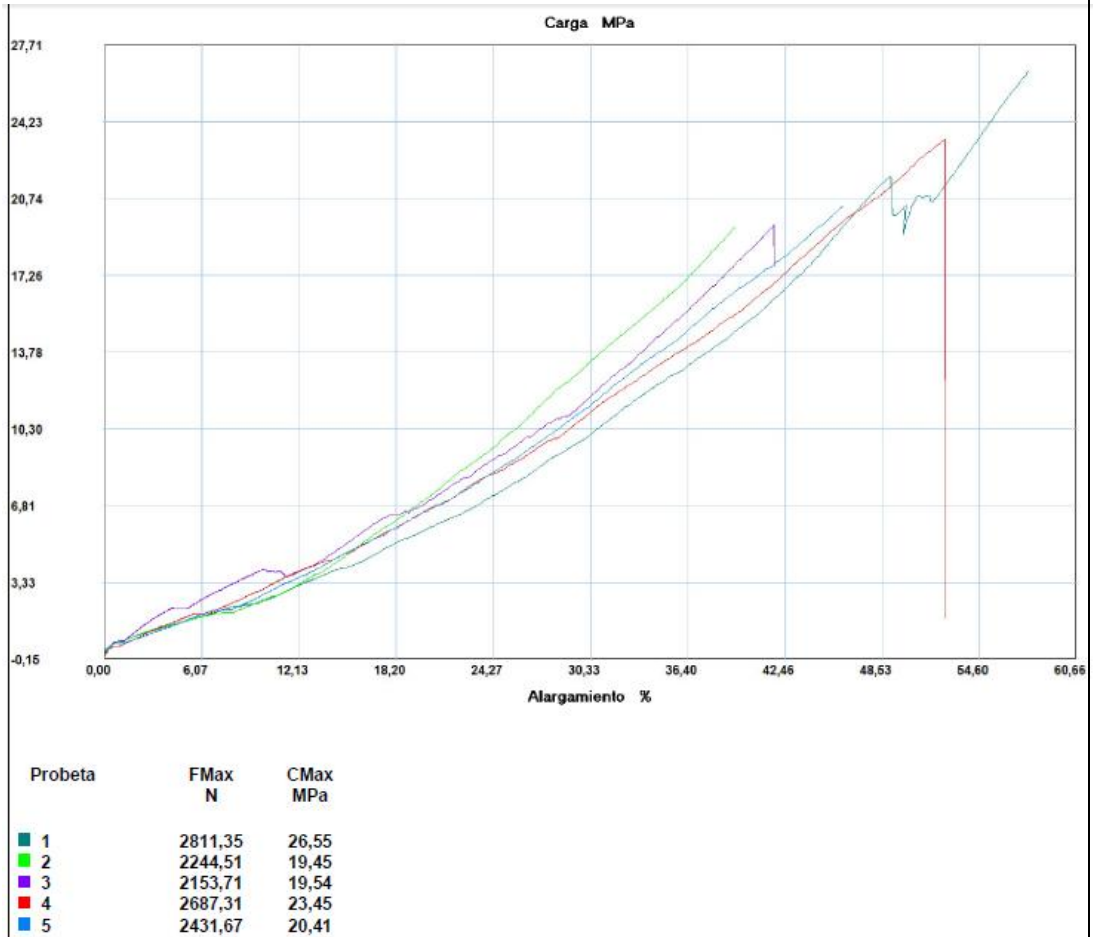
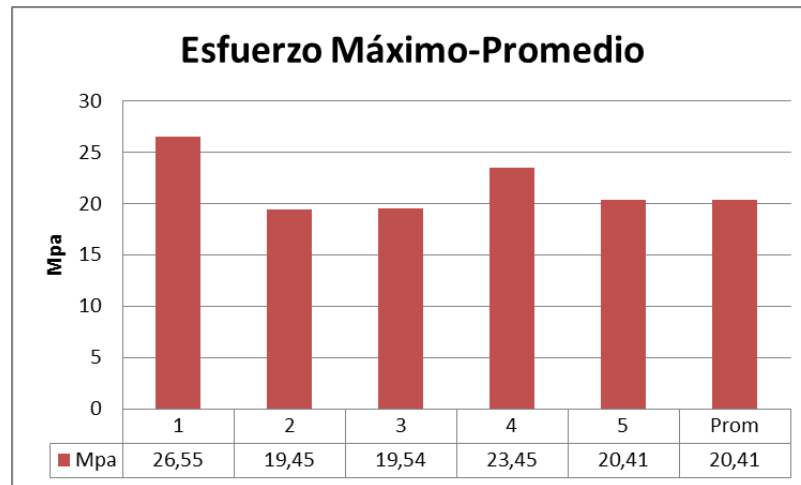
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	2811.35	26.55	2798.69	4.77	LIT
2	2244.51	19.45	2900.71	3.15	LAT
3	2153.71	19.54	3386.22	3.34	LAT
4	2687.31	23.45	3240.53	4.2	AGM
5	2431.67	20.41	3264.14	3.69	AGM
Promedio	2465.71	21.88	3118.05	-	-
Desv Est	281.072	3.075	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS



## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	21.88 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	3118.05 Mpa
Espesor real promedio	4.66 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	14-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

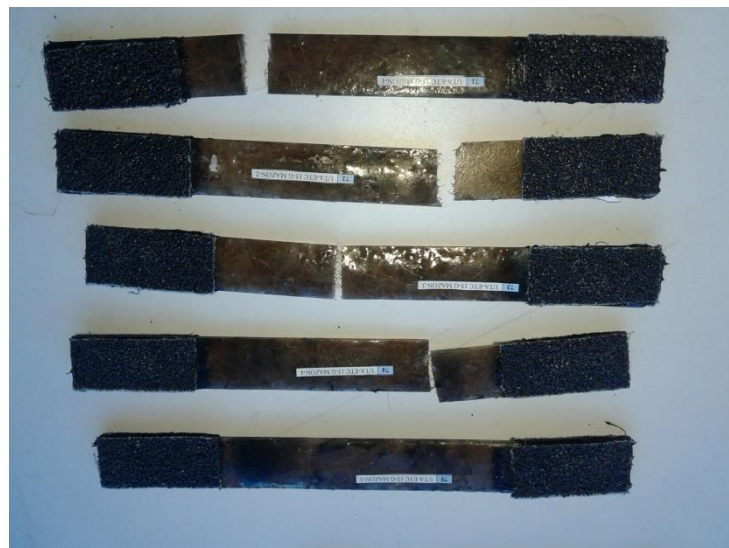
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	5.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	18°C	Humedad:	68%

RESULTADOS

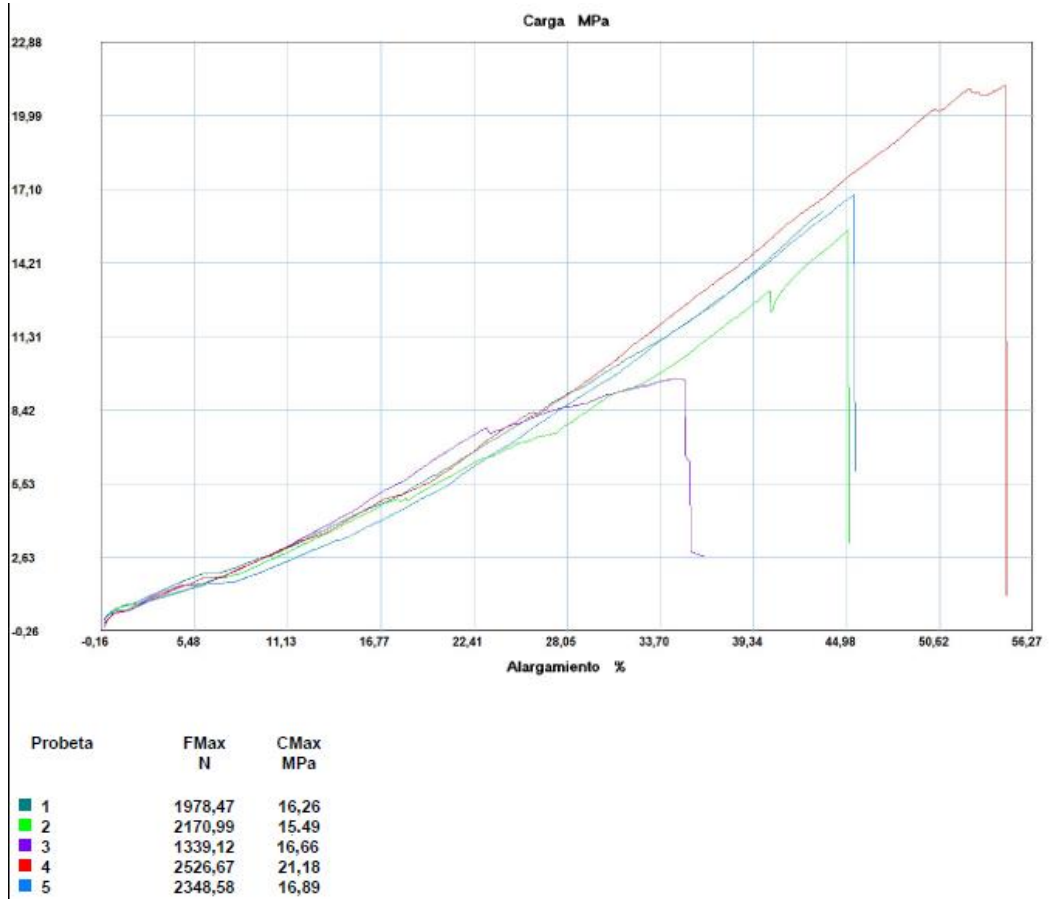
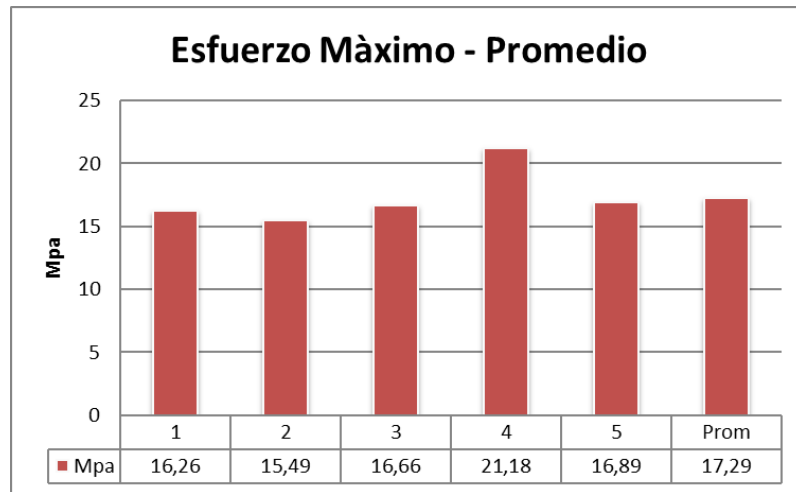
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1978.47	16.26	2862.18	3.49	LAT
2	2170.99	15.49	2766.06	3.60	LAT
3	1339.12	16.66	2891.23	2.81	AGM
4	2526.67	21.18	3174.07	4.37	LAT
5	2348.58	16.89	2576.20	3.63	LIT
Promedio	2072.766	17.29	2853.94	-	-
Desv Est	457.952	4.125	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO





## GRÁFICAS



## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	17.29 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	2853.94 Mpa
Espesor real promedio	5.3 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	14-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	25%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	18°C	Humedad:	68%

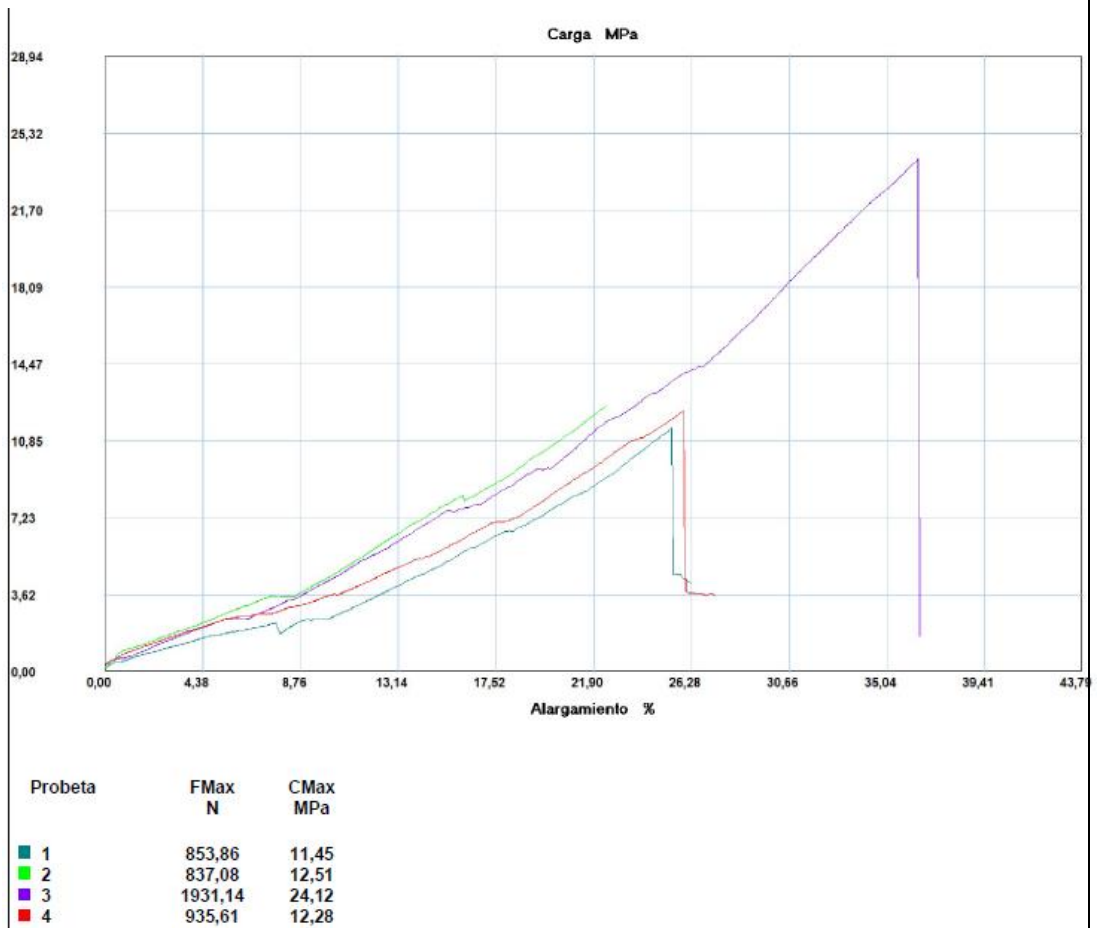
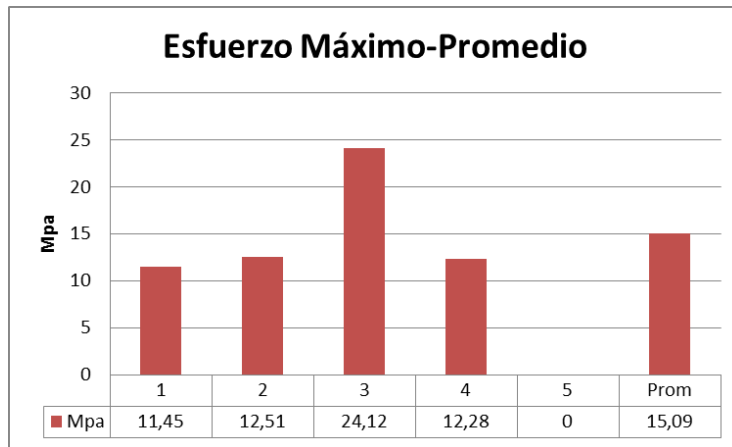
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	853.86	11.45	2623.77	2.03	AGM
2	837.08	12.51	4377.20	1.8	LIT
3	1931.14	24.12	4519.36	2.92	AGM
4	935.61	12.28	3523.18	2.07	AGM
Promedio	1139.422	15.09	3008.70	-	-
Desv Est	529.564	6.034	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS



## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	15.090 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	3008.70 Mpa
Espesor real promedio	3.18 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	14-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

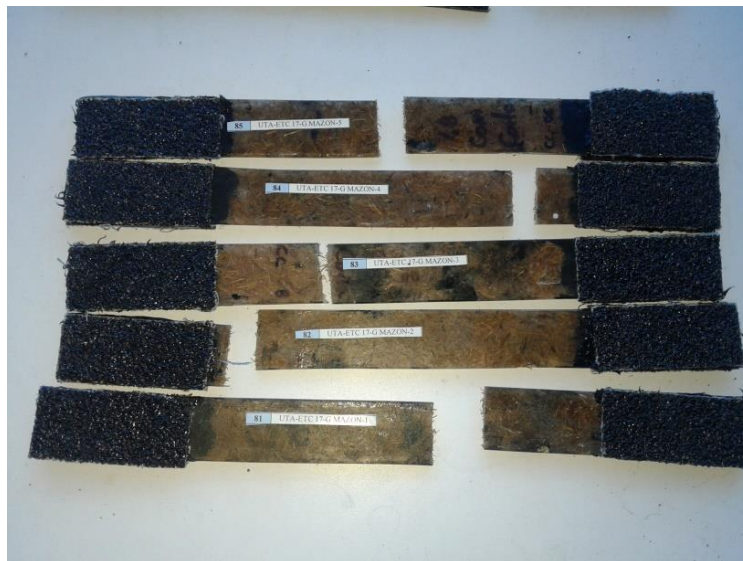
PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco(corta)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	18°C	Humedad:	68%

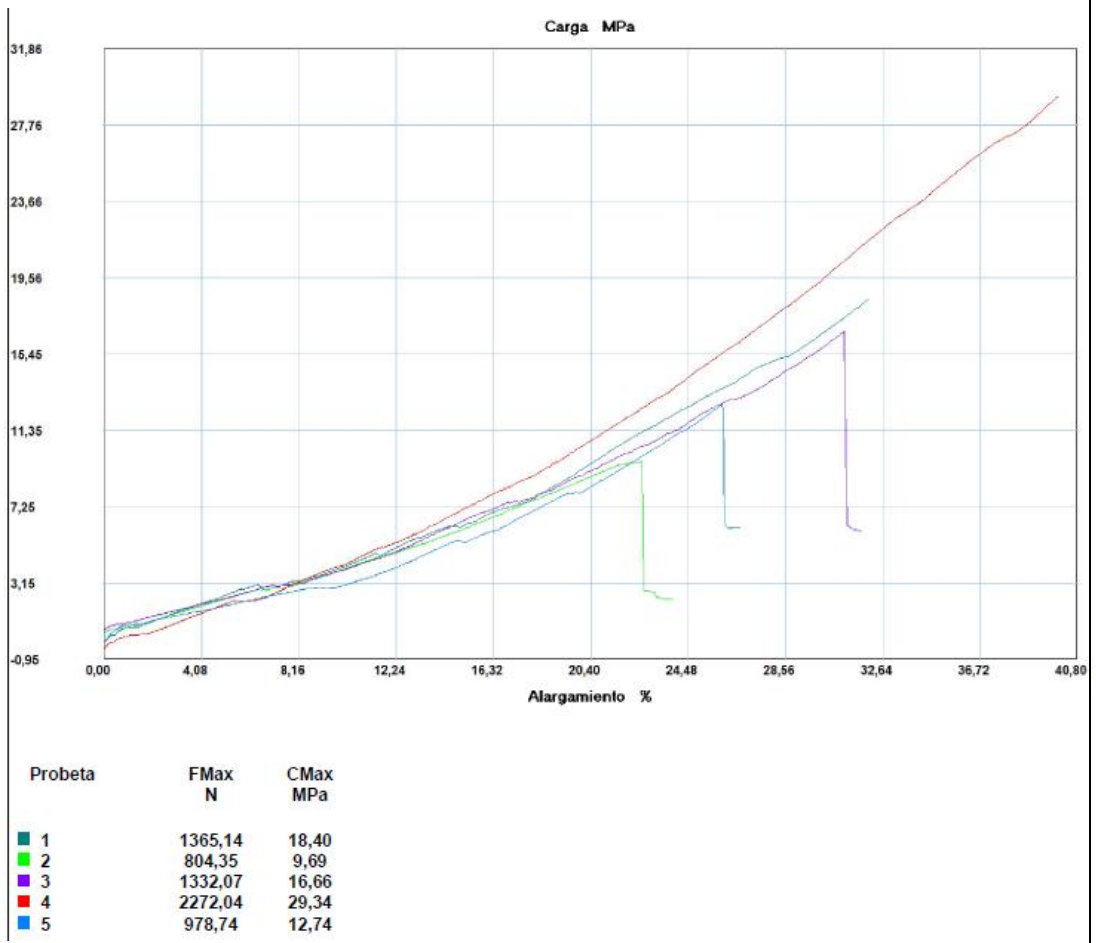
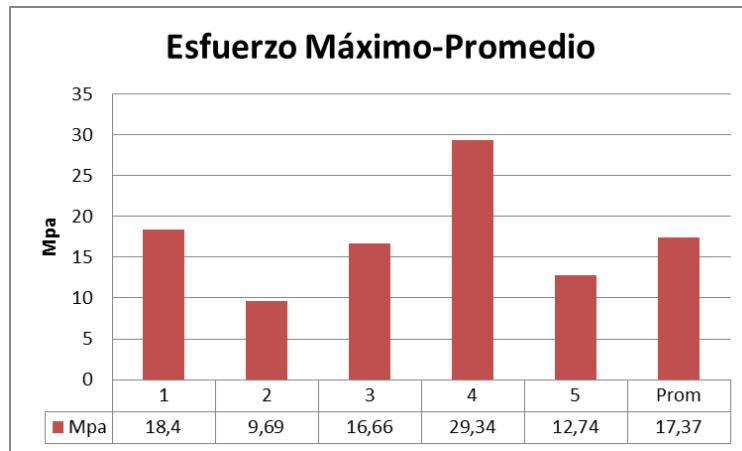
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1365.14	18.4	4099.36	2.56	AGM
2	804.35	9.69	3863.88	1.8	LAT
3	1332.07	16.66	3894.07	2.48	AGM
4	2272.04	19.34	4639.51	3.2	LAT
5	978.74	12.74	3062.85	2.07	AGM
Promedio	1350.468	17.369	3911.93	-	-
Desv Est	567.070	7.502	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	17.369 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	3911.93 Mpa
Espesor real promedio	3.25 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	14-09-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	250mm*25mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	3.2 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	18°C	Humedad:	64%

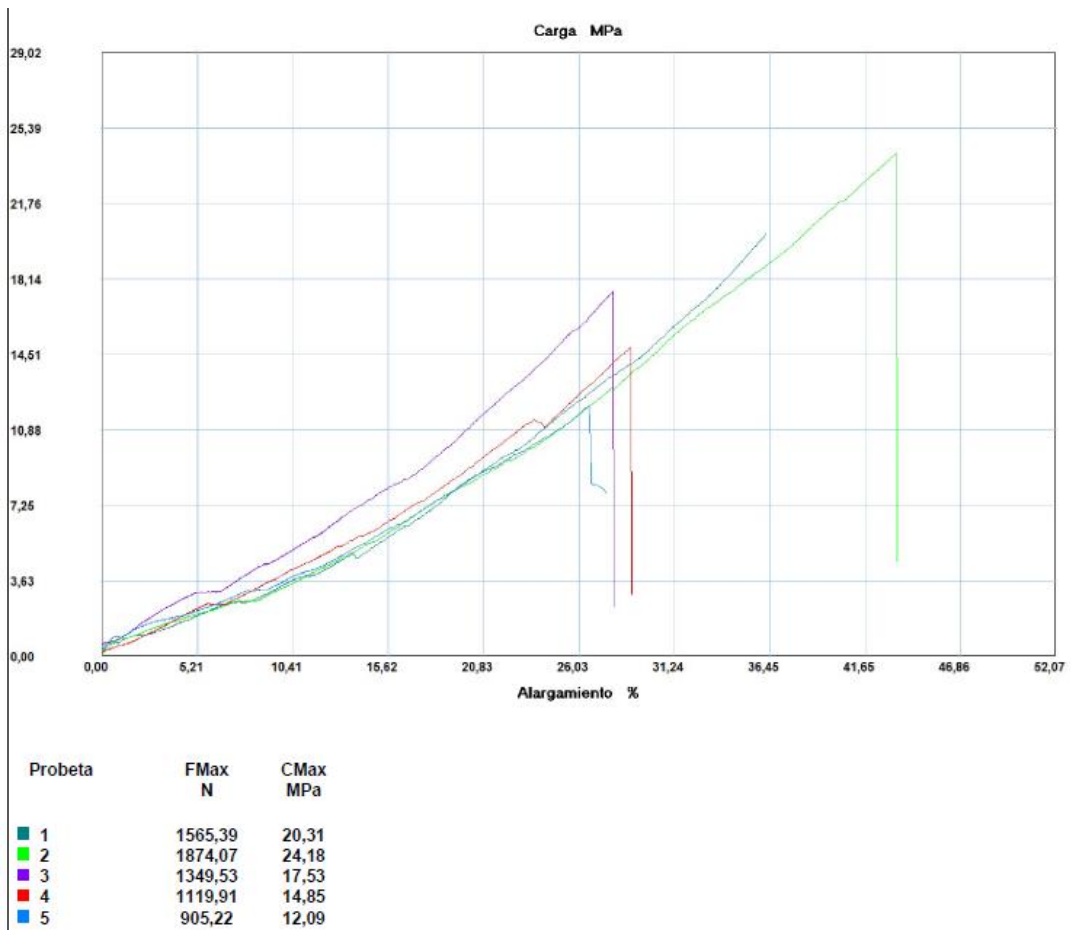
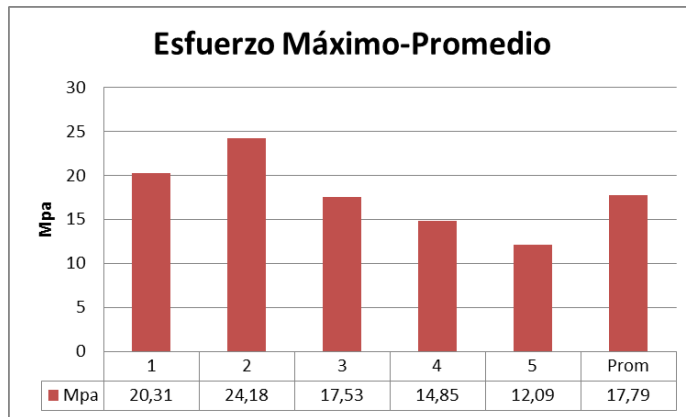
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	1565.39	20.31	3605.33	2.90	LAT
2	1874.07	24.18	3701.22	3.47	LAT
3	1349.53	17.53	6674.26	2.23	LAT
4	1119.91	14.85	4271.93	2.31	AGM
5	905.22	12.09	3692.68	2.13	AGM
Promedio	1362.824	17.79	4389.08	-	-
Desv Est	377.820	4.701	-	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO






## GRÁFICAS



## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

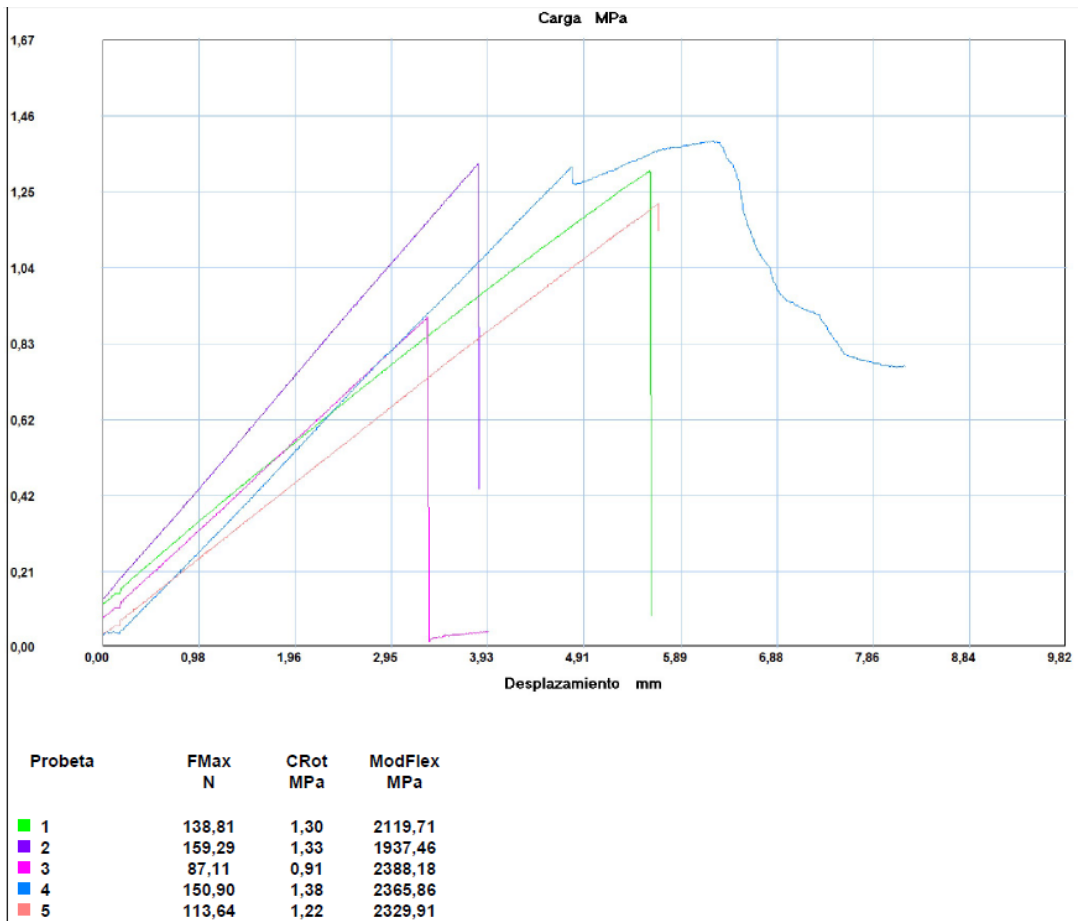
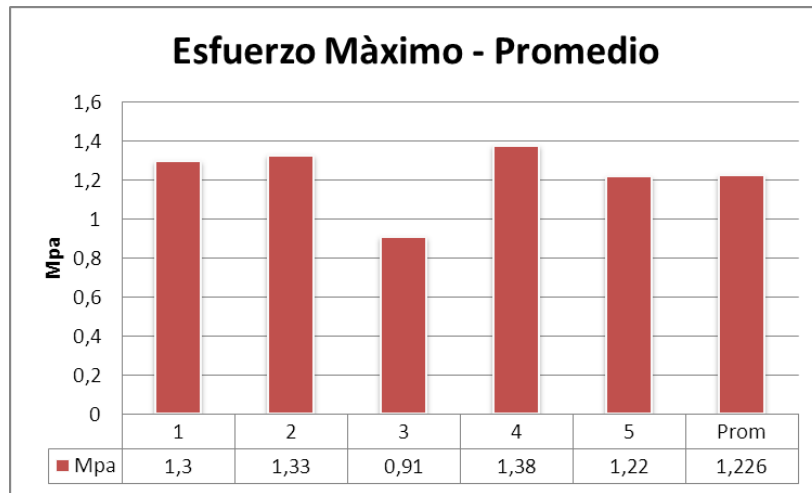
Esfuerzo Máximo Promedio:	17.794 Mpa
Módulo de Elasticidad Promedio:	4389.08 Mpa
Espesor real promedio	3.19 mm

#### 4.1.2 Fichas de reporte ensayos de flexión

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	03-10-2016	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de Ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Manual		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%		
Refuerzo	Fibra de coco(larga)	Fracción Volumétrica:	35%		
Dimensiones:	160mm*16mm*e	Número de probetas:	5		
Espesor promedio (e):	6.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min		
Temperatura:	18°C	Humedad:	63%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	138.81	1.30	2119.71	5.582	OAV
2	159.29	1.33	1937.46	3.843	OBV
3	87.11	0.91	2388.18	3.315	OAB
4	150.90	1.38	2365.86	6.276	OBB
5	113.64	1.22	2329.91	5.658	OAB
Promedio	129.95	1.226	2228.223	-	-
Desv Est	29.494	0.188	194.416	-	-
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					



GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	1.226 Mpa
Módulo de Flexión Promedio:	2228.223 MPa
Espesor real promedio	7.85 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	03-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	160mm*16mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	6.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	21°C	Humedad:	58%

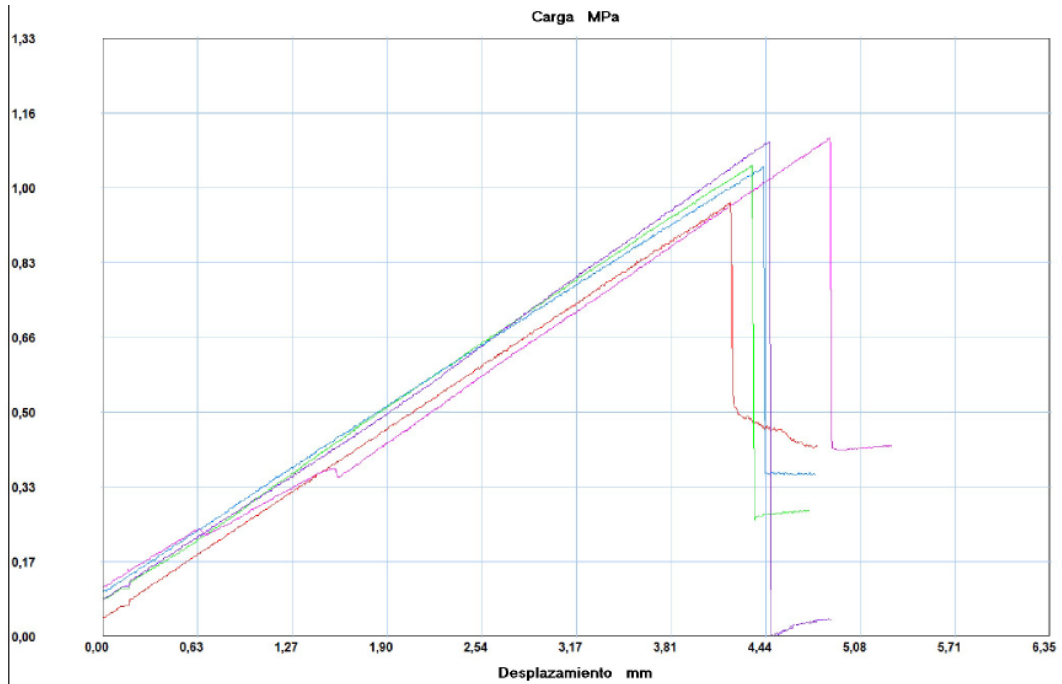
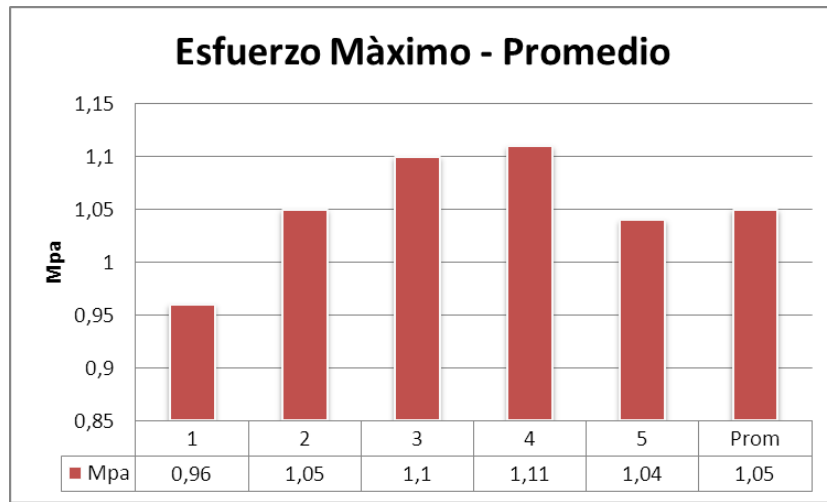
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	85.27	0.96	2809.29	4.206	OAB
2	100.54	1.05	2097.11	4.351	OBB
3	103.4	1.10	2594.07	4.455	OAB
4	101.55	1.11	1995.88	4.869	OAB
5	108.26	1.04	2047.03	4.418	OAB
Promedio	99.804	1.05	1308.679	-	-
Desv Est	8.650	0.059	368.485	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



Probeta	FMax N	CRot MPa	ModFlex MPa	FRot N
1	85,27	0,96	2809,29	84,77
2	100,54	1,05	2097,11	100,54
3	103,40	1,10	2594,07	103,40
4	101,55	1,11	1995,88	101,38
5	108,26	1,04	2047,03	107,93

EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	1.050 Mpa
Módulo de Flexión Promedio:	2308.679 MPa
Espesor real promedio	7.05 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	03-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	25%
Dimensiones:	160mm*16mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	6.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	21°C	Humedad:	59%

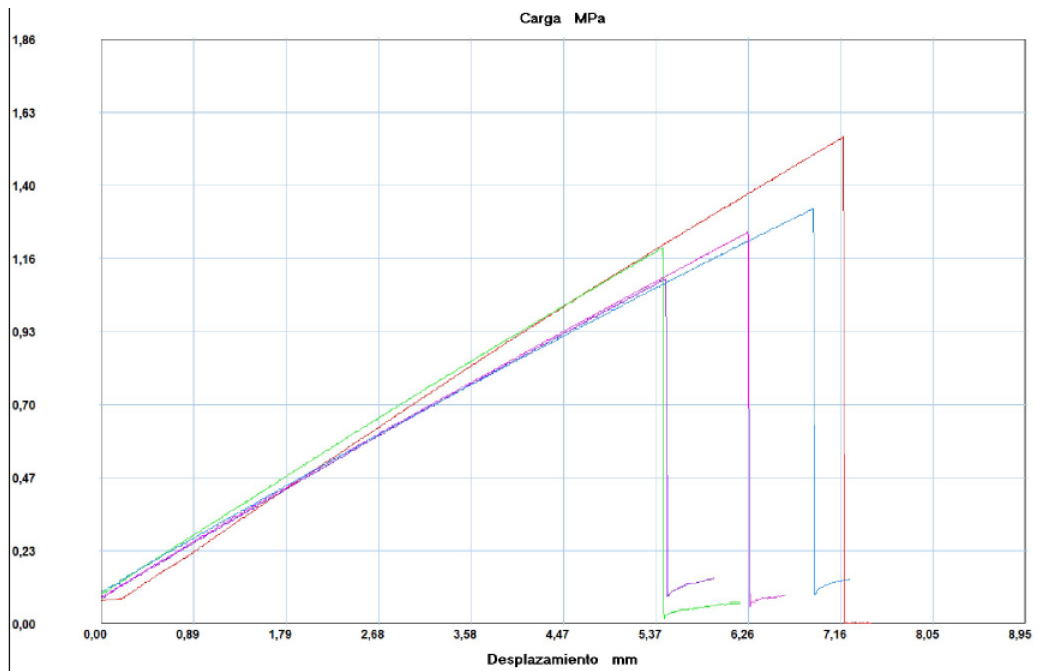
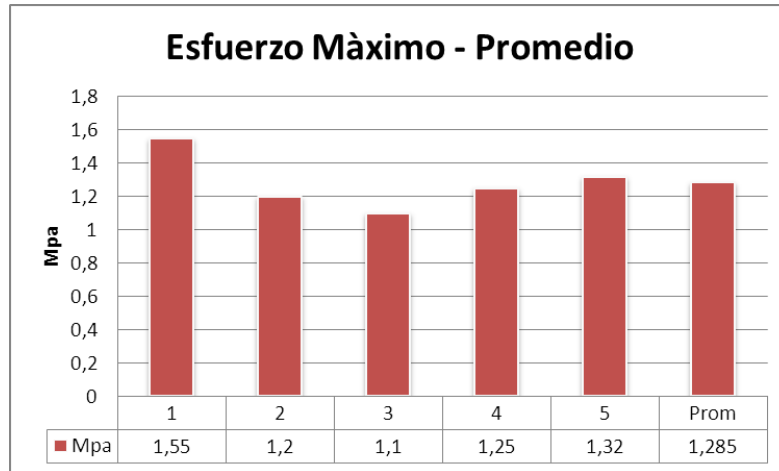
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	130.42	1.55	2904.36	7.154	OAB
2	94.50	1.20	3350.26	5.413	OAB
3	84.77	1.10	3209.08	5.446	OBB
4	101.21	1.25	3005.01	6.258	OAB
5	102.89	1.32	3010.00	6.873	OAB
Promedio	102.758	1.285	3095.744	-	-
Desv Est	17.758	0.170	180.164	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS



Probeta	FMax N	CRot MPa	ModFlex MPa	FRot N
1	130,42	1,55	2904,36	130,42
2	94,50	1,20	3350,26	94,50
3	84,77	1,10	3209,08	84,77
4	101,21	1,25	3005,01	101,21
5	102,89	1,32	3010,00	102,72

## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	1.285 Mpa
Módulo de Flexión Promedio:	3095.744 Mpa
Espesor real promedio	5.992 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	03-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	160mm*16mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	6.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	21°C	Humedad:	59%

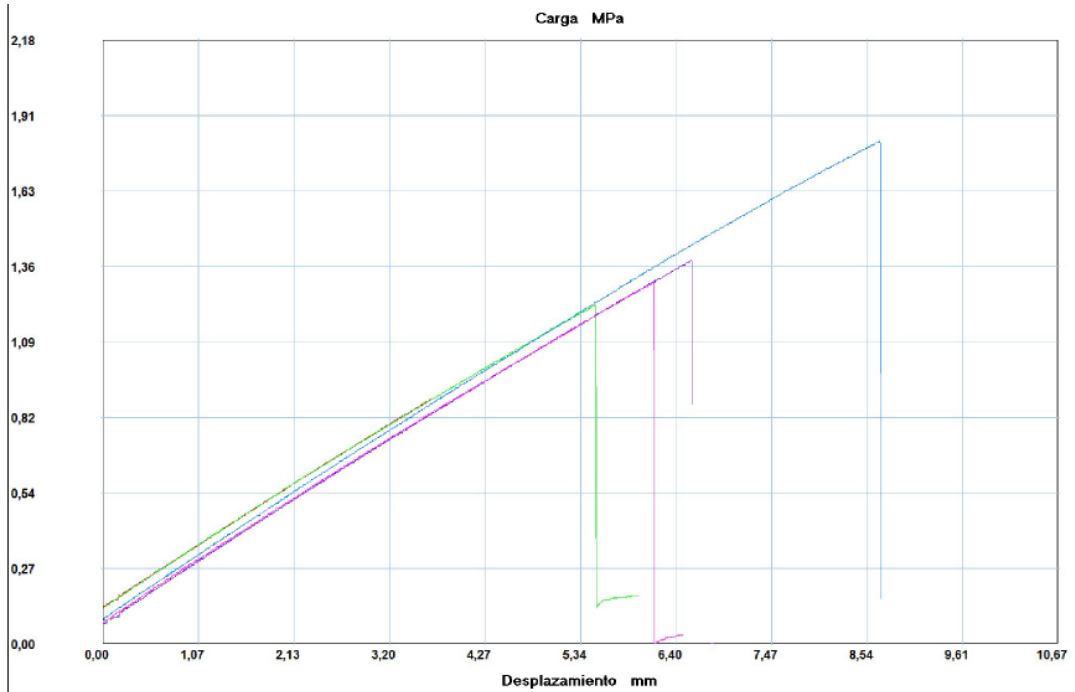
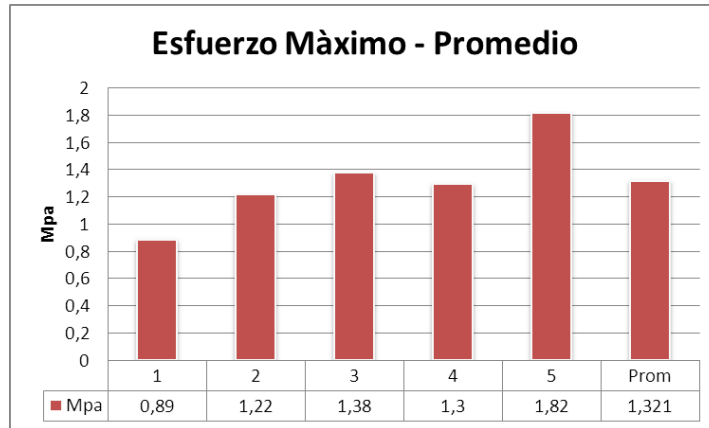
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	69.83	0.89	3220.86	3.675	OAB
2	99.54	1.22	3224.23	5.498	OAB
3	111.79	1.38	3015.42	6.576	OBB
4	98.86	1.30	3283.39	6.152	OBB
5	144.35	1.82	3248.40	8.688	OAV
Promedio	104.874	1.321	3198.460	-	-
Desv Est	26.921	0.335	105.326	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS



Probeta	FMax N	CRot MPa	ModFlex MPa	FRot N
■ 1	69,83	0,89	3220,86	69,83
■ 2	99,54	1,22	3224,23	99,37
■ 3	111,79	1,38	3015,42	111,62
■ 4	98,86	1,30	3283,39	98,86
■ 5	144,35	1,82	3248,40	144,35

## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	1.321 Mpa
Módulo de Flexión Promedio:	3198.460 Mpa
Espesor real promedio	6.032 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	03-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	160mm*16mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	6.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	20°C	Humedad:	58%

RESULTADOS

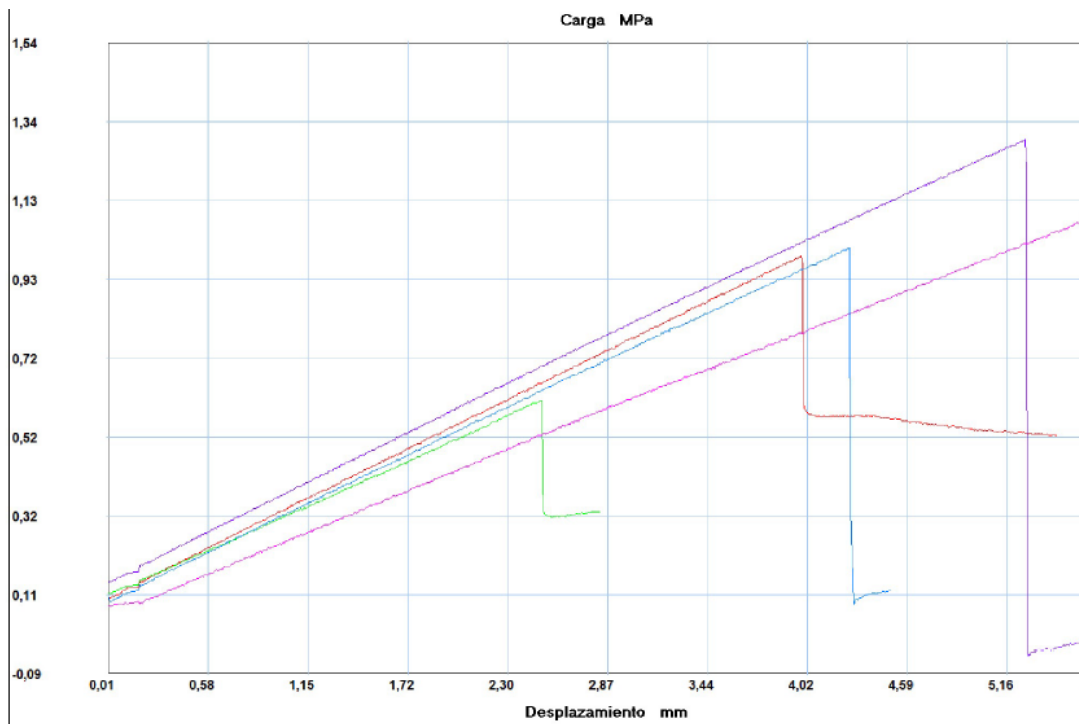
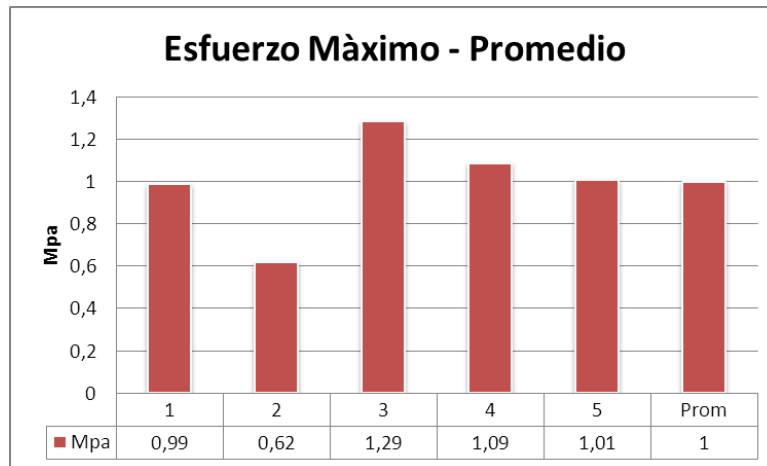
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	84.77	0.99	3000.09	3.981	OAB
2	50.19	0.62	3032.76	2.492	OAB
3	103.23	1.29	3326.87	5.267	OBB
4	80.23	1.09	3524.17	5.676	OBB
5	81.91	1.01	3394.18	4.253	OBB
Promedio	80.066	1.00	3255.614	-	-
Desv Est	19.070	0.246	229.869	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO





## GRÁFICAS



Probeta	FMax N	CRot MPa	ModFlex MPa	FRot N
1	84,77	0,99	3000,09	84,77
2	50,19	0,62	3032,76	50,19
3	103,23	1,29	3326,87	103,23
4	80,23	1,09	3524,17	79,90
5	81,91	1,01	3394,18	81,91

## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	1.00 Mpa
Módulo de Flexión Promedio:	3255.614 Mpa
Espesor real promedio	6.006 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	03-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco(corta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	160mm*16mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	6.0 mm	Velocidad de ensayo	10mm/min
Temperatura:	20°C	Humedad:	61%

RESULTADOS

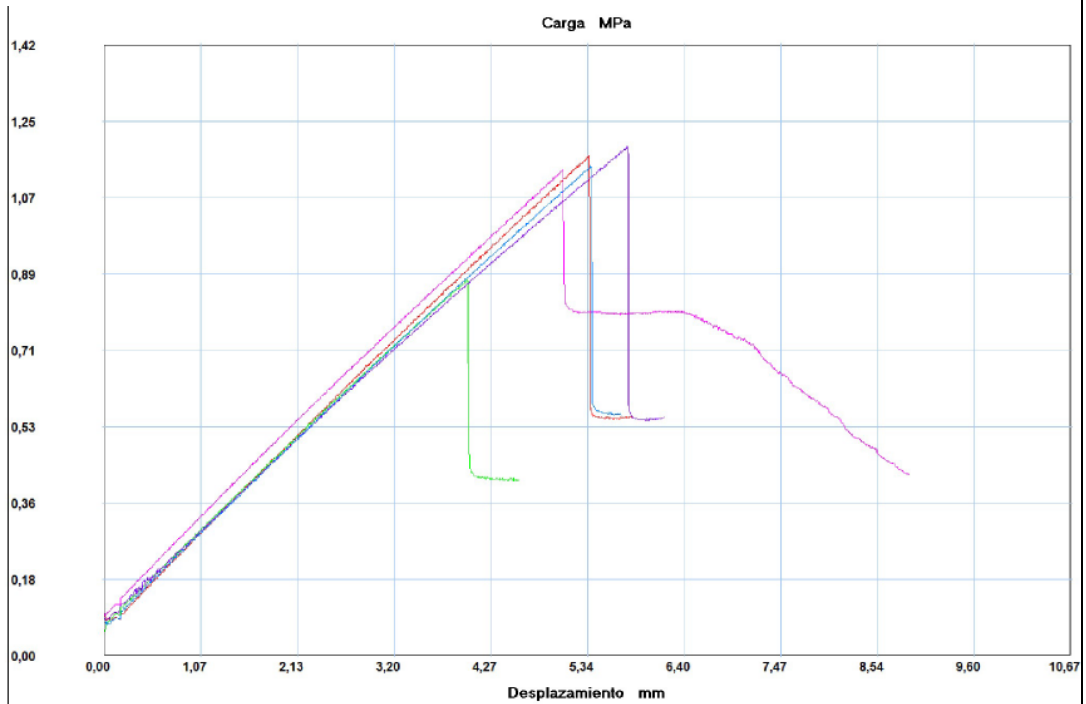
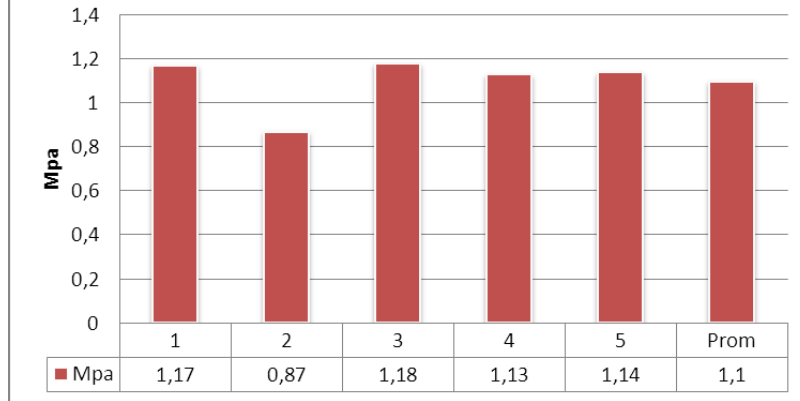
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	92.32	1.17	3375.72	5.332	OAB
2	65.13	0.87	3318.59	4.017	OAB
3	90.14	1.18	3238.65	5.779	OAB
4	90.47	1.13	3389.95	5.060	OBB
5	92.99	1.14	3267.4	5.379	OAB
Promedio	86.21	1.1	3318.063	-	-
Desv Est	11.845	0.128	65.890	-	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



## GRÁFICAS

### Esfuerzo Máximo - Promedio











Probeta	FMax N	CRot MPa	ModFlex MPa	FRot N
1	92,32	1,17	3375,72	92,32
2	65,13	0,87	3318,59	64,79
3	90,14	1,18	3238,65	89,97
4	90,47	1,13	3389,95	90,47
5	92,99	1,14	3267,40	92,99





## EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo Máximo Promedio:	1.1 Mpa
Módulo de Flexión Promedio:	3318.063 Mpa
Espesor real promedio	5.9 mm

#### 4.1.3 Fichas de reporte ensayos de impacto

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	07-10-2016	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales FICM				
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing Henry Vaca Mg		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de Ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM-5628		
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Compresión		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%		
Refuerzo	Fibra de coco(larga)	Fracción Volumétrica:	35%		
Dimensiones:	58mm*58mm*e	Número de probetas:	5		
Espesor promedio:	6 mm	Masa del dardo:	0.2293 Kg		
Diámetro del dardo:	20mm	Geometría del dardo:	FB		
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso del dardo (Kg)	Coeficiente	Resistencia al impacto (J)	Tipo de falla
1	700	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	1.57	A
2	900	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.02	B
3	1000	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.25	B
4	1200	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.70	B
5	1200	0.3163	$9.80665 \times 10^{-3}$	3.72	B
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
					

Probeta:	2	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
Probeta:	3	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
Probeta :	4	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)

					
Probeta:	5	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.3163
Peso adicional Kg:	0.087	Piezas adicionales:	5	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES					
Energía promedio absorbida:	2.45 J				
Resistencia máxima al impacto:	1.57 J				
Inicio de falla:	La matriz falla, las fibras distribuyen el impacto y no se rompen				
Observaciones:	La fractura por el impacto sigue la orientación de las fibras a lo largo del espesor				



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	07-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales FICM		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

**PARÁMETROS DE ENSAYO**

Tipo de Ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM-D5628
Configuración	Fibra longitudinal	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (larga)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	58mm*58mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	6 mm	Masa del dardo:	0.2293 Kg
Diámetro del dardo:	20mm	Geometría del dardo:	FB

**RESULTADOS**



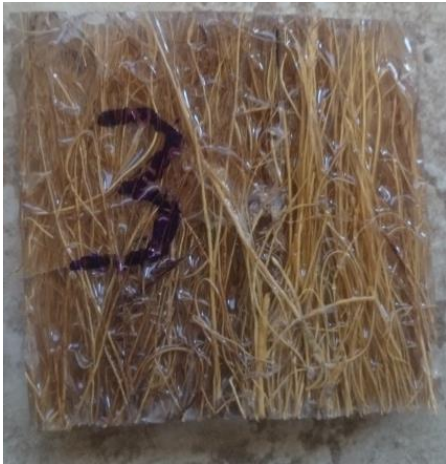

Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coeficiente	Resistencia al impacto (J)	Tipo de falla
1	800	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	1.8	A
2	1000	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.25	A
3	1200	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.70	B
4	1200	0.3162	$9.80665 \times 10^{-3}$	3.72	B
5	1200	0.4033	$9.80665 \times 10^{-3}$	4.75	B

**FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO**




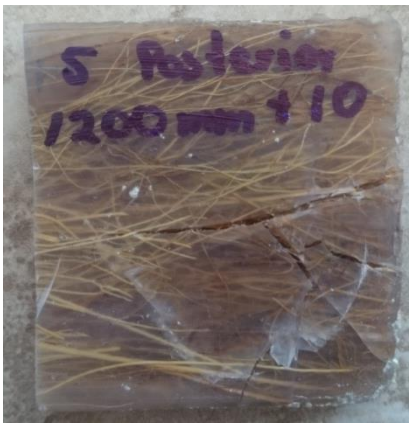
Probeta:	1	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)



Probeta:	2	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)

					
Probeta:	3	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
Probeta:	4	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.3162
Peso adicional Kg:	0.087	Piezas adicionales:	5	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)



					
Probeta:	5	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4033
Peso adicional Kg:	0.174	Piezas adicionales:	10	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
<b>EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES</b>					
Energía promedio absorbida:			3.04 J		
Resistencia máxima al impacto:			1.8 J		
Inicio de falla:			La matriz falla, las fibras distribuyen el impacto y no se rompen		
Observaciones:			La fractura por el impacto sigue la orientación de las fibras a lo largo del espesor de la probeta		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**DATOS INFORMATIVOS**

Fecha:	07-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales FICM		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

**PARÁMETROS DE ENSAYO**

Tipo de Ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM-D5628
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	35%
Dimensiones:	58mm*58mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio:	6 mm	Masa del dardo:	0.2293 Kg
Diámetro del dardo:	20mm	Geometría del dardo:	FB

**RESULTADOS**





Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coefficiente	Resistencia al impacto (J)	Tipo de falla
1	800	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	1.8	A
2	1000	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.25	A
3	1200	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.70	B
4	1200	0.3162	$9.80665 \times 10^{-3}$	3.72	B
5	1200	0.4033	$9.80665 \times 10^{-3}$	4.75	B


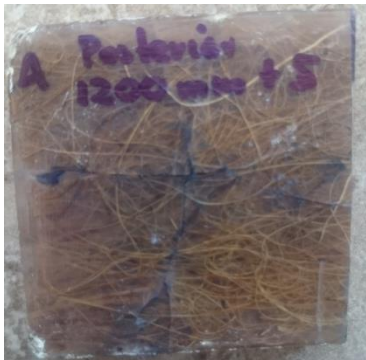


**FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO**

Probeta:	1	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)



Probeta:	2	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
----------	---	----------------------	--------	-------------	--------




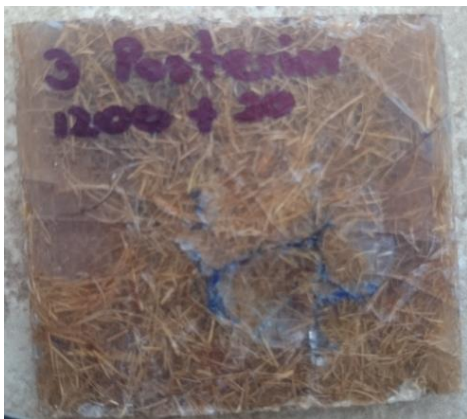
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
					
Probeta:	3	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
Probeta:	4	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.3162
Peso adicional Kg:	0.087	Piezas adicionales:	5	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)



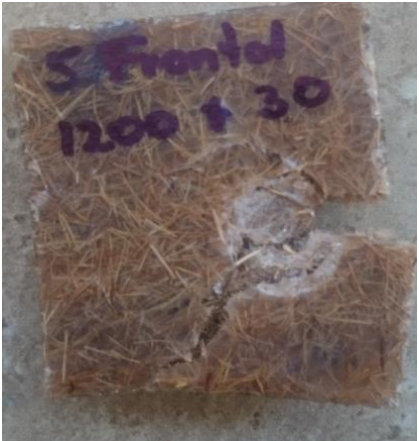
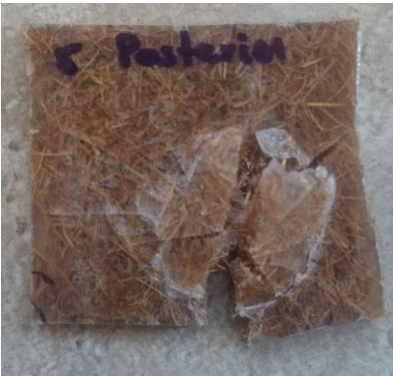
					
Probeta:	5	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4033
Peso adicional Kg:	0.174	Piezas adicionales:	10	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
<b>EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES</b>					
Energía promedio absorbida:			3.04 J		
Resistencia máxima al impacto:			1.8 J		
Inicio de falla:			La matriz falla, las fibras distribuyen el impacto y no se rompen		
Observaciones:			La fractura por el impacto sigue la orientación de las fibras a lo largo del espesor de la probeta, pero aumenta la resistencia al impacto, por la distribución de fuerzas que otorga la fibra corta		



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	07-10-2016	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales FICM				
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de Ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM-D5628		
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	65%		
Refuerzo	Fibra de coco (mixta)	Fracción Volumétrica:	35%		
Dimensiones:	58mm*58mm*e	Número de probetas:	5		
Espesor promedio:	6 mm	Masa del dardo:	0.2293 Kg		
Diámetro del dardo:	20mm	Geometría del dardo:	FB		
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coeficiente	Resistencia al impacto (J)	Tipo de falla
1	1200	0.4033	$9.80665 \times 10^{-3}$	4.75	A
2	1200	0.4903	$9.80665 \times 10^{-3}$	5.77	A
3	1200	0.5774	$9.80665 \times 10^{-3}$	6.79	B
4	1200	0.6642	$9.80665 \times 10^{-3}$	7.82	B
5	1200	0.7514	$9.80665 \times 10^{-3}$	8.84	D
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4033
Peso adicional Kg:	0.174	Piezas adicionales:	10	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
Probeta:	2	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4903

Peso adicional Kg:	0.261	Piezas adicionales:	15	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
					
Probeta:	3	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.5774
Peso adicional Kg:	0.348	Piezas adicionales:	20	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
Probeta:	4	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.6642
Peso adicional Kg:	0.435	Piezas adicionales:	25	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)

					
Probeta:	5	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.7514
Peso adicional Kg:	0.522	Piezas adicionales:	30	Tipo de Falla:	Falla tipo D: Falla dúctil, la barra es penetrada pero no destruye en partes a la probeta
					
<b>EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES</b>					
Energía promedio absorbida:		6.79 J			
Resistencia máxima al impacto:		4.75 J			
Inicio de falla:		La matriz falla, las fibras distribuyen el impacto y no se rompen			
Observaciones:		La fractura se distribuye a lo largo de la probeta, la combinación de fibra larga y corta da una mejor resistencia al impacto.			



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**DATOS INFORMATIVOS**

Fecha:	07-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales FICM		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

**PARÁMETROS DE ENSAYO**

Tipo de Ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM-D5628
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Compresión
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	58mm*58mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio :	6 mm	Masa del dardo:	0.2293 Kg
Diámetro del dardo:	20mm	Geometría del dardo:	FB

**RESULTADOS**

Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coficiente	Resistencia al impacto (J)	Tipo de falla
1	800	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	1.80	A
2	1000	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.70	A
3	1200	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	3.72	A
4	1200	0.3162	$9.80665 \times 10^{-3}$	4.75	D
5	1200	0.4033	$9.80665 \times 10^{-3}$	8.84	D

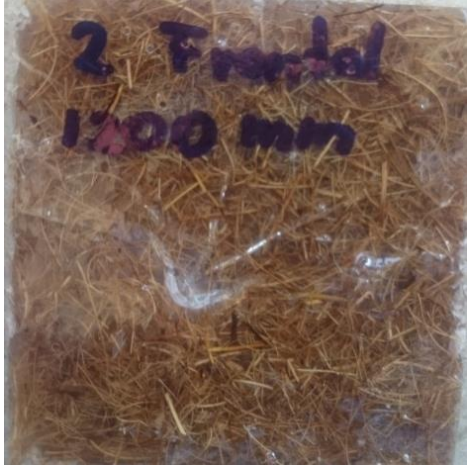
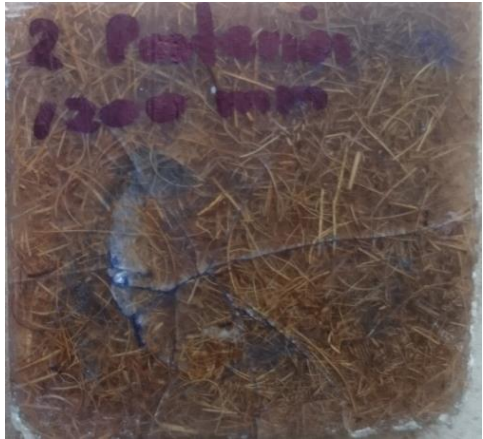


**FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO**





Probeta:	1	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4033
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)



Probeta:	2	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
----------	---	----------------------	--------	-------------	--------



Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
					
Probeta:	3	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.3163
Peso adicional Kg:	0.87	Piezas adicionales:	5	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
					
Probeta:	4	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4033
Peso adicional Kg:	0.174	Piezas adicionales:	10	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)

					
Probeta:	5	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.7514
Peso adicional Kg:	0.522	Piezas adicionales:	30	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
<b>EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES</b>					
Energía promedio absorbida:			4.36 J		
Resistencia máxima al impacto:			1.80 J		
Inicio de falla:			La matriz falla, las fibras distribuyen el impacto y no se rompen		
Observaciones:			La fractura por el impacto se distribuye de forma homogénea en la zona del impacto, afectando solo esta sin dañar el resto de la probeta. No hay una destrucción total de la probeta.		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	07-10-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales FICM		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

PARÁMETROS DE ENSAYO

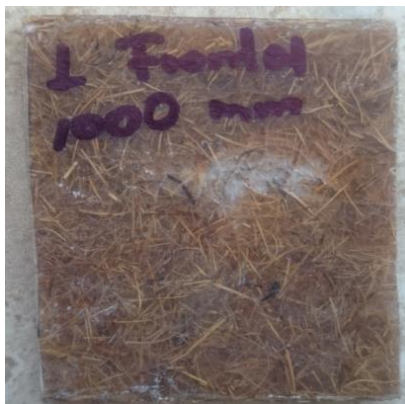
Tipo de Ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM-D5628
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco (corta)	Fracción Volumétrica:	30%
Dimensiones:	58mm*58mm*e	Número de probetas:	5
Espesor promedio (e):	6 mm	Masa del dardo:	0.2293 Kg
Diámetro del dardo:	20mm	Geometría del dardo:	FB

RESULTADOS





Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coefficiente	Resistencia al impacto (J)	Tipo de falla
1	1000	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.25	A
2	1200	0.2293	$9.80665 \times 10^{-3}$	2.70	A
3	1200	0.3163	$9.80665 \times 10^{-3}$	3.72	B
4	1200	0.4033	$9.80665 \times 10^{-3}$	4.75	B
5	1200	0.4903	$9.80665 \times 10^{-3}$	5.77	D





FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO

Probeta:	1	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4033
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)



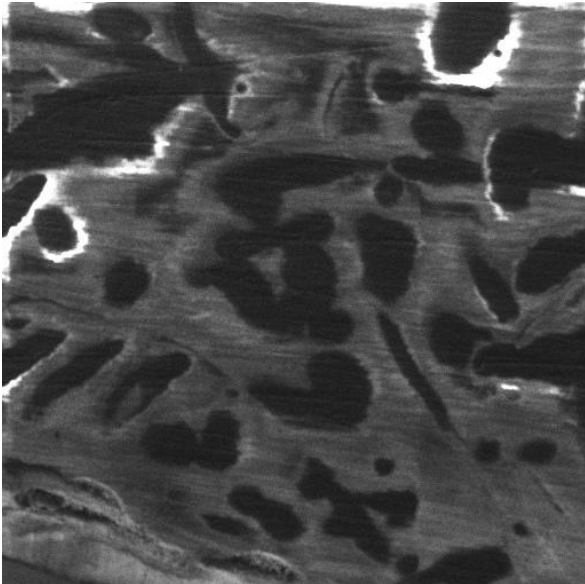


Probeta:	2	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.2293
----------	---	----------------------	--------	-------------	--------

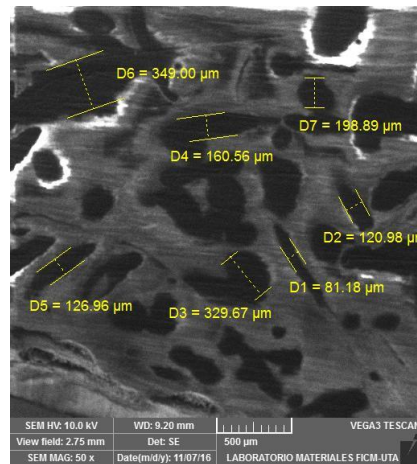
Peso adicional Kg:	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
					
Probeta:	3	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.3163
Peso adicional Kg:	0.084	Piezas adicionales:	5	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grieta en una sola cara, (la placa puede contener agua)
					
Probeta:	4	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.3163
Peso adicional Kg:	0.174	Piezas adicionales:	10	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)

					
Probeta:	5	Peso del dardo (Kg):	0.2293	Peso total:	0.4033
Peso adicional Kg:	0.261	Piezas adicionales:	15	Tipo de Falla:	Falla tipo B: Grietas que penetran en todo el espesor, (el agua penetra a través de la placa)
					
<b>EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES</b>					
Energía promedio absorbida:			3.84 J		
Resistencia máxima al impacto:			2.25 J		
Inicio de falla:			La matriz falla, las fibras distribuyen el impacto y no se rompen		
Observaciones:			La fractura por el impacto se distribuye de forma homogénea en la zona del impacto, afectando solo está sin dañar el resto de la probeta. No hay una destrucción total de la probeta		

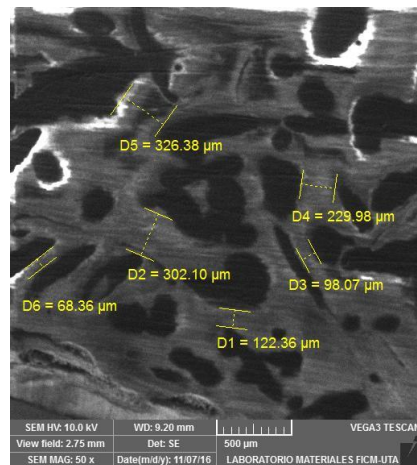
#### 4.1.4 Fichas de reporte del ensayo de fractografía

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	07-11-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Microscopio de barrido SEM		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Fractografía	Norma:	-
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco(corta)	Fracción Volumétrica:	30%
VISTA GENERAL			
			
SEM HV: 10.0 kV		WD: 9.20 mm	
View field: 2.75 mm		Det: SE	
SEM MAG: 50 x		Date(m/d/y): 11/07/16	
		VEGA3 TESCAN	
		500 µm	
		LABORATORIO MATERIALES FICM-UTA	

## MEDIDAS DE LA FIBRA



## MEDIDAS DE LA INTERFAZ (RESINA)



### Observaciones:

La probeta de fibra corta al azar por compresión presenta diferencias en la distribución tanto de la fibra como en el interfaz, observamos que las distancias de la interfaz no supera las 350 $\mu\text{m}$  pero fluctúa desde los 60  $\mu\text{m}$  al igual que el espesor de la fibra de coco, mismo que es muy diverso.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

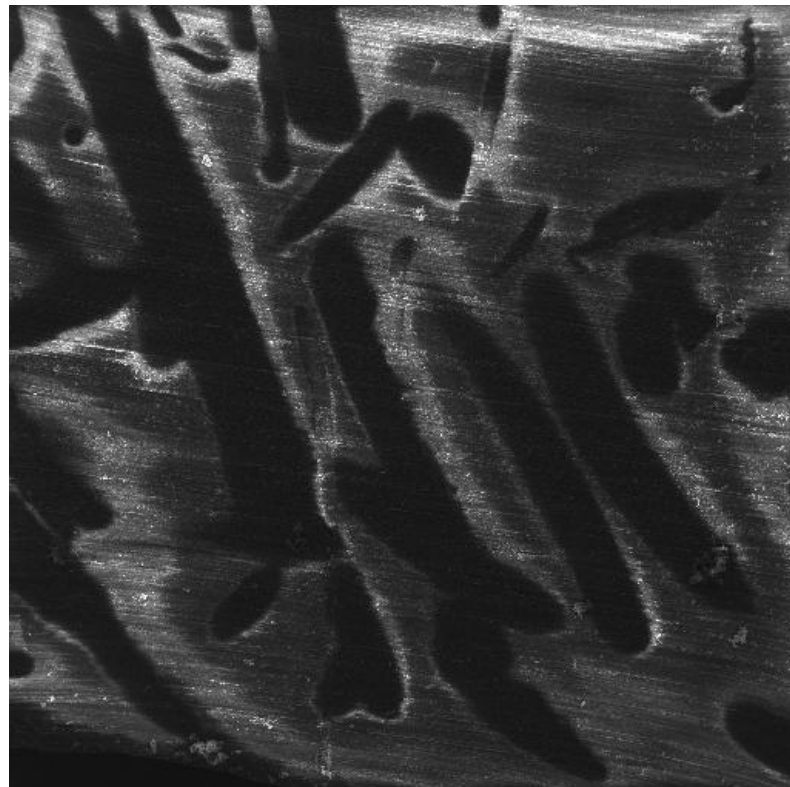
**DATOS INFORMATIVOS**

Fecha:	07-11-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Microscopio de barrido SEM		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

**PARÁMETROS DE ENSAYO**

Tipo de Ensayo:	Fractografía	Norma:	-
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	75%
Refuerzo	Fibra de coco(coco)	Fracción Volumétrica:	25%

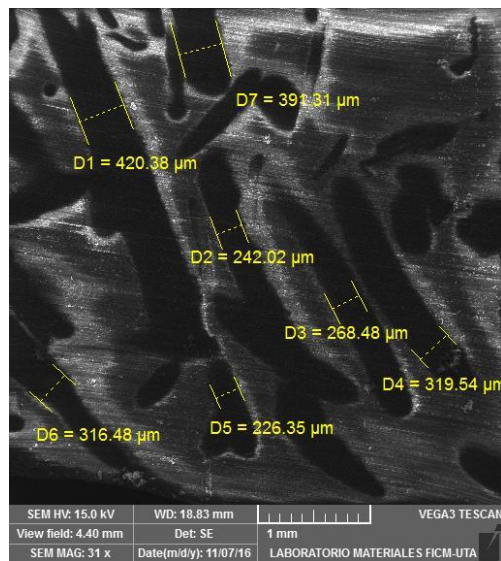
**VISTA GENERAL**



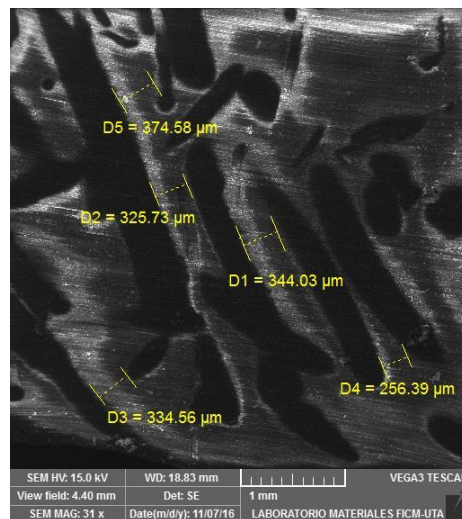
SEM HV: 15.0 kV	WD: 18.83 mm	VEGA3 TESCAN
View field: 4.40 mm	Det: SE	1 mm
SEM MAG: 31 x	Date(m/d/y): 11/07/16	LABORATORIO MATERIALES FICM-UTA



## MEDIDAS DE LA FIBRA



## MEDIDAS DE LA INTERFAZ (RESINA)



### Observaciones:

La distancia del interfaz entre fibra y fibra es más homogénea, al no tener la presión, la fibra se distribuye de mejor manera, la fluctuación va desde los 260  $\mu\text{m}$  a 370  $\mu\text{m}$ , en la parte de la fibra tampoco se ve afectada por la presión, mantiene unos espesores que fluctúan de 220  $\mu\text{m}$  a 420  $\mu\text{m}$ , sin liberar el oxígeno contenido.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

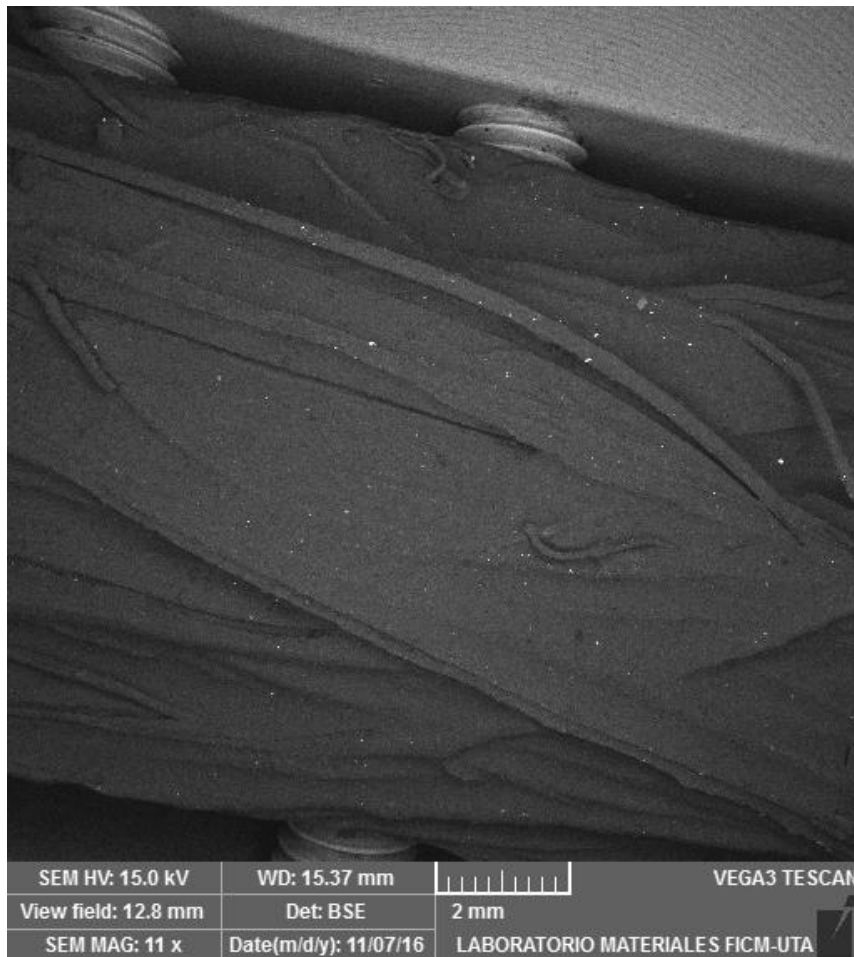
**DATOS INFORMATIVOS**

Fecha:	07-11-2016	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Máquina:	Microscopio de barrido SEM		
Realizado por:	Gabriel Mazón	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg

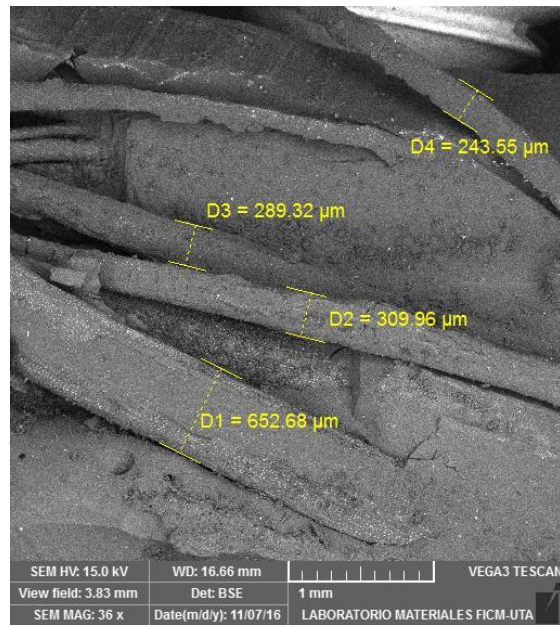
**PARÁMETROS DE ENSAYO**

Tipo de Ensayo:	Fractografía	Norma:	-
Configuración	Fibra al azar	Estratificación:	Manual
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción Volumétrica:	70%
Refuerzo	Fibra de coco(corta)	Fracción Volumétrica:	30%

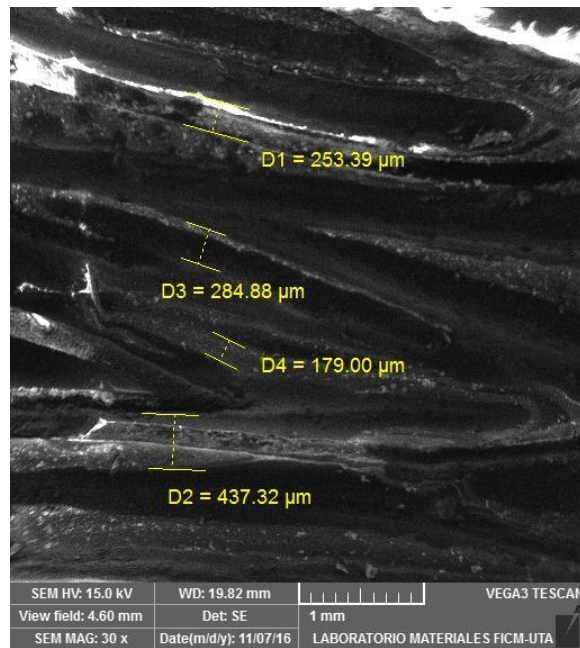
**VISTA GENERAL**



## MEDIDAS DE LA FIBRA



## MEDIDAS DE LA INTERFAZ (RESINA)



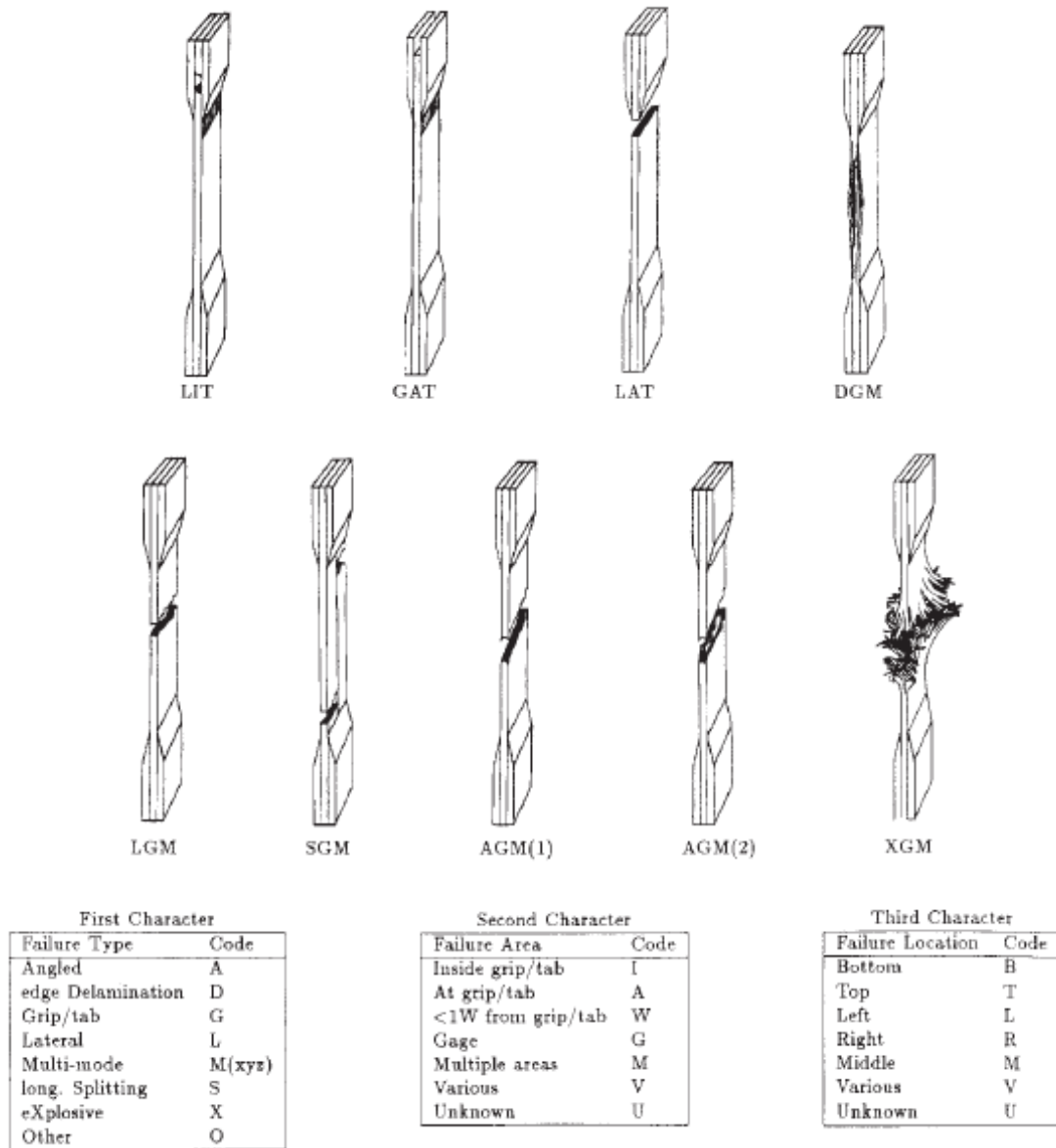
### Observaciones:

En cuanto a las probetas de fibra larga, en el interfaz no se puede apreciar una buena distribución de la fibra, ya que al ser longitudinal sigue una sola dirección y no forma una especie de malla como lo hace la fibra corta. El interfaz fluctúa entre 150 μm a 450 μm, las fibras mantienen sus espesores normales, pero hay una falta de adherencia entre la matriz y la fibra.

#### 4.1.5 Nomenclatura de tipos de falla utilizada en las fichas técnicas

Para la correcta interpretación sobre las fracturas presentes en los ensayos, nos basamos en las normas.

Como observamos en la Figura 4.1 existen diferentes fracturas en el ensayo a tracción bajo la norma ASTM D-3039.



**Figura 4.1.-** Tipos de fractura en ensayo de tracción  
**Fuente:** Norma ASTM D-3039

Para los ensayos de flexión hay diferentes tipos de falla que se pueden dar, su análisis es basado en la norma ASTM D-7264.

En la Figura 4.2 observamos las diferentes combinaciones que se pueden analizar.



First Character		Second Character		Third Character	
Failure Mode	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Tension	T	At loading nose	A	Top	T
Compression	C	Between loading noses	B	Bottom	B
Buckling	B	at Support nose	S	Left	L
interlaminar Shear	S	between Load and support nose	L	Right	R
Multi-mode	M(xyz)	Unknown	U	Middle	M
Other	O			Various	V
				Unknown	U

**Figura 4.2.-** Tipos de combinaciones para las fracturas en ensayo de flexión  
**Fuente:** Norma ASTM D-7264

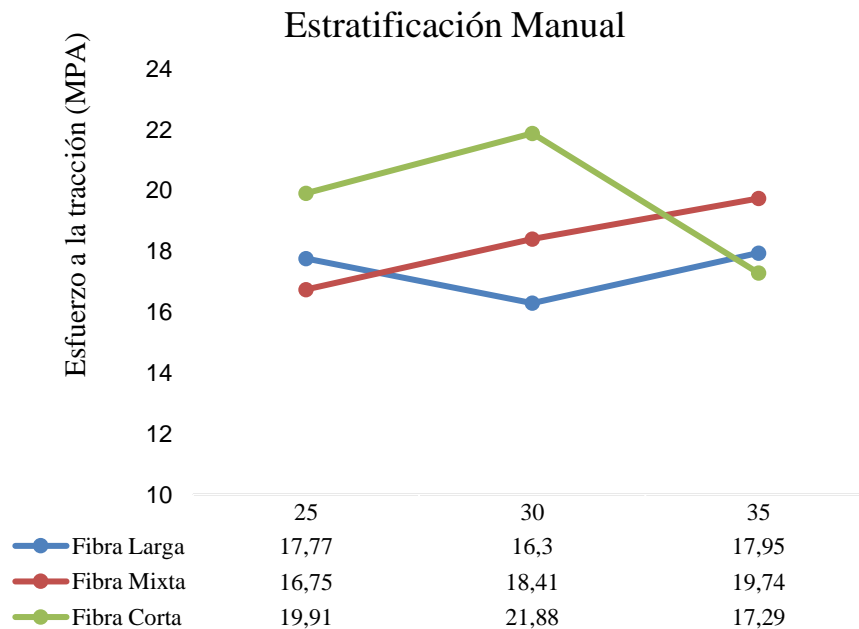
## 4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Comparación entre los resultados de las probetas ensayadas a tracción de estratificación manual, y estratificación a compresión.

**Tabla 4.1.-** Estratificación manual



 	Estratificación Manual			
	Tipo de fibras			
	Fibra Larga	Fibra Mixta	Fibra Corta	
Fracción	25	17,77	16,75	19,91
Volumétrica	30	16,3	18,41	21,88
%	35	17,95	19,74	17,29

**Fuente:** Fuente



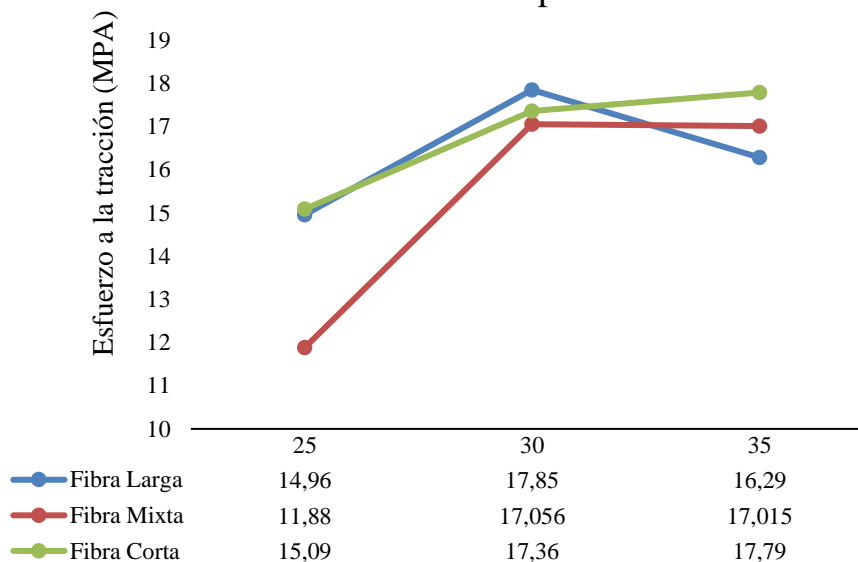
**Figura 4.3.-** Gráfica comparativa  
**Fuente:** Autor

**Tabla 4.2.-** Estratificación a compresión

 		Estratificación Compresión		
		Tipo de fibras		
		Fibra Larga	Fibra Mixta	Fibra Corta
Fracción	25	14,96	11,88	15,09
Volumétrica	30	17,85	17,056	17,36
%	35	16,29	17,015	17,79

Fuente: Autor

**Estratificación a Compresión**





**Figura 4.4.-** Gráfica comparativa

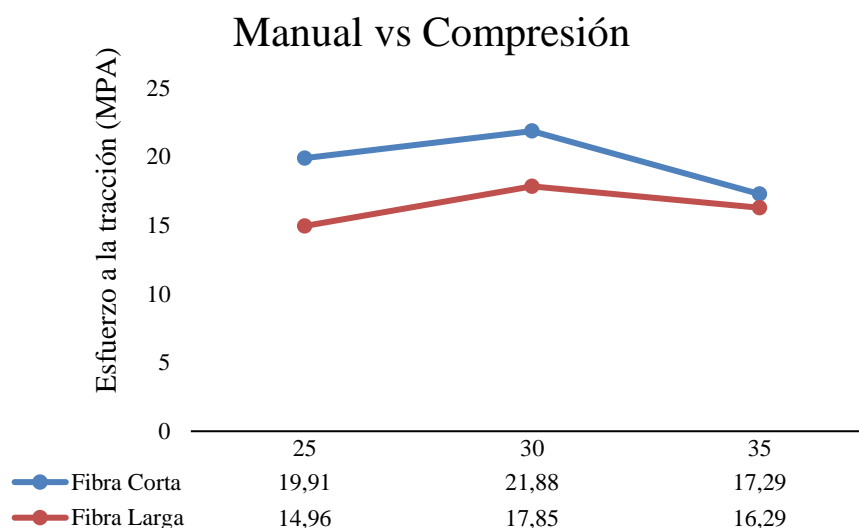
Fuente: Autor

La mejor combinación de la estratificación manual, es comparada con la mejor estratificación a compresión.

**Tabla 4.3.-** Estratificación manual vs compresión

 		Manual vs Compresión	
		Tipo de fibra	
		Fibra Corta	Fibra Larga
Fracción	25	19,91	14,96
Volumétrica	30	21,88	17,85
%	35	17,29	16,29

Fuente: Autor



**Figura 4.5.-** Comparación entre estratificaciones  
**Fuente:** Autor

Ahora verificaremos este resultado con el método “T Student” con una distribución de diferencia entre dos medias, para efecto de desarrollo establecemos la siguiente hipótesis:

Obtendremos mejores resultados de resistencia en el ensayo a tracción del material compuesto de resina poliéster con fibra de coco utilizando un sistema de estratificación manual que la estratificación por compresión.

Las variables que intervienen en esta hipótesis son:

- Variable independiente  
Tipo de estratificaciones manual o compresión
- Variable dependiente  
Mejores resultados de los ensayos a tracción del material compuesto de resina poliéster con fibra de coco

Simbología:

Ho = Hipótesis Nula

Ha = Hipótesis alternativa o de investigación

$\alpha$  = Margen de error

X = Resultados de los ensayos a tracción con estratificación manual

Y = Resultados de los ensayos a tracción con estratificación a compresión

n1 = Población 1

$n_2 = \text{Población 2}$

Modelo Lógico

Hipótesis Nula  $H_0$

$H_0$ : No obtendremos mejores resultados de resistencia en el ensayo a tracción del material compuesto de resina poliéster con fibra de coco utilizando un sistema de estratificación manual que la estratificación por compresión.

Hipótesis Alterna  $H_a$

$H_a$ : Obtendremos mejores resultados de resistencia en el ensayo a tracción del material compuesto de resina poliéster con fibra de coco utilizando un sistema de estratificación manual que la estratificación por compresión.

Modelo Matemático

$H_0 = U_x = U_y$ ;  $H_a = U_x \neq U_y$

Determinación del nivel de significancia

Para este tipo de experimentación se trabajará con un nivel de confianza del 95% con un nivel de significancia del 5%

Nivel de significancia

$$\alpha/2 = 0.05 / 2 = 0.025$$

Grados de libertad

$$V = n_1 + n_2 - 2$$

$$V = 9 + 9 - 2$$

$$V = 16$$

Selección del  $t_0$

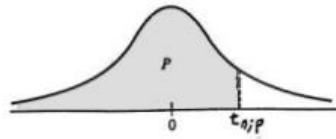
$t_0 = 0.975$  (Sugerido para trabajos de nivel experimental)

Resolución

Distribución t tabulado



Distribución *t* de Student



La tabla A.4 da distintos valores de la función de distribución en relación con el número de grados de libertad; concretamente, relaciona los valores *p* y  $t_{n;p}$  que satisfacen

$$P(t_n \leq t_{n;p}) = p.$$


<i>n</i>	$t_{0,55}$	$t_{0,60}$	$t_{0,70}$	$t_{0,80}$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,606	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,6281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,6010	2,7181	3,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,6788	2,6810	3,0545
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,6448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,6314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7450	2,6199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,1274	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,1274	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,1273	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,1272	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,1271	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,1271	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,1270	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,1269	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,1269	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,1268	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,1268	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,1268	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,1267	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
40	0,1265	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,1263	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,1262	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
80	0,1261	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
100	0,1260	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,1259	0,2539	0,5258	0,8446	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
∞	0,126	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

Figura 4.6.- Distribución T [16]

T tabulado = 2.1199

## Cálculo de la distribución T

**Tabla 4.4.-** Resultados de ensayos a tracción

	Estratificación	
	Familias	Manual (Mpa)
1	17,77	14,96
2	16,3	17,85
3	17,95	16,29
4	17,98	11,88
5	18,41	17,05
6	19,74	17,01
7	19,91	15,09
8	21,88	17,36
9	17,29	17,79
Media	18,58	16,14

Fuente: Autor

$$s^2 = \frac{\Sigma(X1 - X2)^2 + \Sigma(Y1 - Y2)^2}{n1 + n2 - 2}$$

$$s^2 = \frac{34.65 - 31.53}{9 + 9 - 2}$$

$$s^2 = 4.27$$

Se sustituye estos valores en la siguiente ecuación:

$$s^2 = \frac{X - Y}{\sqrt{\frac{S^2}{n1} + \frac{S^2}{n2}}}$$

$$s^2 = \frac{18.58 - 16.14}{\sqrt{\frac{4.13}{9} + \frac{4.13}{9}}}$$

$$s^2 = \frac{2.44}{0.9580}$$

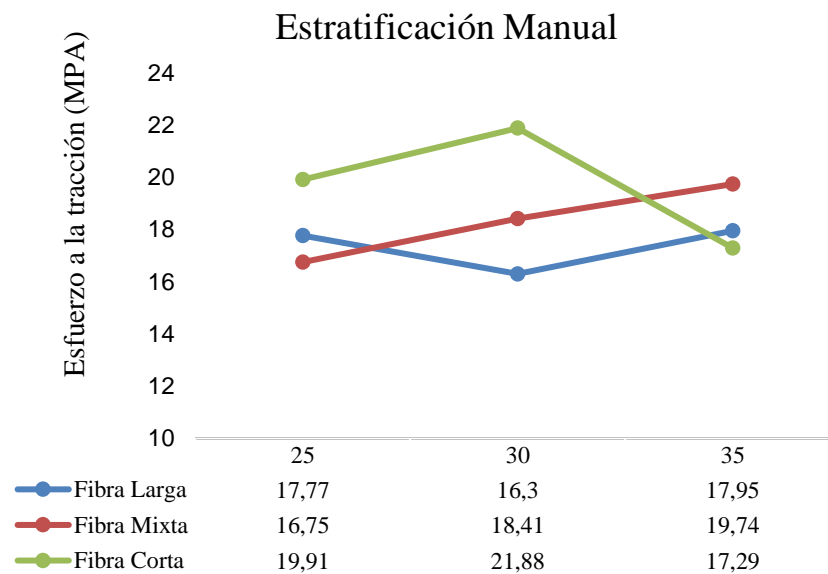
$$s^2 = 2.5439$$

El t calculado = 2.3508 > t tabulado = 2.1199

Por ser el t calculado mayor que el t tabulado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que dice:

Obtendremos mejores resultados de resistencia en el ensayo a tracción del material compuesto de resina poliéster con fibra de coco utilizando un sistema de estratificación manual que la estratificación por compresión.



Verificamos que el sistema manual es superior al sistema de compresión para la realización de las probetas, para elegir la mejor fibra compararemos la grafico de estratificación manual.



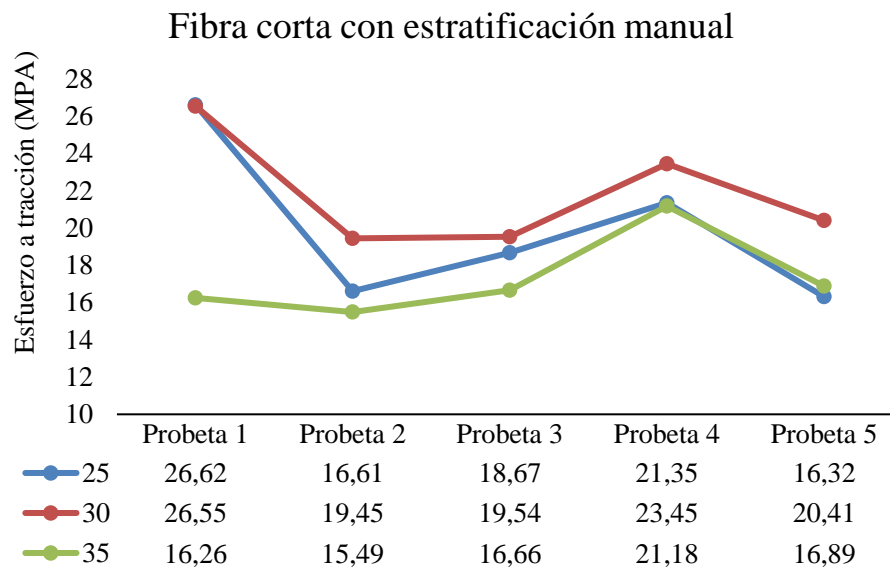
**Figura 4.7.** Fibras a estratificación manual  
Fuente: Autor

La fibra corta presenta las mejores características de las tres fibras, elegimos la fibra corta para realizar la selección de la mejor familia con la fracción volumétrica, para esto usamos la gráfica con sus respectivos resultados por probeta.

**Tabla 4.5.-** Fibra corta con estratificación manual

 		Fibra corta estratificación manual				
		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
Fracción Volumétrica %	25	26,62	16,61	18,67	21,35	16,32
	30	26,55	19,45	19,54	23,45	20,41
	35	16,26	15,49	16,66	21,18	16,89

Fuente: Autor



**Figura 4.8.-** Fibra corta con estratificación manual  
Fuente: Autor

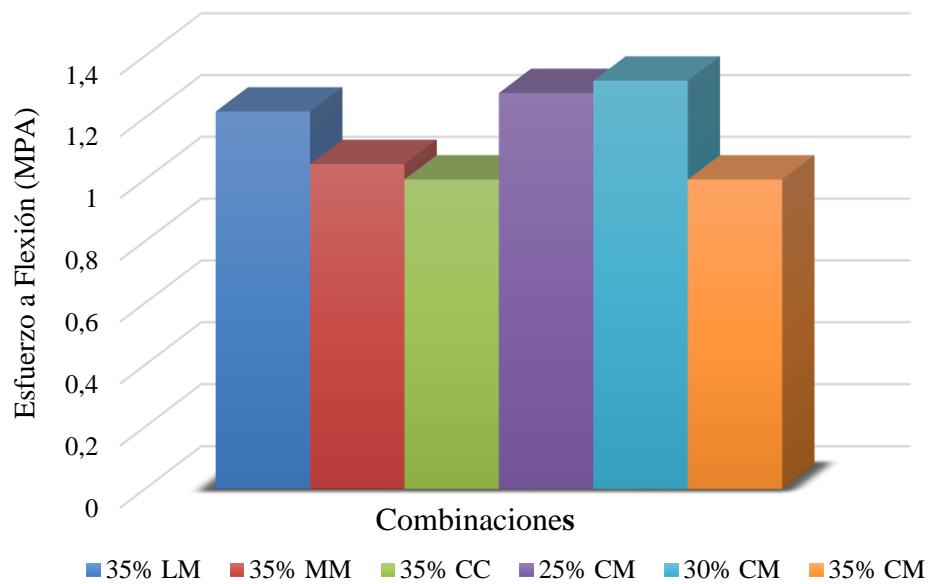
En la figura 4.8 se observa que, a pesar de no ser una diferencia, la fibra corta con fracción volumétrica del 30% presenta mejores propiedades mecánicas, por las mismas se la elige como la mejor.

Las probetas que se realizaron para el ensayo de flexión pertenecientes a las mejores combinaciones se las analiza gráficamente para seleccionar la mejor.

**Tabla 4.6.-** Probetas a flexión

				Resultados de Flexión
Fracc Vol %	Fibra	Estratificación	Mpa	
35	Larga	Manual	1,22	
35	Mixta	Manual	1,05	
25	Corta	Manual	1	
30	Corta	Manual	1,28	
35	Corta	Manual	1,32	
35	Corta	Compresión	1	

**Fuente:** Autor



**Figura 4.9.-** Resultados de ensayos a flexión  
Fuente: Autor

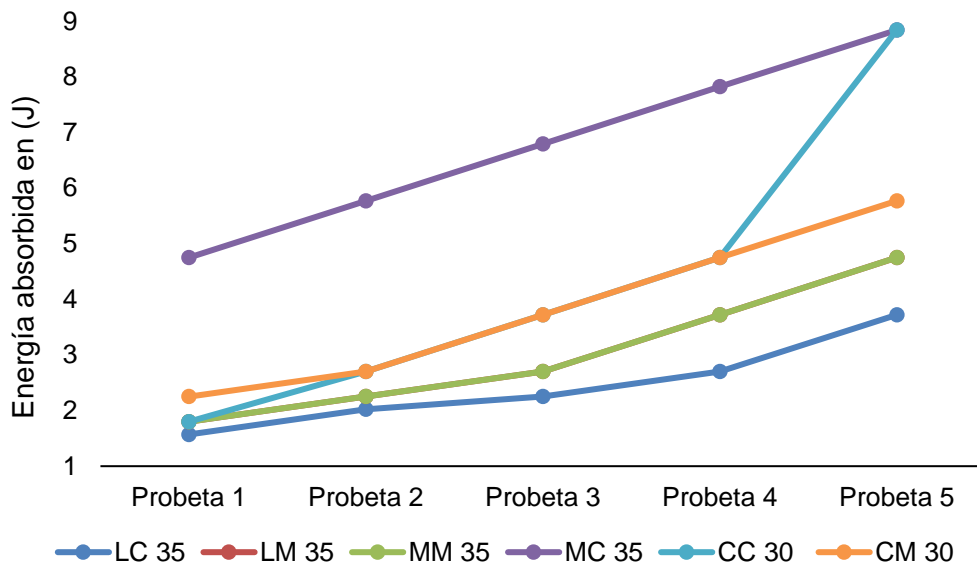
La mejor combinación fue la fibra corta al 30% en fracción volumétrica con estratificación manual, con resultados similares, la fibra corta al 25% obtuvo resultados levemente menores, y la fibra larga está también entre las mejores.

En los ensayos a impacto, se los realizó a diferentes alturas, para ver el comportamiento de las probetas, desde su leve fisura hasta su fractura total. Se realizó una comparación entre fibras con sus estratificaciones.

**Tabla 4.7.-** Resultados de probetas a impacto

UTA		FICM	Resultado probetas a Impacto (J)				
Fibra	Estratificación	Fracc Vol %	1	2	3	4	5
Larga	Compresión	35	1,57	2,02	2,25	2,7	3,72
Larga	Manual	35	1,8	2,25	2,7	3,72	4,75
Mixta	Manual	35	1,8	2,25	2,7	3,72	4,75
Mixta	Compresión	35	4,75	5,77	6,79	7,82	8,84
Corta	Compresión	30	1,8	2,7	3,72	4,75	8,84
Corta	Manual	30	2,25	2,7	3,72	4,75	5,77

Fuente: Autor



**Figura 4.10.-** Resultados de las probetas a impacto  
**Fuente:** Autor

En este tipo de ensayos, las probetas de fibra mixta al 35% de fracción volumétrica y estratificación a compresión presentaron una alta resistencia al impacto, al igual que las probetas de fibra corta al 30% de fracción volumétrica y estratificación manual. En la figura 4.10 observamos los resultados de las mejores combinaciones.

### 4.3 APLICACIONES INDUSTRIALES.

Con el análisis de los resultados podemos ver que el material compuestos con fibra de coco no nos ofrece propiedades mecánicas tan altas como para poder sustituir al material compuesto con fibra de vidrio, no obstante, hay aplicaciones en las que podemos usarla por su nivel estético.

#### 4.3.1 Industria de la construcción

Los techos falsos son una manera fácil de dar elegancia a una vivienda, son planchas usadas para dar el acabado a un edificio vivienda etc, su principal componente es el yeso, y es un material que no es sometido a esfuerzo alguno.

Según la norma española ASTM-C472 la resistencia a la tracción que debe tener un yeso es de 12 a 25 (Kgf/cm<sup>2</sup>) transformándolo de 11.76 a 24.5 (Mpa).

### 4.3.2 Industria del mueble

El acabado que presenta el material compuesto ayuda a la parte de decoración, al ser un polímero que absorbe el impacto de una caída se lo podría utilizar en marcos de fotografías, marcos de cuadros e incluso en el realce de estanterías evitando usar cada vez más madera.

Se los puede utilizar en forma de tableros para dar acabado a mesas, escritorios anaqueles de oficina o vivienda.

Los tableros se los desarrollaron ya como un trabajo experimental en la Politécnica Nacional.



Figura 4.11.- Tableros para muebles [1]

### 4.3.3 Industria automotriz

En la parte automotriz se han desarrollado materiales compuestos, para la reducción del peso un vehículo, en esta área ya se han desarrollado algo de investigación para el uso de fibra de coco, como es el caso del desarrollo de un alerón, ya que este tipo de accesorio no está sometido a ningún tipo de esfuerzo, solo es como accesorio complementario para carros deportivos.



Figura 4.12.- Alerón con fibra de coco [17]



**Figura 4.13.- Alerón terminado [17]**



#### 4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En el presente trabajo experimental la verificación de la hipótesis se lo realiza por el medio estadístico, en el mismo se trabajó con diagrama de barras y de dispersión, comparaciones de medias aritméticas al igual que un T Student, para una nueva verificación.

De esta manera no aceptamos la hipótesis planteada:

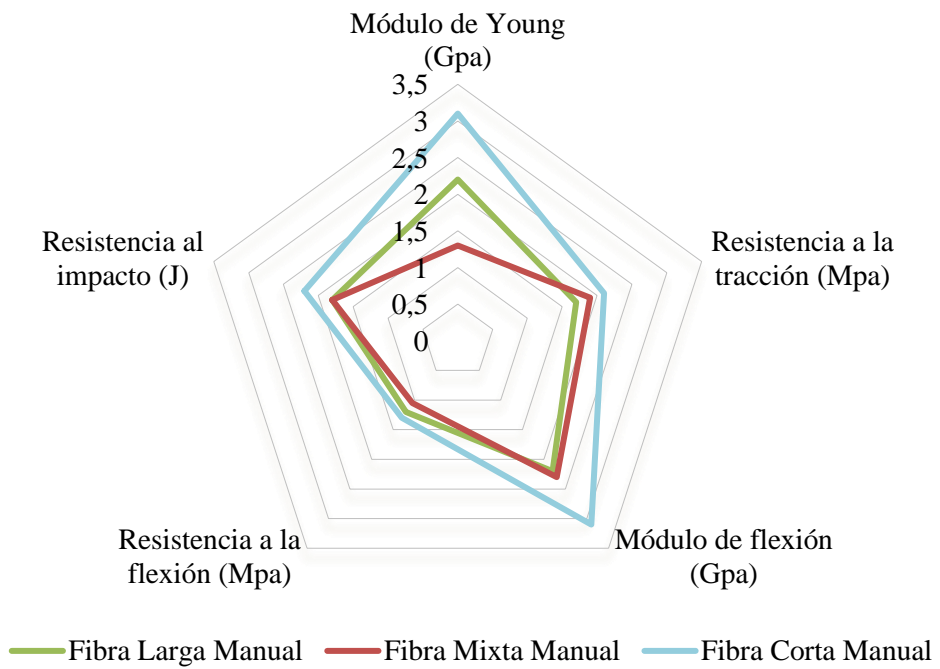
“La combinación de fibra de coco larga al 35% en fracción volumétrica, utilizada como refuerzo en un material compuesto a base de resina poliéster y con estratificación a compresión tendrá los mejores resultados en las pruebas de tracción que sus similares en fibra corta o fibra mixta a estratificación manual y a compresión”

Ya que a través del análisis de resultados se determina que la combinación de fibra corta al 30% en fracción volumétrica y estratificación manual presenta las mejores propiedades mecánicas, en la tabla 4.8 observamos los resultados de las mejores combinaciones, en la figura 4.14 los mejores resultados en un diagrama de araña, al igual que en la figura 4.15 un diagrama tridimensional de dichos resultados.

 	Larga Manual 35%	Mixta Manual 35%	Corta Manual 35%
Módulo de Young (Gpa)	2,2	1,3	3,1
Resistencia a la tracción (Mpa)	1,7	1,9	2,1
Módulo de flexión (Gpa)	2,2	2,3	3,1
Resistencia a la flexión (Mpa)	1,2	1,05	1,3
Resistencia al impacto (J)	1,8	1,8	2,2

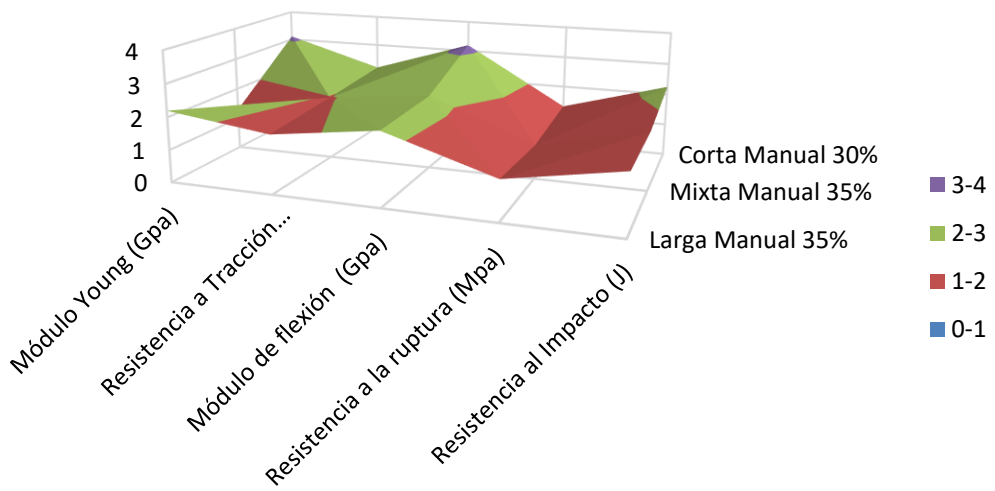
**Tabla 4.8.- Mejores resultados**  
**Fuente:** Autor





**Figura 4.14.-** Diagrama de araña de los resultados  
**Fuente:** Autor

### Diagrama tridimensional



**Figura 4.15.-** Diagrama tridimensional de los resultados  
**Fuente.** Autor

A través de todo el análisis de los resultados pertenecientes a los diferentes ensayos realizados observamos que la estratificación manual presenta mejores resultados que la estratificación por compresión.

Una vez analizando la estratificación manual sobresale la fibra corta con sus resultados, específicamente con una fracción volumétrica del 30% en fibra de coco con una orientación al azar, siendo esta la que reúne las mejores combinaciones de resultados.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La orientación del refuerzo al azar, fracción volumétrica del 30%, estratificación manual en combinación con la fibra de coco fueron las combinaciones más favorables para el desarrollo de la investigación.
- Se obtuvieron las propiedades mecánicas del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco los resultados promedios en los ensayos de tracción (19.7 Mpa) ensayos de flexión (1.3Mpa) y ensayos de impacto (1.8 J), siendo estos valores aceptables para este tipo de material compuesto.
- La combinación de fibra corta al 30% en fracción volumétrica, orientación al azar y estratificación manual, brinda las mejores propiedades mecánicas, en tracción (21.88 Mpa), flexión (1.32 Mpa) e impacto (2.25 J) además de presentar las mejores fracturas, acabados y uniformidad en el material
- La probeta realizada con fibra larga en forma longitudinal teóricamente tendría las mejores propiedades mecánicas, basándonos en el análisis estos resultados fueron aceptables, pero no los mejores.
- La fibra larga no tiene la capacidad de transmitir homogéneamente los esfuerzos hacia la matriz, disminuyendo el esfuerzo a tracción, además de fracturarse de una manera fácil longitudinalmente en los ensayos de impacto.
- La orientación al azar de la fibra de coco corta ayuda a realizar un material más homogéneo y la misma orientación de la fibra distribuye los esfuerzos en todas las direcciones y conjuntamente con la matriz mejoran las propiedades mecánicas
- Se encontró la fracción volumétrica máxima (30%) de fibra de coco misma que al ser variada, aumentada o disminuida se ven afectadas las propiedades mecánicas
- La estratificación manual a pesar de no dejar un acabado perfecto, nos brinda mayor facilidad al momento de realizar las probetas para la distribución homogénea de la fibra

- Una buena absorción de energía en los ensayos de impacto se da gracias a la distribución aleatoria de la fibra corta, fracturando en un solo punto y no llevando a la destrucción total de la probeta.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Al preparar por primera vez el molde se lo debe engrasar de 3 a 4 veces, dejándolo secar perfectamente sin efecto del sol.
- Para tener un desmolde de mayor facilidad se debe usar una cera desmoldante propia para trabajo con resinas.
- El acabado superficial del molde debe ser siempre el mejor, mismo que a través del efecto espejo da el acabado a las probetas.
- La preparación de la resina con el acelerante MECK debe tener la combinación perfecta para potenciar las propiedades mecánicas y las mismas no se vean afectadas.
- Se debe tener presente las instrucciones del fabricante para un mejor curado como es el tiempo del mismo y la temperatura a la que se debe tener a las probetas.
- Lavar la fibra con un químico compatible a la fibra que ayude a limpiarla de impurezas, eliminar aceites, y dejarla libre de celulosa para una mejor adherencia.
- Buscar una pega compatible con la resina para pegar los refuerzos en los extremos para que no haya problema en los ensayos a tracción.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Delgado, S. Galeas y V. Guerrero, «Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzada con fibra de coco y vidrio para la elaboración de tableros,» *Escuela Politécnica Nacional*, vol. 33, nº 2, p. 9, 2014.
- [2] D. Verma, P. Gope, A. Shandilya, A. Gupta y M. Maheshwari, «Coir fibre reinforcement and application in polymer composites,» *J. Mater. Environmet Science*, vol. 4, nº 2, p. 14, 2013.
- [3] H. D. Rozman, G. S. Tay, R. N. Kumar, A. Abubakar, H. Ismail y Z. Mohd, «Polypropylene hybrid composites: a preliminary study on the use of glass and coconut fiber as reinforcements in polypropylene composites,» *Taylor & Francis*, vol. 38, nº 5, p. 15, 1999.
- [4] N. Malhotra, K. Sheikh y S. Rani, «A review of mechanical characterization of natural fiber reinforced polymer composites,» *Journal of Engineering Research ans Studies*, p. 6, 2012.
- [5] A. D. Jácome León, «Estudio de la configuración de fibras del material compuesto de matriz epoxi reforzada con fibra de piña y su incidencia en las propiedades mecánicas en la fabricación de butacas deportivas,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [6] J. G. Paredes Salinas, «Estudio de polímeros híbridos estratificados de matriz poliéster reforzada con fibra de vidrio y cabuya como material alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en guardachoques para buses,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [7] S. J. Gallegos Idrobo, «Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [8] A. Miravette, «Fibra en Materiales Compuestos,» de *Materilaes Compuestos*, Universidad de Zaragoza, Departamento de Ingeniería Mecánica, 2002, pp. 3-5, 8-10.
- [9] L. de la Torre, H. Navarrete y P. Muriel, «Enciclopedia de Planats útiles del Ecuador,» Universida Católica del Ecuador, Quito, 2008.

- [10] J. D. Trejos Taborda, «Propiedades mecánicas de una matriz poliéster reforzada con fibra de coco comparadas con la misma matriz reforzada con fibra de vidrio,» Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2014.
- [11] V. H. Guerrero, J. L. Dávila, S. Galeas, P. Pontón, N. Rosas, V. Sotomayor y C. Valdivieso, *Nuevos Materiales, Aplicaciones estructurales e industriales*, Quito: Imprefepp, 2011.
- [12] N. Jústiz Smith, G. Junior Virgo y V. Buchanan, «Potential of jamaica banana, coconut coir and bagasse fibres as composite materials,» Elsevier, University of technology Jamaica, 2007.
- [13] F. R. Delgado Arcentales, *Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzada con fibra de coco y fibra de vidrio para la elaboración de tableros*, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [14] S. R. Albinante, É. B. Acordí Vasquez Pacheco y L. L. Yuan Visconte, «Revisión de tratamientos químicos en fibras naturales para mezclar con poliolefinas,» *Química Nova*, vol. 36, nº 1, p. 9, 2012.
- [15] A. B. Janices y I. K. , «Propiedades Físicas y Mecánicas de Sistemas Bicomponentes,» *Revista Iberoamericana de Polímeros*, vol. 15, nº 6, pp. 376-401, 2014.
- [16] [En línea]. Available:  
[www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/gallardo/tablas\\_Probl\\_2007-2008.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/gallardo/tablas_Probl_2007-2008.pdf).  
[Último acceso: 16 Noviembre 2016].
- [17] J. S. Gomez, *Diseño de un material compuesto com fibra natural para sustituir la utilización de la fibra de vidrio*, Medellin: Universidad EAFIT, 2009.

## ANEXOS

### ANEXO A: FICHA TÉCNICA DE LA RESINA POLIÉSTER.



## Polylite® 33199-99

Mezcla de Resinas Poliéster Insaturadas

#### DESCRIPCION

Polylite® 33199-99 es una mezcla de resinas de acumulación del tipo poliéster no saturadas, de usos generales de bajo costo, tixotrópica, de reactividad media y baja viscosidad. Esta resina es preacelerada, para gelado y curado a temperatura ambiente con la adición de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50%. Como resultado de la mezcla, la composición y las propiedades como resina líquida y curada pueden variar de un lote a otro lote.

#### APLICACION

- En general, fabricación de partes reforzadas con fibra de vidrio
- Nota: Esta resina es tixotrópica por lo que se recomienda su agitación mecánica antes de usarla

El PolyLite® 33199-99 es una mezcla de resinas de acumulación y REICHHOLD no ofrece ninguna garantía en cuanto al valor, utilidad, calidad, comerciabilidad o idoneidad para un uso específico de este material. La conveniencia de este producto para un uso o aplicación en particular deberá ser determinada por el usuario. El usuario debe estar de acuerdo en aceptar este material en las condiciones que tenga el producto al momento de la transferencia.

#### CARACTERISTICAS

- Reactividad media, baja viscosidad, tixotrópica
- Mezcla de resinas poliéster insaturadas

#### BENEFICIOS

- Buenas propiedades de manejo para todos los procesos de laminación vertical y horizontal
- Más bajo costo que las resinas convencionales.

#### PROPIEDADES

##### PROPIEDADES TÍPICAS DE RESINA LÍQUIDA @ 25 °C

Propiedades	Unidades	Especificaciones	Métodos de Análisis
No volátiles	%	47.5 – 62.5	RQMPEA-0041
Viscosidad Brookfield, LVF, 3/60	cPs	350 – 650	RQMPEA-0002
Índice de tixotropía(3/6) / (3/60) (mínimo)	s/u	2	RQMPEA-0006
Número ácido base solución	mg KOH /g muestra	5 – 30	RQMPEA-0026
Apariencia	s/u	Opaca	RQMPEA-0019
Color de resina líquida	s/y	Registro	RQMPEA-0019
Tiempo de gel *	minutos	15 – 20	RQMPEA-0066
Tiempo de curado *	minutos	Registro	RQMPEA-0066
Temperatura de exotermia *	°C	127 – 182	RQMPEA-0066
Gravedad específica	s/u	Registro	RQMPEA-0013
Estabilidad @ 105 °C (mínimo)	horas	2	RQMPEA-0118
Tiempo de vida en almacenamiento	meses	3	

\* 100 g resina + 1.0 ml MEKP (Butanox M50) @ 25 °C

La información adjunta es para soportar a nuestros clientes y definir si nuestros productos son los apropiados para sus aplicaciones. Nuestros productos tienen el propósito de venta en clientes industriales y comerciales. Solicitamos a nuestros clientes que inspeccionen y prueben nuestros productos antes de definir la conveniencia de su uso. Garantizamos que todos nuestros productos cumplen con nuestras especificaciones. **Nada de lo que se encuentra aquí constituye una garantía expresa o implícita, incluyendo cualquier garantía comercial o convenida.** Todos los derechos de patente están registrados. La reparación exclusiva de todas las posibles reclamaciones, será la reposición de nuestros productos y en ningún momento será motivo de aceptación de daños especiales, incidentales o consecuenciales.

**ALMACENAMIENTO**

Para asegurar una máxima estabilidad y mantener las propiedades óptimas de la resina, ésta deberá ser almacenada en contenedores cerrados a temperaturas inferiores de 24 °C (75 °F) y lejos de fuentes de fuego, calor y luz solar. La resina debe ser calentada al menos a 18 °C (65 °F) antes de usarse, a fin de asegurar su apropiado manejo y curado. Todas las áreas de almacenaje y contenedores deberán cumplir los códigos locales de incendios y construcciones. Se debe evitar el uso de contenedores de cobre o aleaciones de cobre para contener la resina. Almacene la resina separada de materiales oxidantes, peróxidos y sales metálicas. Mantenga los contenedores cerrados cuando no estén en uso. Los niveles de inventario deberán guardar un mínimo razonable, con una política de inventarios de primeras entradas, primeras salidas.

**PRESENTACIÓN**

Tambor metálico no retornable de 230 Kg de peso neto o a granel en carro tanque.

**SEGURIDAD****LEA Y ENTIENDA LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ANTES DE USAR ESTE PRODUCTO**

Obtenga una copia de la Hoja de Datos de Seguridad del Material (MSDS) antes de usarlo. Las MSDS están disponibles con su representante de ventas en Reichhold. Tal información debe ser solicitada a todos sus proveedores de materiales y entendida antes de usarlos.

**ADVERTENCIA: se debe tener precaución para evitar el mezclado directo de cualquier peróxido orgánico con jabones metálicos, aminas o cualquier otro tipo de acelerador o promotor, ya que puede ocurrir una descomposición violenta y explosiva.**










**INFORMACION GENERAL**

Para información especial sobre esta resina le recomendamos ponerse en contacto con nuestros representantes técnicos o llamar a nuestro departamento de Soporte Técnico al tel. (01 712) 122 95 22 en Atlacomulco, Edo. de México.



# ANEXO B: FICHA TÉCNICA DEL HODROXIDO DE SODIO

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

<b>HIDRÓXIDO DE SODIO</b>		<b>ICSC: 0360</b> Mayo 2010	
<b>CAS:</b> 1310-73-2 <b>NU:</b> 1823 <b>CE Índice Anexo I:</b> 011-002-00-6 <b>CE / EINECS:</b> 215-185-5	<b>Sosa cáustica</b> <b>Hidrato de sodio</b> <b>Sosa</b> <b>NaOH</b> <b>Masa molecular: 40.0</b>	  	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar calor suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles.	NO poner en contacto con el agua.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
<b>EXPLOSIÓN</b>	Riesgo de incendio y explosión en contacto con: (ver Peligros Químicos).	NO poner en contacto con materiales incompatibles. (Ver Peligros Químicos).	
<b>EXPOSICIÓN</b>		<b>¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!</b>	<b>¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!</b>
<b>Inhalación</b>	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento. Dolor. Graves quemaduras cutáneas. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Código NFPA: H3; F0; R1		Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar en el recipiente original. Mantener en lugar seco. Bien cerrado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2010			
<b>IPCS</b> International Programme on Chemical Safety	 <b>WHO</b>	 <b>ILO</b>	 <b>UNEP</b>
	 <b>MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN</b>	 <b>INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>	

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

<b>HIDRÓXIDO DE SODIO</b>		<b>ICSC: 0360</b>
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Sólido blanco e higroscópico, en diversas formas</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS</b> La disolución en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible (hidrógeno - ver FISQ:0001). Reacciona con sales de amonio produciendo amoníaco, originando peligro de incendio. El contacto con la humedad o con el agua genera calor. (Ver Notas).</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV: 2 mg/m<sup>3</sup> (Valor techo) (ACGIH 2010). MAK: Ilb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2009).</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> Efectos locales graves</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: 1388°C Punto de fusión: 318°C Densidad: 2.1 g/cm<sup>3</sup></p> <p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 (muy elevada).</p>		
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente. Debe prestarse atención especial a los organismos acuáticos.		
<b>NOTAS</b>		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Otro n° NU: NU1824 Disolución de hidróxido de sodio, clasificación de peligro 8, grupo de envasado II-III.		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
Límites de exposición profesional (INSHT 2011):  VLA-EC: 2 mg/m <sup>3</sup>		
<b>NOTA LEGAL</b>	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	
© IPCS, CE 2010		

# ANEXO C: NORMA DE ENSAYOS A TRACCIÓN ASTM-3039



Designation: D 3039/D 3039M – 00<sup>ε1</sup>

## Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 3039/D 3039M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

<sup>ε1</sup> NOTE—Eq 5 was revised editorially in December 2002.

### 1. Scope

1.1 This test method determines the in-plane tensile properties of polymer matrix composite materials reinforced by high-modulus fibers. The composite material forms are limited to continuous fiber or discontinuous fiber-reinforced composites in which the laminate is balanced and symmetric with respect to the test direction.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- D 792 Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement<sup>2</sup>
- D 883 Terminology Relating to Plastics<sup>2</sup>
- D 2584 Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins<sup>3</sup>
- D 2734 Test Method for Void Content of Reinforced Plastics<sup>3</sup>
- D 3171 Test Methods for Constituent Content of Composites Materials<sup>4</sup>
- D 3878 Terminology for Composite Materials<sup>4</sup>
- D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

Current edition approved April 10, 2000. Published July 2000. Originally published as D 3039 – 71T. Last previous edition D 3039 – 95a.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 08.01.

<sup>3</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 08.02.

<sup>4</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 15.03.

Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials<sup>4</sup>

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>5</sup>

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing<sup>5</sup>

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers<sup>5</sup>

E 111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus<sup>5</sup>

E 122 Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process<sup>6</sup>

E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature<sup>5</sup>

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods<sup>6</sup>

E 251 Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gages<sup>5</sup>

E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics<sup>6</sup>

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>6</sup>

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading<sup>5</sup>

E 1237 Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages<sup>5</sup>

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology D 3878 defines terms relating to high-modulus fibers and their composites. Terminology D 883 defines terms relating to plastics. Terminology E 6 defines terms relating to mechanical testing. Terminology E 456 and Practice E 177 define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology D 3878 shall have precedence over the other standards.

#### 3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

NOTE—If the term represents a physical quantity, its analytical dimensions are stated immediately following the term (or letter symbol) in fundamental dimension form, using the following ASTM standard symbology for fundamental

<sup>5</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

<sup>6</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

dimensions, shown within square brackets: [M] for mass, [L] for length, [T] for time, [Θ] for thermodynamic temperature, and [nd] for nondimensional quantities. Use of these symbols is restricted to analytical dimensions when used with square brackets, as the symbols may have other definitions when used without the brackets.

3.2.1 *nominal value, n*—a value, existing in name only, assigned to a measurable property for the purpose of convenient designation. Tolerances may be applied to a nominal value to define an acceptable range for the property.

3.2.2 *transition region, n*—a strain region of a stress-strain or strain-strain curve over which a significant change in the slope of the curve occurs within a small strain range.

3.2.3 *transition strain,  $\epsilon^{transition}$  [nd], n*—the strain value at the mid range of the transition region between the two essentially linear portions of a bilinear stress-strain or strain-strain curve.

3.2.3.1 *Discussion*—Many filamentary composite materials show essentially bilinear behavior during loading, such as seen in plots of either longitudinal stress versus longitudinal strain or transverse strain versus long longitudinal strain. There are varying physical reasons for the existence of a transition region. Common examples include: matrix cracking under tensile loading and ply delamination.

3.3 *Symbols:*

3.3.1 *A*—minimum cross-sectional area of a coupon.

3.3.2 *B<sub>y</sub>*—percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about y axis of the specimen (about the narrow direction).

3.3.3 *B<sub>z</sub>*—percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about z axis of the specimen (about the wide direction).

3.3.4 *CV*—coefficient of variation statistic of a sample population for a given property (in percent).

3.3.5 *E*—modulus of elasticity in the test direction.

3.3.6 *F<sup>tu</sup>*—ultimate tensile strength in the test direction.

3.3.7 *F<sup>su</sup>*—ultimate shear strength in the test direction.

3.3.8 *h*—coupon thickness.

3.3.9 *L<sub>g</sub>*—extensometer gage length.

3.3.10 *L<sub>min</sub>*—minimum required bonded tab length.

3.3.11 *n*—number of coupons per sample population.

3.3.12 *P*—load carried by test coupon.

3.3.13 *P<sup>f</sup>*—load carried by test coupon at failure.

3.3.14 *P<sup>max</sup>*—maximum load carried by test coupon before failure.

3.3.15 *s<sub>n-1</sub>*—standard deviation statistic of a sample population for a given property.

3.3.16 *w*—coupon width.

3.3.17 *x<sub>i</sub>*—test result for an individual coupon from the sample population for a given property.

3.3.18  $\bar{x}$ —mean or average (estimate of mean) of a sample population for a given property.

3.3.19  $\delta$ —extensional displacement.

3.3.20  $\epsilon$ —general symbol for strain, whether normal strain or shear strain.

3.3.21  $\epsilon$ —indicated normal strain from strain transducer or extensometer.

3.3.22  $\sigma$ —normal stress.

3.3.23  $\nu$ —Poisson's ratio.

#### 4. Summary of Test Method

4.1 A thin flat strip of material having a constant rectangular cross section is mounted in the grips of a mechanical testing machine and monotonically loaded in tension while recording load. The ultimate strength of the material can be determined from the maximum load carried before failure. If the coupon strain is monitored with strain or displacement transducers then the stress-strain response of the material can be determined, from which the ultimate tensile strain, tensile modulus of elasticity, Poisson's ratio, and transition strain can be derived.

#### 5. Significance and Use

5.1 This test method is designed to produce tensile property data for material specifications, research and development, quality assurance, and structural design and analysis. Factors that influence the tensile response and should therefore be reported include the following: material, methods of material preparation and lay-up, specimen stacking sequence, specimen preparation, specimen conditioning, environment of testing, specimen alignment and gripping, speed of testing, time at temperature, void content, and volume percent reinforcement. Properties, in the test direction, which may be obtained from this test method include the following:

5.1.1 Ultimate tensile strength,

5.1.2 Ultimate tensile strain,

5.1.3 Tensile chord modulus of elasticity,

5.1.4 Poisson's ratio, and

5.1.5 Transition strain.

#### 6. Interferences

6.1 *Material and Specimen Preparation*—Poor material fabrication practices, lack of control of fiber alignment, and damage induced by improper coupon machining are known causes of high material data scatter in composites.

6.2 *Gripping*—A high percentage of grip-induced failures, especially when combined with high material data scatter, is an indicator of specimen gripping problems. Specimen gripping methods are discussed further in 7.2.4, 8.2, and 11.5.

6.3 *System Alignment*—Excessive bending will cause premature failure, as well as highly inaccurate modulus of elasticity determination. Every effort should be made to eliminate excess bending from the test system. Bending may occur as a result of misaligned grips or from specimens themselves if improperly installed in the grips or out-of-tolerance caused by poor specimen preparation. If there is any doubt as to the alignment inherent in a given test machine, then the alignment should be checked as discussed in 7.2.5.

6.4 *Edge Effects in Angle Ply Laminates*—Premature failure and lower stiffnesses are observed as a result of edge softening in laminates containing off-axis plies. Because of this, the strength and modulus for angle ply laminates can be drastically underestimated. For quasi-isotropic laminates containing significant 0° plies, the effect is not as significant.

#### 7. Apparatus

7.1 *Micrometers*—A micrometer with a 4- to 5-mm [0.16- to 0.20-in] nominal diameter double-ball interface shall be

used to measure the thickness of the specimen. A micrometer with a flat anvil interface shall be used to measure the width of the specimen. The accuracy of the instruments shall be suitable for reading to within 1 % of the sample width and thickness. For typical specimen geometries, an instrument with an accuracy of  $\pm 2.5 \mu\text{m}$  [ $\pm 0.0001 \text{ in.}$ ] is adequate for thickness measurement, while an instrument with an accuracy of  $\pm 25 \mu\text{m}$  [ $\pm 0.001 \text{ in.}$ ] is adequate for width measurement.

**7.2 Testing Machine**—The testing machine shall be in conformance with Practices E 4 and shall satisfy the following requirements:

**7.2.1 Testing Machine Heads**—The testing machine shall have both an essentially stationary head and a movable head.

**7.2.2 Drive Mechanism**—The testing machine drive mechanism shall be capable of imparting to the movable head a controlled velocity with respect to the stationary head. The velocity of the movable head shall be capable of being regulated as specified in 11.3.

**7.2.3 Load Indicator**—The testing machine load-sensing device shall be capable of indicating the total load being carried by the test specimen. This device shall be essentially free from inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load with an accuracy over the load range(s) of interest of within  $\pm 1\%$  of the indicated value. The load range(s) of interest may be fairly low for modulus evaluation, much higher for strength evaluation, or both, as required.

**NOTE 1**—Obtaining precision load data over a large range of interest in the same test, such as when both elastic modulus and ultimate load are being determined, place extreme requirements on the load cell and its calibration. For some equipment, a special calibration may be required. For some combinations of material and load cell, simultaneous precision measurement of both elastic modulus and ultimate strength may not be possible and measurement of modulus and strength may have to be performed in separate tests using a different load cell range for each test.

**7.2.4 Grips**—Each head of the testing machine shall carry one grip for holding the test specimen so that the direction of load applied to the specimen is coincident with the longitudinal axis of the specimen. The grips shall apply sufficient lateral pressure to prevent slippage between the grip face and the coupon. If tabs are used the grips should be long enough that they overhang the beveled portion of the tab by approximately 10 to 15 mm [0.5 in.]. It is highly desirable to use grips that are rotationally self-aligning to minimize bending stresses in the coupon.

**NOTE 2**—Grip surfaces that are lightly serrated, approximately 1 serration/mm [25 serrations/in.], have been found satisfactory for use in wedge-action grips when kept clean and sharp; coarse serrations may produce grip-induced failures in untabbed coupons. Smooth gripping surfaces have been used successfully with either hydraulic grips or an emery cloth interface, or both.

**7.2.5 System Alignment**—Poor system alignment can be a major contributor to premature failure, to elastic property data scatter, or both. Practice E 1012 describes bending evaluation guidelines and describes potential sources of misalignment during tensile testing. In addition to Practice E 1012, the degree of bending in a tensile system can also be evaluated using the following related procedure. Specimen bending is considered separately in 11.6.1.

**7.2.5.1** A rectangular alignment coupon, preferably similar in size and stiffness to the test specimen of interest, is instrumented with a minimum of three longitudinal strain gages of similar type, two on the front face across the width and one on the back face of the specimen, as shown in Fig. 1. Any difference in indicated strain between these gages during loading provides a measure of the amount of bending in the thickness plane ( $B_y$ ) and width plane ( $B_z$ ) of the coupon. The strain gage location should normally be located in the middle of the coupon gage section (if modulus determination is a concern), near a grip (if premature grip failures are a problem), or any combination of these areas.

**7.2.5.2** When evaluating system alignment, it is advisable to perform the alignment check with the same coupon inserted in each of the four possible installation permutations (described relative to the initial position): initial (top-front facing observer), rotated back to front only (top back facing observer), rotated end for end only (bottom front facing observer), and rotated both front to back and end to end (bottom back facing observer). These four data sets provide an indication of whether the bending is due to the system itself or to tolerance in the alignment check coupon or gaging.

**7.2.5.3** The zero strain point may be taken either before gripping or after gripping. The strain response of the alignment coupon is subsequently monitored during the gripping process, the tensile loading process, or both. Eq 1-3 use these indicated strains to calculate the ratio of the percentage of bending strain to average extensional strain for each bending plane of the alignment coupon and the total percent bending,  $B_{\text{total}}$ . Plotting percent bending versus axial average strain is useful in understanding trends in the bending behavior of the system.

**7.2.5.4** Problems with failures during gripping would be reason to examine bending strains during the gripping process in the location near the grip. Concern over modulus data scatter would be reason to evaluate bending strains over the modulus evaluation load range for the typical transducer location. Excessive failures near the grips would be reason to evaluate bending strains near the grip at high loading levels. While the

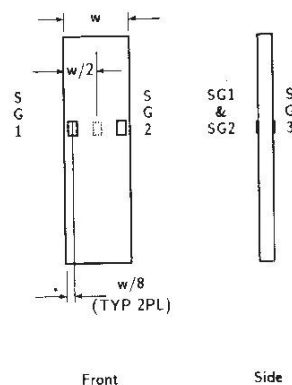


FIG. 1 Gage Locations for System Alignment Check Coupon

maximum advisable amount of system misalignment is material and location dependent, good testing practice is generally able to limit percent bending to a range of 3 to 5 % at moderate strain levels (>1000  $\mu\epsilon$ ). A system showing excessive bending for the given application should be readjusted or modified.

$$B_y = \frac{\epsilon_{ave} - \epsilon_3}{\epsilon_{ave}} \times 100 \quad (1)$$

$$B_z = \frac{4/3 (\epsilon_2 - \epsilon_1)}{\epsilon_{ave}} \times 100 \quad (2)$$

where:

$B_y$  = percent bending about system y axis (about the narrow plane), as calculated by Eq 1, %;

$B_z$  = percent bending about system z axis (about the wide plane), as calculated by Eq 2, %;

$\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ , and  $\epsilon_3$  = indicated longitudinal strains displayed by Gages 1, 2, and 3, respectively, of Fig. 1,  $\mu\epsilon$ ; and

$\epsilon_{ave}$  =  $(|\epsilon_1 + \epsilon_2|)/2 + |\epsilon_3|/2$ .

The total bending component is:

$$B_{total} = |B_y| + |B_z| \quad (3)$$

**7.3 Strain-Indicating Device**—Load-strain data, if required, shall be determined by means of either a strain transducer or an extensometer. Attachment of the strain-indicating device to the coupon shall not cause damage to the specimen surface. If Poisson's ratio is to be determined, the specimen shall be instrumented to measure strain in both longitudinal and lateral directions. If the modulus of elasticity is to be determined, the longitudinal strain should be simultaneously measured on opposite faces of the specimen to allow for a correction as a result of any bending of the specimen (see 11.6 for further guidance).

**7.3.1 Bonded Resistance Strain Gage Selection**—Strain gage selection is a compromise based on the type of material. An active gage length of 6 mm [0.25 in.] is recommended for most materials. Active gage lengths should not be less than 3 mm [0.125 in.].<sup>7</sup> Gage calibration certification shall comply with Test Methods E 251. When testing woven fabric laminates, gage selection should consider the use of an active gage length that is at least as great as the characteristic repeating unit of the weave. Some guidelines on the use of strain gages on composites follow. A general reference on the subject is Tuttle and Brinson.<sup>8</sup>

**7.3.1.1 Surface preparation of fiber-reinforced composites** in accordance with Practice E 1237 can penetrate the matrix material and cause damage to the reinforcing fibers resulting in improper coupon failures. Reinforcing fibers should not be exposed or damaged during the surface preparation process.

The strain gage manufacturer should be consulted regarding surface preparation guidelines and recommended bonding agents for composites pending the development of a set of standard practices for strain gage installation surface preparation of fiber-reinforced composite materials.

**7.3.1.2** Consideration should be given to the selection of gages having larger resistances to reduce heating effects on low-conductivity materials. Resistances of 350  $\Omega$  or higher are preferred. Additional consideration should be given to the use of the minimum possible gage excitation voltage consistent with the desired accuracy (1 to 2 V is recommended) to reduce further the power consumed by the gage. Heating of the coupon by the gage may affect the performance of the material directly, or it may affect the indicated strain as a result of a difference between the gage temperature compensation factor and the coefficient of thermal expansion of the coupon material.

**7.3.1.3** Consideration of some form of temperature compensation is recommended, even when testing at standard laboratory atmosphere. Temperature compensation is required when testing in nonambient temperature environments.

**7.3.1.4** Consideration should be given to the transverse sensitivity of the selected strain gage. The strain gage manufacturer should be consulted for recommendations on transverse sensitivity corrections and effects on composites. This is particularly important for a transversely mounted gage used to determine Poisson's ratio, as discussed in Note 11.

**7.3.2 Extensometers**—For most purposes, the extensometer gage length should be in the range of 10 to 50 mm [0.5 to 2.0 in.]. Extensometers shall satisfy, at a minimum, Practice E 83, Class B-1 requirements for the strain range of interest and shall be calibrated over that strain range in accordance with Practice E 83. For extremely stiff materials, or for measurement of transverse strains, the fixed error allowed by Class B-1 extensometers may be significant, in which case Class A extensometers should be considered. The extensometer shall be essentially free of inertia lag at the specified speed of testing, and the weight of the extensometer should not induce bending strains greater than those allowed in 6.3.

**NOTE 3**—It is generally less difficult to perform strain calibration on extensometers of longer gage length as less precision in displacement is required of the extensometer calibration device.

**7.4 Conditioning Chamber**—When conditioning materials at nonlaboratory environments, a temperature/vaporlevel-controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within  $\pm 3^\circ\text{C}$  [ $\pm 5^\circ\text{F}$ ] and the required relative vapor level to within  $\pm 3\%$ . Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

**7.5 Environmental Test Chamber**—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the gage section of the test specimen at the required test environment during the mechanical test.

<sup>7</sup> A typical gage would have a 0.25-in. active gage length, 350- $\Omega$  resistance, a strain rating of 3 % or better, and the appropriate environmental resistance and thermal coefficient.

<sup>8</sup> Tuttle, M. E. and Brinson, H. F., "Resistance-Foil Strain-Gage Technology as Applied to Composite Materials," *Experimental Mechanics*, Vol 24, No. 1, March 1984; pp. 54-65; errata noted in Vol 26, No. 2, June 1986, pp. 153-154.

**8. Sampling and Test Specimens**

8.1 *Sampling*—Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data, the procedures outlined in Practice E 122 should be consulted. Report the method of sampling.

*NOTE 4*—If specimens are to undergo environmental conditioning to equilibrium, and are of such type or geometry that the weight change of the material cannot be properly measured by weighing the specimen itself (such as a tabbed mechanical coupon), then use another traveler coupon of the same nominal thickness and appropriate size (but without tabs) to determine when equilibrium has been reached for the specimens being conditioned.

8.2 *Geometry*—Design of mechanical test coupons, especially those using end tabs, remains to a large extent an art rather than a science, with no industry consensus on how to approach the engineering of the gripping interface. Each major composite testing laboratory has developed gripping methods for the specific material systems and environments commonly encountered within that laboratory. Comparison of these methods shows them to differ widely, making it extremely difficult to recommend a universally useful approach or set of approaches. Because of this difficulty, definition of the geometry of the test coupon is broken down into the following three levels, which are discussed further in each appropriate section:

Purpose	Degree of Geometry Definition
8.2.1 <i>General Requirements</i>	Mandatory Shape and Tolerances
8.2.2 <i>Specific Recommendations</i>	Nonmandatory Suggested Dimensions
8.2.3 <i>Detailed Examples</i>	Nonmandatory Typical Practices

8.2.1 *General Requirements:*

8.2.1.1 *Shape, Dimensions, and Tolerances*—The complete list of requirements for specimen shape, dimensions, and tolerances is shown in Table 1.

8.2.1.2 *Use of Tabs*—Tabs are not required. The key factor in the selection of specimen tolerances and gripping methods is the successful introduction of load into the specimen and the prevention of premature failure as a result of a significant discontinuity. Therefore, determine the need to use tabs, and specification of the major tab design parameters, by the end

result: acceptable failure mode and location. If acceptable failure modes occur with reasonable frequency, then there is no reason to change a given gripping method (see 11.10).

8.2.2 *Specific Recommendations:*

8.2.2.1 *Width, Thickness, and Length*—Select the specimen width and thickness to promote failure in the gage section and assure that the specimen contains a sufficient number of fibers in the cross section to be statistically representative of the bulk material. The specimen length should normally be substantially longer than the minimum requirement to minimize bending stresses caused by minor grip eccentricities. Keep the gage section as far from the grips as reasonably possible and provide a significant amount of material under stress and therefore produce a more statistically significant result. The minimum requirements for specimen design shown in Table 1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Therefore, recommendations on other important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These geometries have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system.

8.2.2.2 *Gripping/Use of Tabs*—There are many material configurations, such as multidirectional laminates, fabric-based materials, or randomly reinforced sheet-molding compounds, which can be successfully tested without tabs. However, tabs are strongly recommended when testing unidirectional materials (or strongly unidirectionally dominated laminates) to failure in the fiber direction. Tabs may also be required when testing unidirectional materials in the matrix direction to prevent gripping damage.

8.2.2.3 *Tab Geometry*—Recommendations on important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These dimensions have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system. The selection of a tab configuration that can successfully produce a gage section tensile failure is dependent upon the coupon material, coupon ply orientation, and the type of grips being used. When pressure-operated nonwedge grips are used with care, squared-off 90° tabs have been used successfully. Wedge-operated grips have been used most successfully with tabs having low bevel angles (7 to 10°) and a feathered smooth transition into the coupon. For alignment purposes, it is essential that the tabs be of matched thickness.

8.2.2.4 *Friction Tabs*—Tabs need not always be bonded to the material under test to be effective in introducing the load into the specimen. Friction tabs, essentially nonbonded tabs held in place by the pressure of the grip, and often used with emery cloth or some other light abrasive between the tab and the coupon, have been successfully used in some applications. In specific cases, lightly serrated wedge grips (see Note 2) have been successfully used with only emery cloth as the interface between the grip and the coupon. However, the abrasive used

**TABLE 1 Tensile Specimen Geometry Requirements**

Parameter	Requirement
<b>Coupon Requirements:</b>	
shape	constant rectangular cross-section
minimum length	gripping + 2 times width + gage length
specimen width	as needed <sup>a</sup>
specimen width tolerance	±1 % of width
specimen thickness	as needed
specimen thickness tolerance	±4 % of thickness
specimen flatness	flat with light finger pressure
<b>Tab Requirements (if used):</b>	
tab material	as needed
fiber orientation (composite tabs)	as needed
tab thickness	as needed
tab thickness variation between tabs	±1 % tab thickness
<b>tabs</b>	
tab bevel angle	5 to 90°, inclusive
tab step at bevel to specimen	feathered without damaging specimen

<sup>a</sup> See 8.2.2 or Table 2 for recommendations.

TABLE 2 Tensile Specimen Geometry Recommendations<sup>A</sup>

Fiber Orientation	Width, mm [in.]	Overall Length, mm [in.]	Thickness, mm [in.]	Tab Length, mm [in.]	Tab Thickness, mm [in.]	Tab Bevel Angle, <sup>a</sup>
0° unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	56 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90° unidirectional	25 [1.0]	175 [ 7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
balanced and symmetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—
random-discontinuous	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—

<sup>A</sup> Dimensions in this table and the tolerances of Fig. 2 or Fig. 3 are recommendations only and may be varied so long as the requirements of Table 1 are met.

must be able to withstand significant compressive loads. Some types of emery cloth have been found ineffective in this application because of disintegration of the abrasive.<sup>9</sup>

**8.2.2.5 Tab Material**—The most consistently used bonded tab material has been continuous E-glass fiber-reinforced polymer matrix materials (woven or unwoven) in a [0/90]<sub>ns</sub> laminate configuration. The tab material is commonly applied at 45° to the loading direction to provide a soft interface. Other configurations that have reportedly been successfully used have incorporated steel tabs or tabs made of the same material as is being tested.

**8.2.2.6 Bonded Tab Length**—When using bonded tabs, estimate the minimum suggested tab length for bonded tabs by the following simple equation. As this equation does not account for the peaking stresses that are known to exist at the ends of bonded joints. The tab length calculated by this equation should normally be increased by some factor to reduce the chances of joint failure:

$$L_{\min} = F^{su}h/2F^{su} \quad (4)$$

where:

$L_{\min}$  = minimum required bonded tab length, mm [in.];  
 $F^{su}$  = ultimate tensile strength of coupon material, MPa [psi];  
 $h$  = coupon thickness, mm [in.]; and  
 $F^{su}$  = ultimate shear strength of adhesive, coupon material, or tab material (whichever is lowest), MPa [psi].

**8.2.2.7 Bonded Tab Adhesive**—Any high-elongation (tough) adhesive system that meets the environmental requirements may be used when bonding tabs to the material under test. A uniform bondline of minimum thickness is desirable to reduce undesirable stresses in the assembly.

**8.2.3 Detailed Examples**—The minimum requirements for specimen design discussed in 8.2.1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Dimensionally toleranced specimen drawings for both tabbed and untabbed forms are shown as examples in Fig. 2 (SI) and Fig. 3 (inch-pound). The tolerances on these drawings are fixed, but satisfy the requirements of Table 1 for all of the recommended configurations of Table 2. For a specific configuration, the tolerances on Fig. 2 and Fig. 3 might be able to be relaxed.

### 8.3 Specimen Preparation:

**8.3.1 Panel Fabrication**—Control of fiber alignment is critical. Improper fiber alignment will reduce the measured

properties. Erratic fiber alignment will also increase the coefficient of variation. The specimen preparation method shall be reported.

**8.3.2 Machining Methods**—Specimen preparation is extremely important for this specimen. Mold the specimens individually to avoid edge and cutting effects or cut from them plates. If they are cut from plates, take precautions to avoid notches, undercuts, rough or uneven surfaces, or delaminations caused by inappropriate machining methods. Obtain final dimensions by water-lubricated precision sawing, milling, or grinding. The use of diamond tooling has been found to be extremely effective for many material systems. Edges should be flat and parallel within the specified tolerances.

**8.3.3 Labeling**—Label the coupons so that they will be distinct from each other and traceable back to the raw material and in a manner that will both be unaffected by the test and not influence the test.

## 9. Calibration

9.1 The accuracy of all measuring equipment shall have certified calibrations that are current at the time of use of the equipment.

## 10. Conditioning

10.1 **Standard Conditioning Procedure**—Unless a different environment is specified as part of the experiment, condition the test specimens in accordance with Procedure C of Test Method D 5229/D 5229M and store and test at standard laboratory atmosphere (23 ± 3°C [73 ± 5°F] and 50 ± 10 % relative humidity).

## 11. Procedure

### 11.1 Parameters To Be Specified Before Test:

11.1.1 The tension specimen sampling method, coupon type and geometry, and conditioning travelers (if required).

11.1.2 The tensile properties and data reporting format desired.

NOTE 5—Determine specific material property, accuracy, and data reporting requirements before test for proper selection of instrumentation and data-recording equipment. Estimate operating stress and strain levels to aid in transducer selection, calibration of equipment, and determination of equipment settings.

11.1.3 The environmental conditioning test parameters.

11.1.4 If performed, the sampling method, coupon geometry, and test parameters used to determine density and reinforcement volume.

### 11.2 General Instructions:

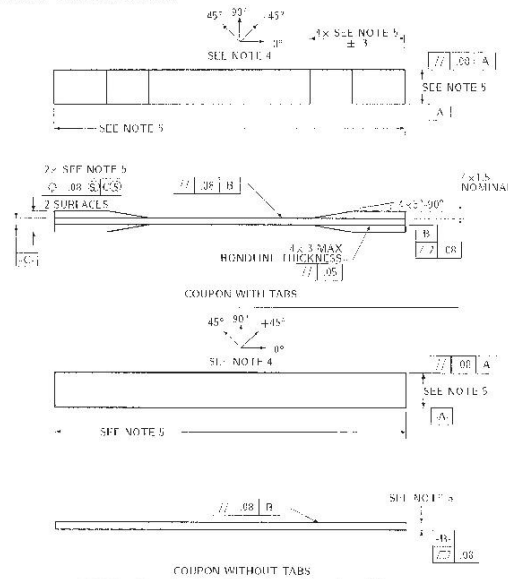
11.2.1 Report any deviations from this test method, whether intentional or inadvertent.

<sup>9</sup> E-Z Flex Metalite K224 cloth, Grit 120-J, available from Norton Company, Troy, NY 12181, has been found satisfactory in this application. Other equivalent types of emery cloth should also be suitable.



**D 3039/D 3039M – 00<sup>1</sup>**

- DRAWING NOTES:**
1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y32-1992, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
  2. ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:  
NO DECIMAL  $\pm .02$   
ONE  $\pm .01$   
TWO  $\pm .005$
  3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF  $\pm .5^\circ$ .
  4. PLY ORIENTATION DIRECTED TOLERANCE RELATIVE TO  $\pm 0.5^\circ$  WITHIN  $1.5^\circ$ .
  5. FINISH ON MACHINE BLENDS NOT TO EXCEED  $1.6/\sqrt{R}$  SYMBOLOLOGY IN ACCORDANCE WITH ASB D46.1 WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROMETRES.)
  6. VALUES GIVEN PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGE SCHEDULED IN THE DRAWING MATERIAL LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO  $\pm 0.5^\circ$  OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, AIR MATRIX, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE.
  7. NO ADHESIVE BONDUP ALLOWED IN THIS AREA.



**FIG. 2 Tension Test Specimen Drawing (SI)**

11.2.2 If specific gravity, density, reinforcement volume, or void volume are to be reported, then obtain these samples from the same panels being tension tested. Specific gravity and density may be evaluated by means of Test Methods D 792. Volume percent of the constituents may be evaluated by one of the matrix digestion procedures of Test Method D 3171, or, for certain reinforcement materials such as glass and ceramics, by the matrix burn-off technique of Test Method D 2584. The void content equations of Test Methods D 2734 are applicable to both Test Method D 2584 and the matrix digestion procedures.

11.2.3 Following final specimen machining and any conditioning, but before the tension testing, determine the specimen area as  $A = w \times h$ , at three places in the gage section, and report the area as the average of these three determinations to the accuracy in 7.1. Record the average area in units of  $\text{mm}^2$  ( $\text{in.}^2$ ).

11.3 *Speed of Testing*—Set the speed of testing to effect a nearly constant strain rate in the gage section. If strain control is not available on the testing machine, this may be approximated by repeated monitoring and adjusting of the rate of load application to maintain a nearly constant strain rate, as mea-

sured by strain transducer response versus time. The strain rate should be selected so as to produce failure within 1 to 10 min. If the ultimate strain of the material cannot be reasonably estimated, initial trials should be conducted using standard speeds until the ultimate strain of the material and the compliance of the system are known, and the strain rate can be adjusted. The suggested standard speeds are:

11.3.1 *Strain-Controlled Tests*—A standard strain rate of  $0.01 \text{ min}^{-1}$ .

11.3.2 *Constant Head-Speed Tests*—A standard head displacement rate of  $2 \text{ mm/min}$  [ $0.05 \text{ in./min}$ ].

NOTE 6—Use of a fixed head speed in testing machine systems with a high compliance may result in a strain rate that is much lower than required. Use of wedge grips can cause extreme compliance in the system, especially when using compliant tab materials. In some such cases, actual strain rates 10 to 50 times lower than estimated by head speeds have been observed.

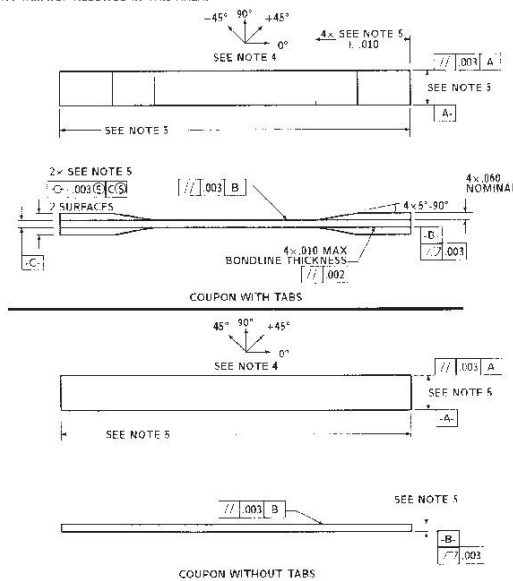
11.4 *Test Environment*—Condition the specimen to the desired moisture profile and, if possible, test under the same conditioning fluid exposure level. However, cases such as

**D 3039/D 3039M – 00<sup>6</sup>1**

**DRAWING NOTES:**

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1987, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN INCHES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:  

.X	.XX	.XXX
+1	1.03	1.01
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF  $\pm 5^\circ$ .
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO  $\perp A$  WITHIN  $\pm 5^\circ$ .
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED  $64\sqrt{\text{R}}$  (SYMBOLS LOGY IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROINCHES.)
5. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGFS SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL, LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO  $\perp A$ , OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE.
6. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.



**FIG. 3 Tension Test Specimen Drawing (inch-pound)**

elevated temperature testing of a moist specimen place unrealistic requirements on the capabilities of common testing machine environmental chambers. In such cases, the mechanical test environment may need to be modified, for example, by testing at elevated temperature with no fluid exposure control, but with a specified limit on time to failure from withdrawal from the conditioning chamber. Modifications to the test environment shall be recorded.

11.4.1 Store the specimen in the conditioned environment until test time, if the testing area environment is different than the conditioning environment.

11.5 *Specimen Insertion*—Place the specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the gripped specimen with the test direction. Tighten the grips, recording the pressure used on pressure controllable (hydraulic or pneumatic) grips.

NOTE 7—The ends of the grip jaws on wedge-type grips should be even with each other following insertion to avoid inducing a bending moment that results in premature failure of the specimen at the grip. When using

untabbed specimens, a folded strip of medium grade (80 to 150 grit) emery cloth between the specimen faces and the grip jaws (grit-side toward specimen) provides a nonslip grip on the specimen without jaw serration damage to the surface of the specimen. When using tabbed specimens, insert the coupon so that the grip jaws extend approximately 10 to 15 mm [0.5 in.] past the beginning of the tapered portion of the tab. Coupons having tabs that extend beyond the grips are prone to failure at the tab ends because of excessive interlaminar stresses.

11.6 *Transducer Installation*—If strain response is to be determined attach the strain-indication transducer(s) to the specimen, symmetrically about the mid-span, mid-width location. Attach the strain-recording instrumentation to the transducers on the specimen.

11.6.1 When determining modulus of elasticity, it is recommended that at least one specimen per like sample be evaluated with back-to-back axial transducers to evaluate the percent bending, using Eq 5, at the average axial strain checkpoint value (the mid range of the appropriate chord modulus strain range) shown in Table 3. A single transducer can be used if the

**TABLE 3 Specimen Alignment and Chord Modulus Calculation Strain Ranges**

Tensile Chord Modulus Calculation Longitudinal Strain Range		Longitudinal Strain Checkpoint for Bending
Start Point	End Point	
$\mu\epsilon^A$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$
1000 <sup>B</sup>	3000	2000

<sup>A</sup> 1000  $\mu\epsilon$  = 0.001 absolute strain.  
<sup>B</sup> This strain range is to be contained in the lower half of the stress/strain curve. For materials that fail below 6000  $\mu\epsilon$ , a strain range of 25 to 50 % of ultimate is recommended.

percent bending is no more than 3 %. When bending is greater than 3 % averaged strains from back-to-back transducers of like kind are recommended.

$$B_y = \frac{|\epsilon_f - \epsilon_b|}{|\epsilon_f + \epsilon_b|} \quad (5)$$

where:

- $\epsilon_f$  = indicated strain from front transducer,  $\mu\epsilon$ ;
- $\epsilon_b$  = indicated strain from back transducer,  $\mu\epsilon$ ; and
- $B_y$  = percent bending in specimen.

11.7 *Loading*—Apply the load to the specimen at the specified rate until failure, while recording data.

11.8 *Data Recording*—Record load versus strain (or transducer displacement) continuously or at frequent regular intervals. If a transition region or initial ply failures are noted, record the load, strain, and mode of damage at such points. If the specimen is to be failed, record the maximum load, the failure load, and the strain (or transducer displacement) at, or as near as possible to, the moment of rupture.

NOTE 8—Other valuable data that can be useful in understanding testing anomalies and gripping or specimen slipping problems includes load versus head displacement data and load versus time data.

11.9 *Failure Mode*—Record the mode and location of failure of the specimen. Choose, if possible, a standard description using the three-part failure mode code that is shown in Fig. 4.

11.10 *Grip/Tab Failures*—Reexamine the means of load introduction into the material if a significant fraction of failures in a sample population occur within one specimen width of the tab or grip. Factors considered should include the tab alignment, tab material, tab angle, tab adhesive, grip type, grip pressure, and grip alignment.

## 12. Calculation

12.1 *Tensile Stress/Tensile Strength*—Calculate the ultimate tensile strength using Eq 6 and report the results to three significant figures. If the tensile modulus is to be calculated, determine the tensile stress at each required data point using Eq 7.

$$F^{tu} = P^{max}/A \quad (6)$$

$$\sigma_i = P_i/A \quad (7)$$

where:

- $F^{tu}$  = ultimate tensile strength, MPa [psi];
- $P^{max}$  = maximum load before failure, N [lbf];
- $\sigma_i$  = tensile stress at  $i$ th data point, MPa [psi];
- $P_i$  = load at  $i$ th data point, N [lbf]; and
- $A$  = average cross-sectional area from 11.2.3, mm<sup>2</sup> [in.<sup>2</sup>].

12.2 *Tensile Strain/Ultimate Tensile Strain*—If tensile modulus or ultimate tensile strain is to be calculated, and material response is being determined by an extensometer, determine the tensile strain from the indicated displacement at each required data point using Eq 8 and report the results to three significant figures.

$$\epsilon_i = \delta_i/L_g \quad (8)$$

where:

- $\epsilon_i$  = tensile strain at  $i$ th data point,  $\mu\epsilon$ ;
- $\delta_i$  = extensometer displacement at  $i$ th data point, mm [in.]; and
- $L_g$  = extensometer gage length, mm [in.].

### 12.3 Tensile Modulus of Elasticity:

NOTE 9—To minimize potential effects of bending it is recommended that the strain data used for modulus of elasticity determination be the average of the indicated strains from each side of the specimen, as discussed in 7.3 and 11.6.

12.3.1 *Tensile Chord Modulus of Elasticity*—Select the appropriate chord modulus strain range from Table 3. Calculate the tensile chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 9. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Report the tensile chord modulus of elasticity to three significant figures. Also report the strain range used in the calculation. A graphical example of chord modulus is shown in Fig. 5.

12.3.1.1 The tabulated strain ranges should only be used for materials that do not exhibit a transition region (a significant change in the slope of the stress-strain curve) within the given strain range. If a transition region occurs within the recommended strain range, then a more suitable strain range shall be used and reported.

$$E^{chord} = \Delta\sigma/\Delta\epsilon \quad (9)$$

where:

- $E^{chord}$  = tensile chord modulus of elasticity, GPa [psi];
- $\Delta\sigma$  = difference in applied tensile stress between the two strain points of Table 3, MPa [psi]; and
- $\Delta\epsilon$  = difference between the two strain points of Table 3 (nominally 0.002).

12.3.2 *Tensile Modulus of Elasticity (Other Definitions)*—Other definitions of elastic modulus may be evaluated and reported at the user's discretion. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used,

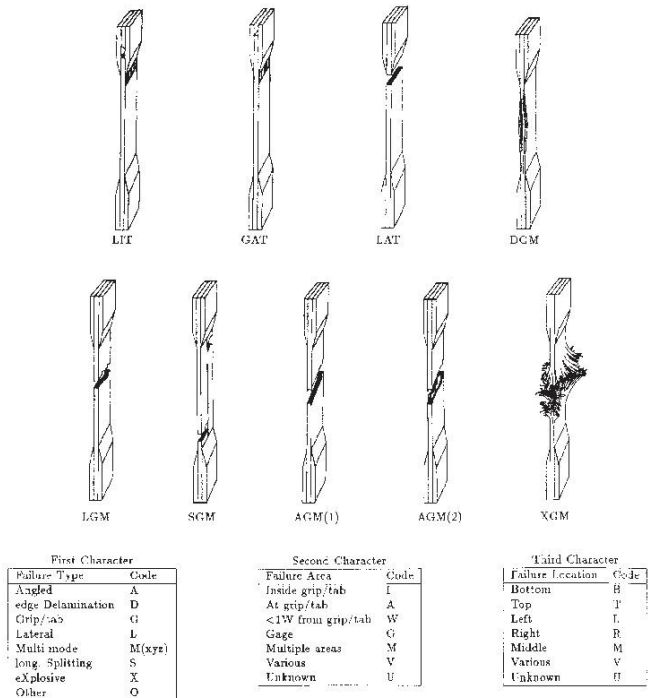


FIG. 4 Tensile Test Failure Codes/Typical Modes

and the results to three significant figures. Test Method E 111 provides additional guidance in the determination of modulus of elasticity.

NOTE 10—An example of another modulus definition is the secondary chord modulus of elasticity for materials that exhibit essentially bilinear stress-strain behavior. An example of secondary chord modulus is shown in Fig. 5.

12.4 Poisson's Ratio:

NOTE 11—If bonded resistance strain gages are being used, the error produced by the transverse sensitivity effect on the transverse gage will generally be much larger for composites than for metals. An accurate measurement of Poisson's ratio requires correction for this effect. The strain gage manufacturer should be contacted for information on the use of correction factors for transverse sensitivity.

12.4.1 Poisson's Ratio By Chord Method—Select the appropriate chord modulus longitudinal strain range from Table 3. Determine (by plotting or otherwise) the transverse strain (measured perpendicular to the applied load),  $\epsilon_p$ , at each of the two longitudinal strains (measured parallel to the applied load),  $\epsilon_p$ , strain range end points. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use

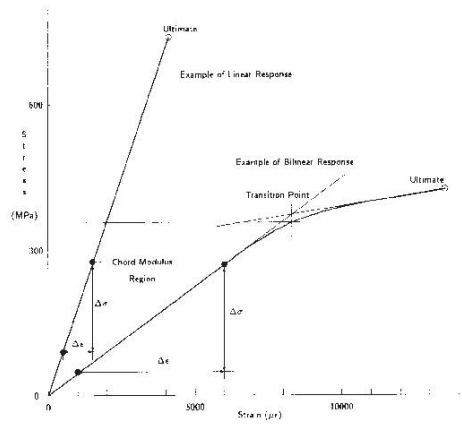


FIG. 5 Typical Tensile Stress-Strain Curves

the closest available data point. Calculate Poisson's ratio by Eq 10 and report to three significant figures. Also report the strain range used.

$$\nu = -\Delta\epsilon_l/\Delta\epsilon_t \quad (10)$$

where:

- $\nu$  = Poisson's ratio;
- $\Delta\epsilon_t$  = difference in lateral strain between the two longitudinal strain points of Table 3,  $\mu\epsilon$ ; and
- $\Delta\epsilon_l$  = difference between the two longitudinal strain points of Table 3 (nominally either 0.001, 0.002, or 0.005).

**12.4.2 Tensile Poisson's Ratio (Other Definitions)**—Other definitions of Poisson's ratio may be evaluated and reported at the user's direction. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used, and the results to three significant figures. Test Method E 132 provides additional guidance in the determination of Poisson's ratio.

**12.5 Transition Strain**—Where applicable, determine the transition strain from either the bilinear longitudinal stress versus longitudinal strain curve or the bilinear transverse strain versus longitudinal strain curve. Create a best linear fit or chord line for each of the two linear regions and extend the lines until they intersect. Determine to three significant digits the longitudinal strain that corresponds to the intersection point and record this value as the transition strain. Report also the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined. A graphical example of transition strain is shown in Fig. 5.

**12.6 Statistics**—For each series of tests calculate the average value, standard deviation and coefficient of variation (in percent) for each property determined:

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^n x_i)/n \quad (11)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2)/(n-1)} \quad (12)$$

$$CV = 100 \times s_{n-1}/\bar{x} \quad (13)$$

where:

- $\bar{x}$  = sample mean (average);
- $s_{n-1}$  = sample standard deviation;
- CV = sample coefficient of variation, in percent;
- $n$  = number of specimens; and
- $x_i$  = measured or derived property.

### 13. Report

13.1 Report the following information, or references pointing to other documentation containing this information, to the maximum extent applicable (reporting of items beyond the control of a given testing laboratory, such as might occur with material details or panel fabrication parameters, shall be the responsibility of the requestor):

- 13.1.1 The revision level or date of issue of this test method.
- 13.1.2 The date(s) and location(s) of the test.
- 13.1.3 The name(s) of the test operator(s).

13.1.4 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing.

13.1.5 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer, manufacturer's lot or batch number, source (if not from manufacturer), date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yarn filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.

13.1.6 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.

13.1.7 Ply orientation stacking sequence of the laminate.

13.1.8 If requested, report density, volume percent reinforcement, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test results.

13.1.9 Average ply thickness of the material.

13.1.10 Results of any nondestructive evaluation tests.

13.1.11 Method of preparing the test specimen, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, coupon cutting method, identification of tab geometry, tab material, and tab adhesive used.

13.1.12 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.

13.1.13 Type of test machine, grips, jaws, grip pressure, alignment results, and data acquisition sampling rate and equipment type.

13.1.14 Results of system alignment evaluations, if any such were done.

13.1.15 Dimensions of each test specimen.

13.1.16 Conditioning parameters and results, use of travelers and traveler geometry, and the procedure used if other than that specified in the test method.

13.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

13.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

13.1.19 Number of specimens tested.

13.1.20 Speed of testing.

13.1.21 Transducer placement on the specimen and transducer type for each transducer used.

13.1.22 If strain gages were used, the type, resistance, size, gage factor, temperature compensation method, transverse sensitivity, lead-wire resistance, and any correction factors used.

13.1.23 Stress-strain curves and tabulated data of stress versus strain for each specimen.

13.1.24 Percent bending results for each specimen so evaluated.

13.1.25 Individual strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure load was less than the maximum load before failure.

13.1.26 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.27 Strain range used for chord modulus and Poisson's ratio determination.

13.1.28 If another definition of modulus of elasticity is used in addition to chord modulus, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

13.1.29 Individual values of modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.30 If another definition of Poisson's ratio is used in addition to the chordwise definition, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

13.1.31 Individual values of Poisson's ratio, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.32 If transition strain is determined, the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined.

13.1.33 Individual values of transition strain (if applicable), and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.34 Failure mode and location of failure for each specimen.

**14. Precision and Bias**

*14.1 Precision:*

14.1.1 The precision and bias of tension test strength and modulus measurements depend on strict adherence to the Test Method D 3039/D 3039M and are influenced by mechanical and material factors, specimen preparation, and measurement errors.

14.1.2 Mechanical factors that can affect the test results include: the physical characteristics of the testing machine (stiffness, damping, and mass), accuracy of loading and displacement/strain measurement, speed of loading, alignment of test specimen with applied load, parallelism of the grips, grip pressure, and type of load control (displacement, strain, or load).

14.1.3 Material factors that can affect test results include: material quality and representativeness, sampling scheme, and specimen preparation (dimensional accuracy, tab material, tab taper, tab adhesive, and so forth).

14.1.4 The mean tensile strength for a strain rate sensitive, glass/epoxy tape composite testing in the fiber direction was found to increase by approximately two standard deviations with decreasing time to failure tested at the limits of the recommended time to failure prescribed in Test Method D 3039/D 3039M. This result suggest that caution must be used when comparing test data obtained for strain rate sensitive composite materials tested in accordance with this standard.

14.1.5 Measurement errors arise from the use of specialized measuring instruments such as load cells, extensometers and strain gages, micrometers, data acquisition devices, and so forth.

14.1.6 Data obtained from specimens that fracture outside the gage are should be used with caution as this data may not be representative of the material. Failure in the grip region indicates the stress concentration at the tab is greater than the

natural strength variation of the material in the gage section. A tapered tab, bonded with a ductile low-modulus adhesive has a relatively low-stress concentration and should result in the lowest frequency of grip failures. Low-strength bias increases with the frequency of grip failures by an amount proportional to the stress concentration at the tab.

14.1.7 An interlaboratory test program was conducted where an average of five specimens each, of six different materials and lay-up configurations, were tested by nine different laboratories.<sup>10</sup> Table 4 presents the precision statistics generated from this study as defined in Practice E 691 for tensile strength, modulus, and failure strain. All data except that for Material B (90° lay-up) was normalized with respect to an average thickness. The materials listed in Table 15 are defined as:

- A IM-6/3501-6 uni-tape (0n)
- B IM-6/3501-6 uni-tape (90n)
- C IM-6/3501-6 uni-tape (90/0n)
- F Glass/epoxy fabric (7781 glass/Ciba R 7376 Epoxy)-warp aligned
- G Carbon/epoxy fabric (66108 carbon/Ciba R 6376

**TABLE 4 Precision Statistics**

Material	$\bar{x}$	$s \bar{x}$	$S_r$	$S_{Rr}$	$S_r/\bar{x}, \%$	$S_{Rr}/\bar{x}, \%$
Strength, ksi						
A	342.69	8.49	10.68	12.78	3.12	3.73
B	8.52	0.52	0.85	0.92	9.94	10.84
C	156.37	3.84	10.85	10.85	6.94	6.94
F	66.18	3.20	1.52	3.48	2.30	5.26
G	121.52	1.59	3.92	3.92	3.23	3.23
Modulus, Msi						
A	23.57	0.65	0.63	0.86	2.69	3.66
B	1.30	0.05	0.04	0.06	3.12	4.57
C	12.38	0.29	0.37	0.44	2.98	3.54
F	3.95	0.08	0.04	0.09	1.01	2.28
G	9.47	0.16	0.12	0.20	1.29	2.06
Failure Strain, %						
A	1.36	0.06	0.07	0.08	4.95	6.15
B	0.66	0.04	0.08	0.09	12.47	13.02
C	1.22	0.03	0.06	0.06	5.25	5.27
F	2.04	0.15	0.07	0.16	3.19	8.03
G	1.27	0.03	0.05	0.05	3.83	4.13

14.1.8 The averages of the coefficients of variation are in Table 5. The values of  $S_r/\bar{X}$  and  $S_{Rr}/\bar{X}$  represent the repeatability and the reproducibility coefficients of variation, respectively. These averages permit a relative comparison of the repeatability (within laboratory precision) and reproducibility (between laboratory precision) of the tension test parameters. Overall, this indicates that the failure strain measurements exhibit the least repeatability and reproducibility of all the parameters measured while modulus was found to provide the highest repeatability and reproducibility of the parameters measured.

<sup>10</sup> International Harmonization of Composite Materials—Phase 1: Harmonization of ASTM D 3039/D 3039M and ISO 527-5, Final Report, ASTM Institute for Standards Research, April 1997.

**TABLE 5 Averages of the Coefficients of Variation**

Parameter	Average of $S_j/X_j$ , %	Average of $S_{ij}/X_i$ , %
Strength	5.11	6.00
Modulus	2.22	3.22
Failure strain	5.94	7.32

14.1.9 The consistency of agreement for repeated tests of the same material is dependent on lay-up configuration, mate-

rial and specimen preparation techniques, test conditions, and measurements of the tension test parameters.

14.2 *Bias*—Bias cannot be determined for this test method as no acceptable reference standard exists.

**15. Keywords**

15.1 composite materials; modulus of elasticity; Poisson's ratio; tensile properties; tensile strength

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

# ANEXO C: NORMA PARA ENSAYOS A FLEXIÓN ASTM 7462

Downloaded: 1/29/2008 11:27:41 AM single-user license only. Copying and networking prohibited.  
Licensed by WEX to UNIVERSIDADE DE SAO PAULO-CRUESP.



Designation: D 7264/D 7264M – 07

## Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 7264/D 7264M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

### 1. Scope

1.1 This test method determines the flexural stiffness and strength properties of polymer matrix composites.

1.1.1 *Procedure A*—A three-point loading system utilizing center loading on a simply supported beam.

1.1.2 *Procedure B*—A four-point loading system utilizing two load points equally spaced from their adjacent support points, with a distance between load points of one-half of the support span.

NOTE 1—Unlike Test Method D 6272, which allows loading at both one-third and one-half of the support span, in order to standardize geometry and simplify calculations this standard permits loading at only one-half the support span.

1.2 For comparison purposes, tests may be conducted according to either test procedure, provided that the same procedure is used for all tests, since the two procedures generally give slightly different property values.

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>

- D 790 Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials
- D 2344/D 2344M Test Method for Short-Beam Strength of

Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates

D 3878 Terminology for Composite Materials

D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials

D 5687/D 5687M Guide for Preparation of Flat Composite Panels with Processing Guidelines for Specimen Preparation

D 6272 Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials by Four-Point Bending

D 6856 Guide for Testing Fabric-Reinforced “Textile” Composite Materials

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

E 18 Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials

E 122 Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With a Specified Tolerable Error, the Average for a Characteristic of a Lot or Process

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics

E 1309 Guide for Identification of Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite Materials in Databases

E 1434 Guide for Recording Mechanical Test Data of Fiber-Reinforced Composite Materials in Databases

2.2 *Other Documents:*

ANSI Y14.5-1999 Dimensioning and Tolerancing—Includes Inch and Metric<sup>3</sup>

ANSI B46.1-1995 Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)<sup>3</sup>

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology D 3878 defines the terms relating to high-modulus fibers and their composites. Terminology E 6 defines terms relating to mechanical testing. Terminology E 456 and Practice E 177 define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology D 3878 shall have precedence over the other documents.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

Current edition approved April 1, 2007. Published April 2007. Originally approved in 2006. Last previous edition approved in 2006 as D 7264/D 7264M – 06.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>3</sup> Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.



**D 7264/D 7264M - 07**

**3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:**

3.2.1 *flexural strength, n*—the maximum stress at the outer surface of a flexure test specimen corresponding to the peak applied force prior to flexural failure.

3.2.2 *flexural modulus, n*—the ratio of stress range to corresponding strain range for a test specimen loaded in flexure.

**3.3 Symbols:**

- $b$  = specimen width
- $CV$  = sample coefficient of variation, in percent
- $E_f^{chord}$  = flexural chord modulus of elasticity
- $E_f^{secant}$  = flexural secant modulus of elasticity
- $h$  = specimen thickness
- $L$  = support span
- $m$  = slope of the secant of the load-deflection curve
- $n$  = number of specimens
- $P$  = applied force
- $s_{n-1}$  = sample standard deviation
- $x_i$  = measured or derived property
- $\bar{x}$  = sample mean
- $\delta$  = mid-span deflection of the specimen
- $\epsilon$  = strain at the outer surface at mid-span of the specimen
- $\sigma$  = stress at the outer surface at mid-span of the specimen

**4. Summary of Test Method**

4.1 A bar of rectangular cross section, supported as a beam, is deflected at a constant rate as follows:

4.1.1 *Procedure A*—The bar rests on two supports and is loaded by means of a loading nose midway between the supports (see Fig. 1).

4.1.2 *Procedure B*—The bar rests on two supports and is loaded at two points (by means of two loading noses), each an equal distance from the adjacent support point. The distance between the loading noses (that is, the load span) is one-half of the support span (see Fig. 2).

4.2 Force applied to the specimen and resulting specimen deflection at the center of span are measured and recorded until the failure occurs on either one of the outer surfaces, or the deformation reaches some pre-determined value.

4.3 The major difference between four-point and three-point loading configurations is the location of maximum bending moment and maximum flexural stress. With the four-point configuration the bending moment is constant between the central force application members. Consequently, the maximum flexural stress is uniform between the central force application members. In the three-point configuration, the maximum flexural stress is located directly under the center

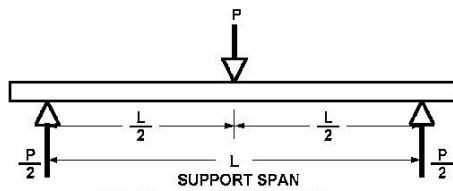


FIG. 1 Procedure A—Loading Diagram

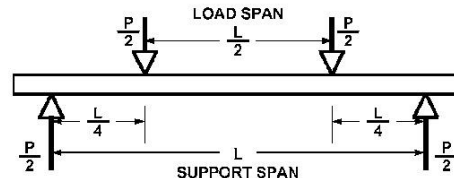


FIG. 2 Procedure B—Loading Diagram

force application member. Another difference between the three-point and four-point configurations is the presence of resultant vertical shear force in the three-point configuration everywhere in the beam except right under the mid-point force application member whereas in the four-point configuration, the area between the central force application members has no resultant vertical shear force. The distance between the outer support members is the same as in the equivalent three-point configuration.

4.4 The test geometry is chosen to limit out-of-plane shear deformations and avoid the type of short beam failure modes that are interrogated in Test Method D 2344/D 2344M.

**5. Significance and Use**

5.1 This test method determines the flexural properties (including strength, stiffness, and load/deflection behavior) of polymer matrix composite materials under the conditions defined. Procedure A is used for three-point loading and Procedure B is used for four-point loading. This test method was developed for optimum use with continuous-fiber-reinforced polymer matrix composites and differs in several respects from other flexure methods, including the use of a standard span-to-thickness ratio of 32:1 versus the 16:1 ratio used by Test Methods D 790 (a plastics-focused method covering three-point flexure) and D 6272 (a plastics-focused method covering four-point flexure).

5.2 This test method is intended to interrogate long-beam strength in contrast to the short-beam strength evaluated by Test Method D 2344/D 2344M.

5.3 Flexural properties determined by these procedures can be used for quality control and specification purposes, and may find design applications.

5.4 These procedures can be useful in the evaluation of multiple environmental conditions to determine which are design drivers and may require further testing.

5.5 These procedures may also be used to determine flexural properties of structures.

**6. Interferences**

6.1 Flexural properties may vary depending on which surface of the specimen is in compression, as no laminate is perfectly symmetric (even when full symmetry is intended); such differences will shift the neutral axis and will be further affected by even modest asymmetry in the laminate. Flexural properties may also vary with specimen thickness, conditioning and/or testing environments, and rate of straining. When evaluating several datasets these parameters should be equivalent for all data in the comparison.


**D 7264/D 7264M – 07**

6.2 For multidirectional laminates with a small or moderate number of laminae, flexural modulus and flexural strength may be affected by the ply-stacking sequence and will not necessarily correlate with extensional modulus, which is not stacking-sequence dependent.

6.3 The calculation of the flexural properties in Section 13 of this standard is based on beam theory, while the specimens in general may be described as plates. The differences may in some cases be significant, particularly for laminates containing a large number of plies in the  $\pm 45^\circ$  direction. The deviations from beam theory decrease with decreasing width.

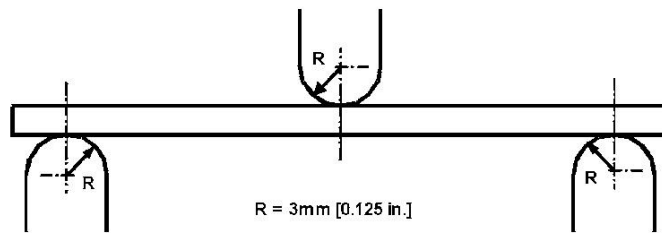
6.4 Loading noses may be fixed, rotatable or rolling. Typically, for testing composites, fixed or rotatable loading noses are used. The type of loading nose can affect results, since non-rolling paired supports on either the tension or compression side of the specimen introduce slight longitudinal forces and resisting moments on the beam, which superpose with the intended loading. The type of supports used is to be reported as described in Section 14. The loading noses should also uniformly contact the specimen across its width. Lack of

uniform contact can affect flexural properties by initiating damage by crushing and by non-uniformly loading the beam. Formulas used in this standard assume a uniform line loading at the specimen supports across the entire specimen width; deviations from this type of loading is beyond the scope of this standard.

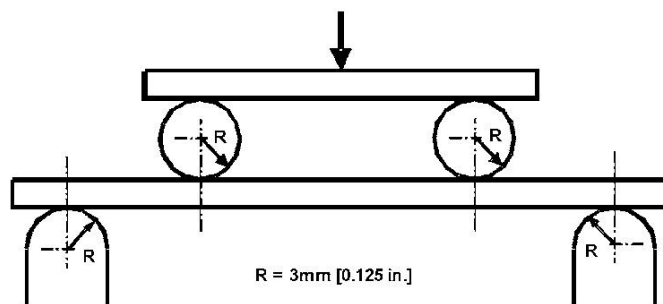
**7. Apparatus**

7.1 *Testing Machine*—Properly calibrated, which can be operated at a constant rate of crosshead motion, and in which the error in the force application system shall not exceed  $\pm 1\%$  of the full scale. The force indicating mechanism shall be essentially free of inertia lag at the crosshead rate used. Inertia lag shall not exceed 1% of the measured force. The accuracy of the testing machine shall be verified in accordance with Practices E 4.

7.2 *Loading Noses and Supports*—The loading noses and supports shall have cylindrical contact surfaces of radius 3.00 mm [0.125 in.] as shown in Fig. 3, with a hardness of 60 to 62 HRC, as specified in Test Methods E 18, and shall have finely



Three-Point Loading Configuration with Fixed Supports and Loading Nose



Four-Point Loading Configuration with Fixed Supports and Rolling Loading Noses

FIG. 3 Example Loading Nose and Supports for Procedures A (top) and B (bottom)


**D 7264/D 7264M – 07**

ground surfaces free of indentation and burrs with all sharp edges relieved. Loading noses and supports may be arranged in a fixed, rotatable or rolling arrangement. Typically, with composites, rotatable or fixed arrangements are used.

**7.3 Micrometers**—For width and thickness measurements the micrometers shall use a 4 to 7 mm [0.16 to 0.28 in.] nominal diameter ball-interface on an irregular surface such as the bag side of a laminate, and a flat anvil interface on machined edges or very smooth tooling surfaces. A micrometer or caliper with flat anvil faces shall be used to measure the length of the specimen. The accuracy of the instrument(s) shall be suitable for reading to within 1 % or better of the specimen dimensions. For typical section geometries, an instrument with an accuracy of  $\pm 0.02$  mm [ $\pm 0.001$  in.] is desirable for thickness and width measurement, while an instrument with an accuracy of  $\pm 0.1$  mm [ $\pm 0.004$  in.] is adequate for length measurement.

**7.4 Deflection Measurement**—Specimen deflection at the common center of the loading span shall be measured by a properly calibrated device having an accuracy of  $\pm 1$  % or better of the expected maximum displacement. The device shall automatically and continuously record the deflection during the test.

**7.5 Conditioning Chamber**—When conditioning materials at non-laboratory environments, a temperature/vapor-level controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within  $\pm 1^\circ\text{C}$  [ $\pm 2^\circ\text{F}$ ] and the required vapor level to within  $\pm 3$  % relative humidity, as outlined in Test Method D 5229/D 5229M. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

**7.6 Environmental Test Chamber**—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the test specimen at the required temperature

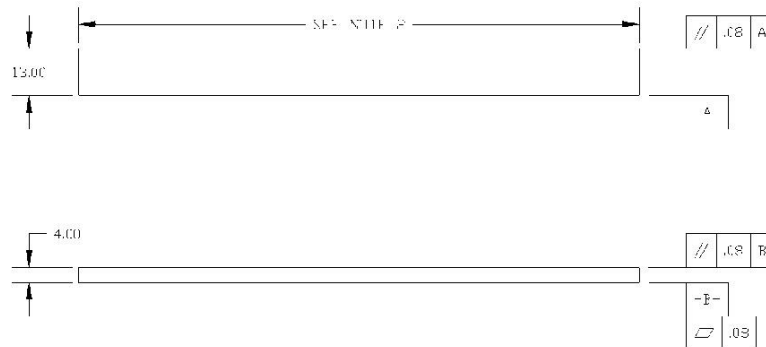
within  $\pm 3^\circ\text{C}$  [ $\pm 5^\circ\text{F}$ ] and the required vapor level to within  $\pm 5$  % relative humidity.

**8. Test Specimens**

**8.1 Specimen Preparation**—Guide D 5687/D 5687M provides recommended specimen preparation practices and should be followed when practical.

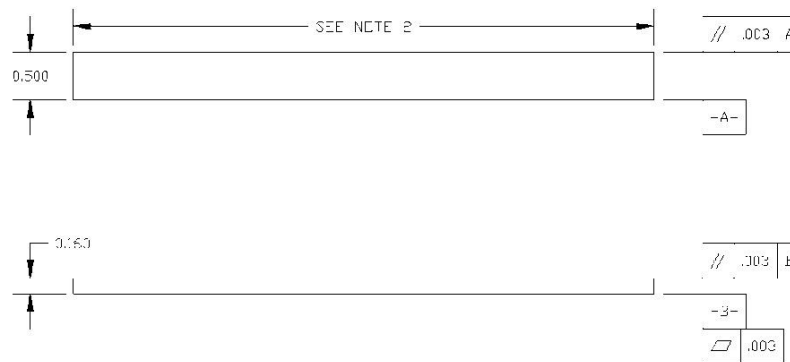
**8.2 Specimen Size** is chosen such that the flexural properties are determined accurately from the tests. For flexural strength, the standard support span-to-thickness ratio is chosen such that failure occurs at the outer surface of the specimens, due only to the bending moment (see Notes 2 and 3). The standard span-to-thickness ratio is 32:1, the standard specimen thickness is 4 mm [0.16 in.], and the standard specimen width is 13 mm [0.5 in.] with the specimen length being about 20 % longer than the support span. See Figs. 4 and 5 for a drawing of the standard test specimen in SI and inch-pound units, respectively. For fabric-reinforced textile composite materials, the width of the specimen shall be at least two unit cells, as defined in Guide D 6856. If the standard specimen thickness cannot be obtained in a given material system, an alternate specimen thickness shall be used while maintaining the support span-to-thickness ratio [32:1] and specimen width. Optional support span-to-thickness ratios of 16:1, 20:1, 40:1, and 60:1 may also be used provided it is so noted in the report. Also, the data obtained from a test using one support span-to-thickness ratio may not be compared with the data from another test using a different support span-to-thickness ratio.

**8.2.1 Shear deformations** can significantly reduce the apparent modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low support span-to-thickness ratios. For this reason, a high support span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.



NOTE 1—Drawing interpretation per ANSI Y14.5-1999 and ANSI B46.1-1995.  
 NOTE 2—See 8.2 and 11.3 of this test standard for the required values of span and overall length.  
**FIG. 4 Standard Flexural Test Specimen Drawing (SI)**


**D 7264/D 7264M – 07**



NOTE 1—Drawing interpretation per ANSI Y14.5-1999 and ANSI B46.1-1995.  
 NOTE 2—See 8.2 and 11.3 of this test standard for the required values of span and overall length.

**FIG. 5 Standard Flexural Test Specimen Drawing (Inch-Pound)**

NOTE 2—A support span-to-thickness ratio of less than 32:1 may be acceptable for obtaining the desired flexural failure mode when the ratio of the lower of the compressive and tensile strength to out-of-plane shear strength is less than 8, but the support span-to-thickness ratio must be increased for composite laminates having relatively low out-of-plane shear strength and relatively high in-plane tensile or compressive strength parallel to the support span.

NOTE 3—While laminate stacking sequence is not limited by this test method, significant deviations from a lay-up of nominal balance and symmetry may induce unusual test behaviors and a shift in the neutral axis.

**9. Number of Test Specimens**

9.1 Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data the procedures outlined in Practice E 122 should be consulted. Report the method of sampling.

**10. Conditioning**

10.1 The recommended pre-test specimen condition is effective moisture equilibrium at a specific relative humidity as established by Test Method D 5229/D5229M; however, if the test requester does not explicitly specify a pre-test conditioning environment, conditioning is not required and the test specimens may be tested as prepared.

NOTE 4—The term *moisture*, as used in Test Method D 5229/D5229M, includes not only the vapor of a liquid and its condensate, but the liquid itself in large quantities, as for immersion.

10.2 The pre-test specimen conditioning process, to include specified environmental exposure levels and resulting moisture content, shall be reported with the data.

10.3 If there is no explicit conditioning process, the conditioning process shall be reported as “unconditioned” and the moisture content as “unknown.”

**11. Procedure**

11.1 Condition the specimens as required. Store the specimens in the conditioned environment until test time.

11.2 Following final specimen machining and any conditioning but before testing, measure and record the specimen width and thickness at the specimen mid-section, and the specimen length, to the specified accuracy.

11.3 Measure the span accurately to the nearest 0.1 mm [0.004 in.] for spans less than 63 mm [2.5 in.] and the nearest 0.3 mm [0.012 in.] for spans greater than or equal to 63 mm [2.5 in.]. Use the measured span for all calculations. See Annex A1 for information on the determination of and setting of the span.

11.4 *Speed of Testing*—Set the speed of testing at a rate of crosshead movement of 1.0 mm/min [0.05 in./min] for a specimen with standard dimensions. For specimens with dimensions that vary greatly from the standard dimensions, a crosshead rate that will give a similar rate of straining at the outer surface can be obtained via the method outlined in Test Methods D 790 for Procedure A and Test Method D 6272 for Procedure B.

11.5 Align the loading nose(s) and supports so that the axes of the cylindrical surfaces are parallel. For Procedure A, the loading nose shall be midway between the supports. For Procedure B, the load span shall be one-half of the support span and symmetrically placed between the supports. The parallelism may be checked by means of plates with parallel grooves into which the loading nose(s) and supports will fit when properly aligned. Center the specimen on the supports, with the long axis of the specimen perpendicular to the loading noses and supports. See Annex A1 for setting and measuring span.

11.6 Apply the force to the specimen at the specified crosshead rate. Measure and record force-deflection data at a

**D 7264/D 7264M – 07**

rate such that a minimum of 50 data points comprise the force deflection curve. (A higher sampling rate may be required to properly capture any nonlinearities or progressive failure of the specimen.) Measure deflection by a transducer under the specimen in contact with it at the center of the support span, the transducer being mounted stationary relative to the specimen supports. Do not use the measurement of the motion of the loading nose relative to the supports as this will not take into account the rotation of the specimen about the load and support noses, nor account for the compliance in the loading nose or crosshead.

**11.7 Failure Modes**—To obtain valid flexural strength, it is necessary that the specimen failure occurs on either one of its outer surfaces, without a preceding interlaminar shear failure or a crushing failure under a support or loading nose. Failure on the tension surface may be a crack while that on the compression surface may be local buckling. Buckling may be manifested as fiber micro-buckling or ply-level buckling. Ply-level buckling may result in, or be preceded by delamination of the outer ply.

**11.7.1 Failure Identification Codes**—Record the mode, area, and location of failure for each specimen. Choose a standard failure identification code based on the three-part code shown in Fig. 6. A multimode failure can be described by including each of the appropriate failure-mode codes between the parentheses of the M failure mode.

**12. Validation**

**12.1** Values for properties at failure shall not be calculated for any specimen that breaks at some obvious, fortuitous flaw, unless such flaws constitute a variable being studied. Specimens that fail in an unacceptable failure mode shall not be included in the flexural property calculations. Retests shall be made for any specimen for which values are not calculated. If a significant fraction (>50%) of the specimens fail in an unacceptable failure mode then the span-to-thickness ratio (for excessive shear failures) or the loading nose diameter (crushing under the loading nose) should be reexamined.

**13. Calculation**

**NOTE 5**—In determination of the calculated value of some of the properties listed in this section it is necessary to determine if the toe compensation (see Annex A2) adjustment must be made. This toe compensation correction shall be made only when it has been shown that the toe region of the curve is due to take up of the slack, alignment, or seating of the specimen and is not an authentic material response.

**13.1 Maximum Flexural Stress, Procedure A**—When a beam of homogenous, elastic material is tested in flexure as a

beam simply supported at two points and loaded at the midpoint, the maximum stress at the outer surface occurs at mid-span. The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (**Note 6**):

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

where:

- $\sigma$  = stress at the outer surface at mid-span, MPa [psi],
- $P$  = applied force, N [lbf],
- $L$  = support span, mm [in.],
- $b$  = width of beam, mm [in.], and
- $h$  = thickness of beam, mm [in.].

**NOTE 6**—Eq 1 applies strictly to materials for which the stress is linearly proportional to strain up to the point of rupture and for which the strains are small. Since this is not always the case, a slight error will be introduced in the use of this equation. The equation will however, be valid for comparison data and specification values up to the maximum fiber strain of 2% for specimens tested by the procedure herein described. It should be noted that the maximum ply stress may not occur at the outer surface of a multidirectional laminate.<sup>4</sup> Laminated beam theory must be applied to determine the maximum tensile stress at failure. Thus, Eq 1 yields an apparent strength based on homogeneous beam theory. This apparent strength is highly dependent on the ply-stacking sequence for multidirectional laminates.

**13.2 Maximum Flexural Stress, Procedure B**—When a beam of homogeneous, elastic material is tested in flexure as a beam simply supported at two outer points and loaded at two central points separated by a distance equal to 1/2 the support span and at equal distance from the adjacent support point, the maximum stress at the outer surface occurs between the two central loading points that define the load span (Fig. 2). The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (**Note 7**):

$$\sigma = \frac{3PL}{4bh^2} \quad (2)$$

where:

- $\sigma$  = stress at the outer surface in the load span region, MPa [psi],
- $P$  = applied force, N [lbf],
- $L$  = support span, mm [in.],
- $b$  = width of beam, mm [in.], and

<sup>4</sup> For the theoretical details, see Whitney, J. M., Browning, C. E., and Mair, A., "Analysis of the Flexure Test for Laminated Composite Materials," *Composite Materials: Testing and Design (Third Conference)*, ASTM STP 546, 1974, pp. 30-45.

First Character		Second Character		Third Character	
Failure Mode	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Tension	T	At loading nose	A	Top	T
Compression	C	Between loading noses	B	Bottom	B
Buckling	B	at Support nose	S	Left	L
interlaminar Shear	S	between Load and support nose	L	Right	R
Multi-mode	M(xyz)	Unknown	U	Middle	M
Other	O			Various	V
				Unknown	U

**FIG. 6 Flexure Test Specimen Three-Part Failure Identification Code**


**D 7264/D 7264M – 07**

$h$  = thickness of beam, mm [in.].

NOTE 7—The limitations defined for Eq 1 in Note 6 apply also to Eq 2.

13.3 *Flexural Strength*—The flexural strength is equal to the maximum stress at the outer surface corresponding to the peak applied force prior to failure. (for multidirectional laminates, see Note 6). It is calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting  $P$  equal the peak applied force.

13.4 *Flexural Stress at a Given Strain*—The maximum flexural stress at any given strain may be calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting  $P$  equal the applied force read from the force-deflection curve at the deflection corresponding to the desired strain (for multidirectional laminates, see Note 6). Equations for calculating strains from the measured deflection are given in 13.5 and 13.6.

13.5 *Maximum Strain, Procedure A*—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$\epsilon = \frac{6\delta h}{L^2} \quad (3)$$

where:

- $\epsilon$  = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.],
- $\delta$  = mid-span deflection, mm [in.],
- $L$  = support span, mm [in.], and
- $h$  = thickness of beam, mm [in.].

13.6 *Maximum Strain, Procedure B*—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$\epsilon = \frac{4.366\delta h}{L^2} \quad (4)$$

where:

- $\delta$  = mid-span deflection, mm [in.],
- $\epsilon$  = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.],
- $L$  = support span, mm [in.], and
- $h$  = thickness of beam, mm [in.].

13.7 *Flexural Modulus of Elasticity:*

13.7.1 *Flexural Chord Modulus of Elasticity*—The flexural chord modulus of elasticity is the ratio of stress range and corresponding strain range. For calculation of flexural chord modulus, the recommended strain range is 0.002 with a start point of 0.001 and an end point 0.003. If the data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Calculate the flexural chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 5 (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8).

$$E_f^{chord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \quad (5)$$

where:

- $E_f^{chord}$  = flexural chord modulus of elasticity, MPa [psi],
- $\Delta\sigma$  = difference in flexural stress between the two selected strain points, MPa [psi], and
- $\Delta\epsilon$  = difference between the two selected strain points (nominally 0.002).

13.7.1.1 Report the chord modulus of elasticity in MPa [psi] for the strain range 0.001 to 0.003. If a different strain range is used in the calculations, also report the strain range used.

NOTE 8—Shear deformation can seriously reduce the apparent flexural modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low span-to-thickness ratios.<sup>5</sup> For this reason, a high span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.

13.7.2 *Flexural Secant Modulus of Elasticity*—The flexural secant modulus of elasticity is the ratio of stress to corresponding strain at any given point on the stress-strain curve. The flexural secant modulus is same as the flexural chord modulus in which the initial strain point is zero. It shall be expressed in MPa [psi]. It is calculated as follows (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8):

13.7.2.1 *For Procedure A:*

$$E_f^{secant} = \frac{L^3 m}{4bh^3} \quad (6)$$

where:

- $E_f^{secant}$  = flexural secant modulus of elasticity, MPa [psi],
- $L$  = support span, mm [in.],
- $b$  = width of beam, mm [in.],
- $h$  = thickness of beam, mm [in.] and
- $m$  = slope of the secant of the force-deflection curve.

13.7.2.2 *For Procedure B:*

$$E_f^{secant} = \frac{0.17L^3 m}{bh^3} \quad (7)$$

where  $E_f^{secant}$ ,  $m$ ,  $L$ ,  $b$ , and  $h$  are the same as for Eq 6.

13.7.3 Chord modulus of elasticity shall be reported although other definitions of moduli may also be used. However, when other definitions of moduli are used, it should be clearly indicated in the report.

13.8 *Statistics*—For each series of tests calculate the average value, standard deviation, and coefficient of variation for each property determined:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (8)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

$$CV = 100 \cdot \frac{s_{n-1}}{\bar{x}}$$

where:

- $\bar{x}$  = average value or sample mean,
- $x_i$  = value of single measured or derived property,
- $n$  = number of specimens,
- $s_{n-1}$  = estimated standard deviation,
- $CV$  = coefficient of variation in percentage.

<sup>5</sup> For discussion of these effects, see Zweben C, Smith, W. S., and Wardle, M. W., "Test Methods for Fiber Tensile Strength, Composite Flexural Modulus, and Properties of Fabric-Reinforced Laminates," *Composite Materials: Testing and Design (Fifth Conference)*, ASTM STP 674, 1979, pp. 228-262.

## 14. Report

14.1 The information reported for this test method includes material identification and mechanical testing data. These data shall be reported in accordance with Guides E 1309 and E 1471. At a minimum, the following should be reported:

14.1.1 The revision level or date of issue of the test method used.

14.1.2 The date(s) and location(s) of the testing.

14.1.3 The name(s) of the test operator(s).

14.1.4 The test Procedure used (A or B).

14.1.5 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing.

14.1.6 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer, manufacturer's lot or batch number, source (if not from the manufacturer), date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yam filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.

14.1.7 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.

14.1.8 Ply orientation stacking sequence of the laminate.

14.1.9 If requested, report density, reinforcement volume fraction, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test data.

14.1.10 Average ply thickness of the material.

14.1.11 Results of any nondestructive evaluation tests.

14.1.12 Method of preparing the test specimens, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, and specimen cutting method.

14.1.13 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.

14.1.14 Type of test machine, grips, jaws, alignment data, and data acquisition sampling rate and equipment type.

14.1.15 Dimensions of each specimen to at least three significant figures, including specimen width, thickness, and overall length.

14.1.16 Conditioning parameters and results, and the procedure used if other than that specified in this test method.

14.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

14.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

14.1.19 Number of specimens tested.

14.1.20 Load-span length, support-span length, and support span-to-thickness ratio.

14.1.21 Loading and support nose type and dimensions.

14.1.22 Speed of testing.

14.1.23 Transducer placement on the specimen, transducer type, and calibration data for each transducer used.

14.1.24 Force-deflection curves for each specimen. Note method and offset value if toe compensation was applied to force-deflection curve.

14.1.25 Tabulated data of flexural stress versus strain for each specimen.

14.1.26 Individual flexural strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure load was less than the maximum load prior to failure.

14.1.27 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.28 Strain range used for the flexural chord modulus of elasticity determination.

14.1.29 Individual values of flexural chord modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.30 If an alternate definition of flexural modulus of elasticity is used in addition to chord modulus, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

14.1.31 Individual values of the alternate (see above) flexural modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.32 Individual maximum flexural stresses, and the average, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) values for the population. Note any test in which the failure load was less than the maximum load before failure.

14.1.33 For flexural modulus only tests: maximum load applied, strain at maximum applied load, and calculated flexural modulus of elasticity ( $E_f$ ).

14.1.34 Individual maximum flexural strains and the average, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) values for the population. Note any test that was truncated to 2% strain.

14.1.35 Failure mode and location of failure for each specimen.

## 15. Precision and Bias

15.1 *Precision*—The data required for the development of precision is not currently available for this test method.

15.2 *Bias*—Bias cannot be determined for this test method as no acceptable reference standard exists.

## 16. Keywords

16.1 fiber-reinforced composites; flexural properties; stiffness; strength

**D 7264/D 7264M – 07**

**ANNEXES**

(Mandatory Information)

**A1. MEASURING AND SETTING SPAN**

A1.1 For flexural fixtures that have adjustable spans, it is important that the span between the supports is maintained constant or the actual measured span is used in the calculation of flexural stress, flexural modulus and strain, and the loading noses are positioned and aligned properly with respect to the supports. Some simple steps as follows can improve the repeatability of results when using adjustable span fixtures.

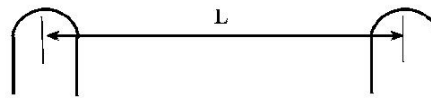


FIG. A1.1 Markings on Fixed Specimen Supports

**A1.2 Measurement of Span:**

A1.2.1 This technique is needed to ensure that the correct span, not an estimated span, is used in calculation of results.

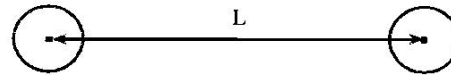


FIG. A1.2 Markings on Rotatable Specimen Supports

A1.2.2 Scribe a permanent line or mark at the exact center of the support where the specimen makes complete contact. The type of mark depends on whether the supports are fixed or rotatable (see Figs. A1.1 and A1.2).

A1.2.3 Using a vernier caliper with pointed tips that is readable to at least 0.1 mm [0.004 in.], measure the distance between the supports, and use this measurement of span in the calculations.

A1.3 *Setting the Span and Alignment of Loading Nose(s)*—To ensure a constant day-to-day setup of the span and ensure the alignment and proper positioning of the loading nose(s), simple jigs should be manufactured for each of the standard setups used. An example of a jig found to be useful is shown in Fig. A1.3.

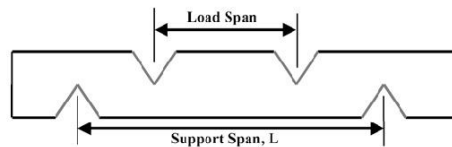


FIG. A1.3 Fixture Used to Align Loading Noses and Supports



**A2. TOE COMPENSATION**

A2.1 In a typical force-deflection curve (see Fig. A2.1) there is a toe region, AC, which does not represent a property of the material. It is an artifact caused by a take-up of slack and alignment, or seating of the specimen. In order to obtain correct values of such parameters as flexural modulus, and deflection at failure, this artifact must be compensated for to give the corrected zero point on the deflection, or extension axis.

A2.2 In the case of a material exhibiting a region of Hookean (linear) behavior (see Fig. A2.1), a continuation of the linear (CD) region is constructed through the zero axis. This intersection (B) is the corrected zero deflection point from which all deflections must be measured. The slope can be determined by dividing the change in force between any two points along the line CD (or its extension) by the change in deflection at the same two points (measured from Point B, defined as zero-deflection).

A2.3 In the case of a material that does not exhibit any linear region (see Fig. A2.2), the same kind of toe correction of zero-deflection point can be made by constructing a tangent to the maximum slope at the inflection Point H'. This is extended to intersect the deflection axis at Point B', the corrected zero-deflection point. Using Point B' as zero deflection, the force at any point (G') on the curve can be divided by the deflection at that point to obtain a flexural chord modulus (slope of Line B'G').

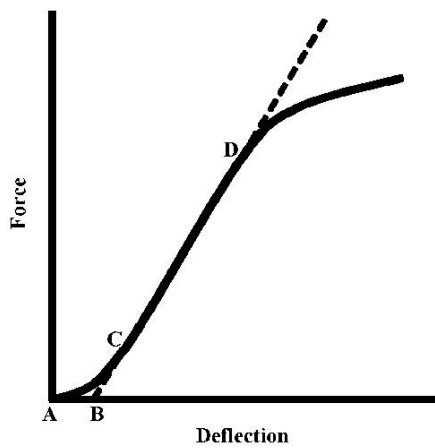


FIG. A2.1 Material with a Hookean Region

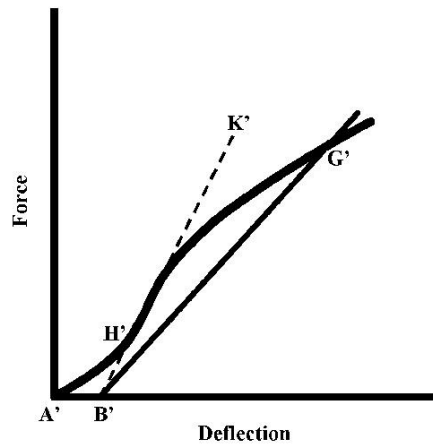


FIG. A2.2 Material without a Hookean Region

 **D 7264/D 7264M – 07**

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).

# ANEXO E: NORMA PARA ENSAYO DE IMPACTO ASTM 5628



Designation: D 5628 – 96 (Reapproved 2001)<sup>ε1</sup>

## Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimens by Means of a Falling Dart (Tup or Falling Mass)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 5628; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

<sup>ε1</sup> Note—Editorial changes were made throughout in November 2001.

### 1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the relative ranking of materials according to the energy required to crack or break flat, rigid plastic specimens under various specified conditions of impact of a free-falling dart (tup).

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific hazard statements are given in Section 8.

NOTE 1—This test method and ISO 6603-1-1985 are technically equivalent only when the test conditions and specimen geometry required for Geometry FE and the Brucceton Staircase method of calculation are used.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- D 374 Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation<sup>2</sup>
- D 618 Practice for Conditioning Plastics for Testing<sup>3</sup>
- D 883 Terminology Relating to Plastics<sup>2</sup>
- D 1600 Terminology for Abbreviated Terms Relating to Plastics<sup>2</sup>
- D 1709 Test Method for Impact Resistance of Plastic Film by the Free Falling Dart Method<sup>2</sup>
- D 1898 Practice for Sampling of Plastics<sup>4</sup>
- D 2444 Test Method for Determination of the Impact Resistance of Thermoplastic Pipe and Fittings by Means of a

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D20 on Plastics and is the direct responsibility of Subcommittee D20.10 on Mechanical Properties. Current edition approved March 10, 1996. Published July 1996. Originally published as D 5628 – 94. Last previous edition D 5628 – 95.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.01.

<sup>4</sup> Discontinued; see 1998 Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

#### Tup Falling Weight<sup>5</sup>

- D 3763 Test Method for High-Speed Puncture Properties of Plastics Using Load and Displacement Sensors<sup>6</sup>
  - D 4066 Classification System for Nylon Injection and Extrusion Materials PA<sup>6</sup>
  - E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods<sup>7</sup>
  - E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>7</sup>
- 2.2 ISO Standards:
- ISO 291 Standard Atmospheres for Conditioning and Testing<sup>8</sup>
  - ISO 6603-1 Plastics-Determination of Multiaxial Impact Behavior of Rigid Plastics—Part 1: Falling Dart Method<sup>8</sup>

### 3. Terminology

#### 3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of plastic terms used in this test method, see Terminologies D 883 and D 1600.

#### 3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *failure (of test specimen)*—the presence of any crack or split, created by the impact of the falling tup, that can be seen by the naked eye under normal laboratory lighting conditions.

3.2.2 *mean-failure energy (mean-impact resistance)*—the energy required to produce 50 % failures, equal to the product of the constant drop height and the mean-failure mass or the product of the constant mass and mean-failure height.

3.2.3 *mean-failure height (impact-failure height)*—the height at which a standard mass, when dropped on test specimens, will cause 50 % failures.

NOTE 2—Cracks usually start at the surface opposite the one that is struck. Occasionally incipient cracking in glass-reinforced products, for

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.04.

<sup>6</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.

<sup>7</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

<sup>8</sup> Available from American National Standards Institute, 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036.

example, may be difficult to differentiate from the reinforcing fibers. In such cases, a penetrating dye may be used to confirm the onset of crack formation.

3.2.4 *mean-failure mass (impact-failure mass)*—the mass of the dart (tup) that, when dropped on the test specimens from a standard height, will cause 50 % failures.

3.2.5 *tup*—a dart with a hemispherical nose. See 7.2 and Fig. 1.

#### 4. Summary of Test Method

4.1 A free-falling dart (tup) is allowed to strike a supported specimen directly. Either a dart having a fixed mass may be dropped from various heights, or a dart having an adjustable mass may be dropped from a fixed height. (See Fig. 2).

4.2 The procedure determines the energy (mass  $\times$  height) that will cause 50 % of the specimens tested to fail (mean failure energy).

4.3 The technique used to determine mean failure energy is commonly called the Bruceton Staircase Method or the Up-and-Down Method (1).<sup>9</sup> Testing is concentrated near the mean, reducing the number of specimens required to obtain a reasonably precise estimate of the impact resistance.

4.4 Each test method permits the use of different tup and test specimen geometries to obtain different modes of failure, permit easier sampling, or test limited amounts of material. There is no known means for correlating the results of tests made by different impact methods or procedures.

#### 5. Significance and Use

5.1 Plastics are viscoelastic and therefore may be sensitive to changes in velocity of the mass falling on their surfaces. However, the velocity of a free-falling object is a function of the square root of the drop height. A change of a factor of two in the drop height will cause a change of only 1.4 in velocity. Hagan et al (2) found that the mean-failure energy of sheeting was constant at drop heights between 0.30 and 1.4 m. This suggests that a constant mass-variable height method will give the same results as the constant height-variable mass technique. On the other hand, different materials respond differently to changes in the velocity of impact. Equivalence of these methods should not be taken for granted. While both constant-mass and constant-height techniques are permitted by these methods, the constant-height method should be used for those materials that are found to be rate-sensitive in the range of velocities encountered in falling-weight types of impact tests.

5.2 The test geometry FA causes a moderate level of stress concentration and can be used for most plastics.

5.3 Geometry FB causes a greater stress concentration and results in failure of tough or thick specimens that do not fail with Geometry FA (3). This approach may produce a punch shear failure on thick sheet. If that type of failure is undesirable, Geometry FC may be used. Geometry FB is suitable for research and development because of the smaller test area required.

5.3.1 The conical configuration of the 12.7-mm diameter tup used in Geometry FB minimizes problems with tup penetration and sticking in failed specimens of some ductile materials.

5.4 The test conditions of Geometry FC are the same as those of Test Method A of Test Method D 1709. They have been used in specifications for extruded sheeting. A limitation of this geometry is that considerable material is required.

5.5 The test conditions of Geometry FD are the same as for Test Method D 3763.

5.6 The test conditions of Geometry FE are the same as for ISO 6603-1.

5.7 Because of the nature of impact testing, the selection of a test method and tup must be somewhat arbitrary. While any one of the tup geometries may be selected, knowledge of the final or intended end-use application should be considered.

5.8 Clamping of the test specimen will improve the precision of the data. Therefore, clamping is recommended. However, with rigid specimens, valid determinations can be made without clamping. Unclamped specimens tend to exhibit somewhat greater impact resistance.

5.9 Before proceeding with this test method, reference should be made to the specification of the material being tested. Any test specimens preparation, conditioning, dimensions, or testing parameters or combination thereof covered in the relevant ASTM materials specification shall take precedence over those mentioned in this test method. If there are no relevant ASTM material specifications, then the default conditions apply.

#### 6. Interferences

6.1 Falling-mass-impact-test results are dependent on the geometry of both the falling mass and the support. Thus, impact tests should be used only to obtain relative rankings of materials. Impact values cannot be considered absolute unless the geometry of the test equipment and specimen conform to the end-use requirement. Data obtained by different procedures within this test method, or with different geometries, cannot, in general, be compared directly with each other. However, the relative ranking of materials may be expected to be the same between two test methods if the mode of failure and the impact velocities are the same.

6.1.1 Falling-mass-impact types of tests are not suitable for predicting the relative ranking of materials at impact velocities differing greatly from those imposed by these test methods.

6.2 As cracks usually start at the surface opposite the one that is struck, the results can be greatly influenced by the quality of the surface of test specimens. Therefore, the composition of this surface layer, its smoothness or texture, levels of and type of texture, and the degree of orientation introduced during the formation of the specimen (such as may occur during injection molding) are very important variables. Flaws in this surface will also affect results.

6.3 Impact properties of plastic materials can be very sensitive to temperature. This test can be carried out at any reasonable temperature and humidity, thus representing actual use environments. However, this test method is intended primarily for rating materials under specific impact conditions.

<sup>9</sup> The boldface numbers in parentheses refer to a list of references at the end of the text.

**D 5628 – 96 (2001)<sup>e1</sup>**

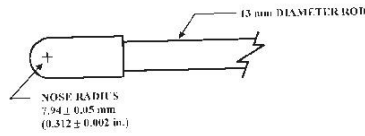


FIG. 1 (a)

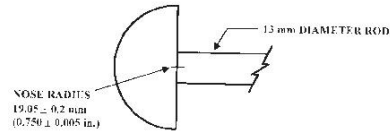
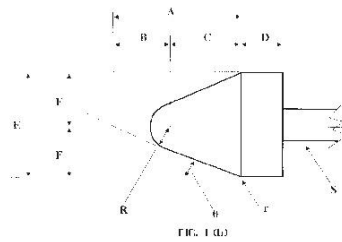


FIG. 1 (c)

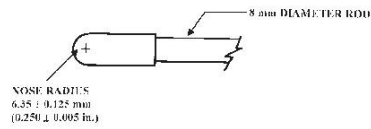


FIG. 1 (d)

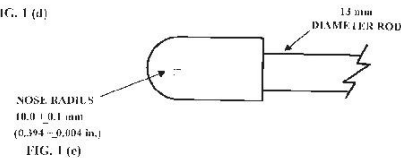


FIG. 1 (e)

Dimensions of Conical Dart (Not to scale.)—Fig. 1(b)

NOTE 1—Unless specified, the tolerance on all dimensions shall be  $\pm 2\%$ .

Position	Dimension, mm	Dimension, in.
A	27.2	1.07
B	15	0.59
C	12.2	0.48
D	6.4	0.25
E	25.4	1
F	12.7	0.5
R	6.35 ± 0.05	0.250 ± 0.002
(nose radius)		
r (radius)	0.8	0.03
S (diameter) <sup>A</sup>	6.4	0.25
$\theta$	25 ± 1°	25 ± 1°

<sup>A</sup> Larger diameter shafts may be used.

FIG. 1 Top Geometries for Geometries FA (1a), FB (1b), FC (1c), FD (1d), and FE (1e)

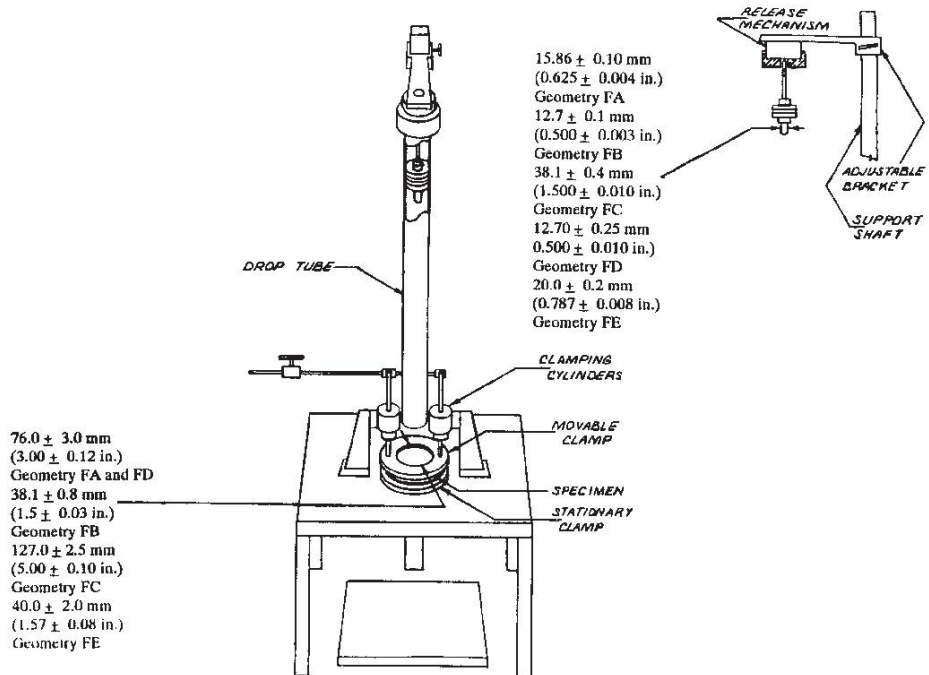


FIG. 2 One Type of Falling Mass Impact Tester

7. Apparatus

7.1 *Testing Machine*—The apparatus shall be constructed essentially as is shown in Fig. 2. The geometry of the specimen clamp and tup shall conform to the dimensions given in 7.1.1 and 7.2.

7.1.1 *Specimen Clamp*—For flat specimens, a two-piece annular specimen clamp similar to that shown in Fig. 3 is recommended. For Geometries FA and FD, the inside diameter should be  $76.0 \pm 3.0$  mm (3.00 ± 0.12 in.). For Geometry FB, the inside diameter should be  $38.1 \pm 0.80$  mm (1.5 ± 0.03 in.).

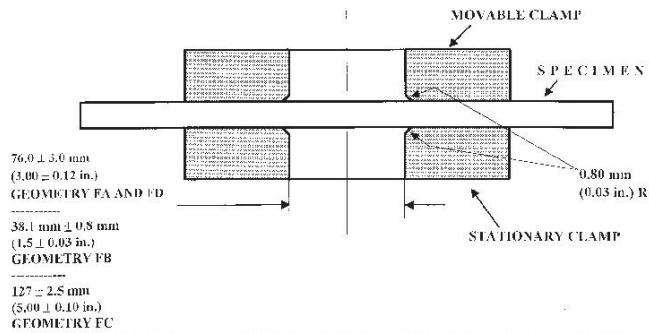


FIG. 3 Support Plate/Specimen/Clamp Configuration for Geometries FA, FB, FC, and FD

For Geometry FC, the inside diameter should be  $127.0 \pm 2.5$  mm ( $5.00 \pm 0.10$  in.). For Geometry FE an annular specimen clamp similar to that shown in Fig. 4 is required. The inside diameter should be  $40 \pm 2$  mm ( $1.57 \pm 0.08$  in.) (see Table 1). For Geometries FA, FB, FC, and FD, the inside edge of the upper or supporting surface of the lower clamp should be rounded slightly; a radius of 0.8 mm (0.03 in.) has been found to be satisfactory. For Geometry FE this radius should be 1 mm (0.04 in.).

7.1.1.1 Contoured specimens shall be firmly held in a jig so that the point of impact will be the same for each specimen.

7.1.2 *Tup Support*, capable of supporting a 13.5-kg (30-lb) mass, with a release mechanism and a centering device to ensure uniform, reproducible drops.

NOTE 3—Reproducible drops may be ensured through the use of a tube or cage within which the tup falls. In this event, care should be exercised so that any friction that develops will not reduce the velocity of the tup appreciably.

7.1.3 *Positioning Device*—Means shall be provided for positioning the tup so that the distance from the impinging surface of the tup head to the test specimen is as specified.

7.2 *Tup:*

7.2.1 The tup used in Geometry FA shall have a  $15.86 \pm 0.10$ -mm ( $0.625 \pm 0.004$ -in.) diameter hemispherical head of tool steel hardened to 54 HRC or harder. A steel shaft about 13 mm (0.5 in.) in diameter shall be attached to the center of the flat surface of the head with its longitudinal axis at  $90^\circ$  to that surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass required (see Fig. 1(a) and Table 1).

7.2.2 The tup used in Geometry FB shall be made of tool steel hardened to 54 HRC or harder. The head shall have a diameter of  $12.7 \pm 0.1$  mm ( $0.500 \pm 0.003$  in.) with a conical ( $50^\circ$  included angle) configuration such that the conical surface is tangent to the hemispherical nose. A 6.4-mm (0.25-in.) diameter shaft is satisfactory (see Fig. 1(b) and Table 1).

7.2.3 The tup used for Geometry FC shall be made of tool steel hardened to 54 HRC or harder. The hemispherical head shall have a diameter of  $38.1 \pm 0.4$  mm ( $1.5 \pm 0.015$  in.). A

**TABLE 1 Tup and Support Ring Dimensions**

Geometry	Dimensions, mm (in.)	
	Tup Diameter	Inside Diameter Support Ring
FA	$15.86 \pm 0.10$ ( $0.625 \pm 0.004$ )	$76.0 \pm 3.0$ ( $3.00 \pm 0.12$ )
FB	$12.7 \pm 0.1$ ( $0.500 \pm 0.003$ )	$38.1 \pm 0.8$ ( $1.5 \pm 0.03$ )
FC	$38.1 \pm 0.4$ ( $1.5 \pm 0.010$ )	$127.0 \pm 2.5$ ( $5.00 \pm 0.10$ )
FD	$12.70 \pm 0.25$ ( $0.500 \pm 0.010$ )	$76.0 \pm 3.0$ ( $3.00 \pm 0.12$ )
FE	$20.0 \pm 0.2$ ( $0.787 \pm 0.008$ )	$40.0 \pm 2.0$ ( $1.57 \pm 0.08$ )

steel shaft about 13 mm (0.5 in.) in diameter shall be attached to the center of the flat surface of the head with its longitudinal axis at  $90^\circ$  to that surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass (see Fig. 1(c) and Table 1).

7.2.4 The tup used in Geometry FD shall have a  $12.70 \pm 0.25$ -mm ( $0.500 \pm 0.010$ -in.) diameter hemispherical head of tool steel hardened to 54 HRC or harder. A steel shaft about 8 mm (0.31 in.) in diameter shall be attached to the center of the flat surface of the head with its longitudinal axis at  $90^\circ$  to the surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass required (see Fig. 1(d) and Table 1).

7.2.5 The tup used in Geometry FE shall have a  $20.0 \pm 0.2$ -mm ( $0.787 \pm 0.008$ -in.) diameter hemispherical head of tool steel hardened to 54 HRC or harder. A steel shaft about 13 mm (0.5 in.) in diameter shall be attached to the center of the flat surface of the head with its longitudinal axis at  $90^\circ$  to the surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass required (see Fig. 1(e) and Table 1).

7.2.6 The tup head shall be free of nicks, scratches, or other surface irregularities.

7.3 *Masses*—Cylindrical steel masses are required that have a center hole into which the tup shaft will fit. A variety of masses are needed if different materials or thicknesses are to be

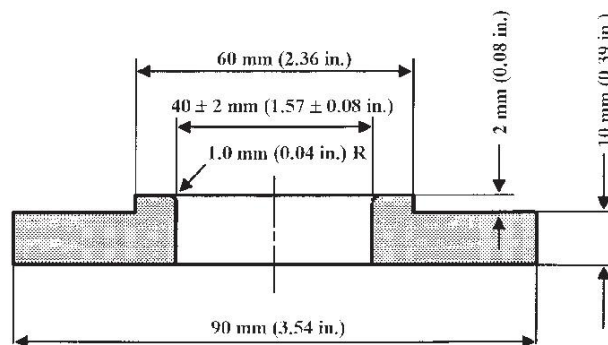


FIG. 4 Test-Specimen Support for Geometry FE

tested. For a material of low impact resistance, the tup mass may need to be adjusted by increments of 10 g or less. Materials of high impact resistance may require increments of 1 kg or more.

7.4 *Micrometer*, for measurement of specimen thickness. It should be accurate to within 1 % of the average thickness of the specimens being tested. See Test Methods D 374 for descriptions of suitable micrometers.

7.5 The mass of the tup head and shaft assembly and the additional mass required must be known to within an accuracy of ± 1 %.

**8. Hazards**

8.1 *Safety Precautions:*

8.1.1 Cushioning and shielding devices shall be provided to protect personnel and to avoid damage to the impinging surface of the tup. A tube or cage can contain the tup if it rebounds after striking a specimen.

8.1.2 When heavy weights are used, it is hazardous for an operator to attempt to catch a rebounding tup. Figure 2 of Test Method D 2444 shows an effective mechanical “rebound catcher” employed in conjunction with a drop tube.

**9. Sampling**

9.1 Unless otherwise agreed upon between the manufacturer and the producer, sample the material in accordance with Sections 9 through 14 of Practice D 1898.

**10. Test Specimens**

10.1 Flat test specimens shall be large enough so that they can be clamped firmly if clamping is desirable. See Table 2 for the minimum size of specimen that can be used for each test geometry.

10.2 The thickness of any specimen in a sample shall not differ by more than 5 % from the average specimen thickness of that sample. However, if variations greater than 5 % are unavoidable in a sample that is obtained from parts, the sample may be tested, but the data shall not be used for referee purposes. For compliance with ISO 6603-1 the test specimen shall be 60 ± 2 mm (2.4 ± 0.08 in.) in diameter or 60 ± 2 mm (2.4 ± 0.08 in.) square with a thickness of 2 ± 0.1 mm (0.08 ± 0.004 in.). Machining specimens to reduce thickness variation is not permissible.

10.3 When the approximate mean failure mass for a given sample is known, 20 specimens will usually yield sufficiently precise results. If the approximate mean failure mass is unknown, six or more additional specimens should be used to

determine the appropriate starting point of the test. For compliance with ISO 6603-1 a minimum of 30 specimens must be tested.

10.4 Carefully examine the specimen visually to ensure that samples are free of cracks or other obvious imperfections or damages, unless these imperfections constitute variables under study. Samples known to be defective should not be tested for specification purposes. Production parts, however, should be tested in the as-received condition to determine conformance to specified standards.

10.5 Select a suitable method for making the specimen that will not affect the impact resistance of the material.

10.6 Specimens may have flat smooth surfaces on both sides, be textured on one side and smooth on the other side, or be textured on both surfaces. Both surfaces may have the same texture or two different levels and types of texture. When testing, special attention must be paid to how the specimen is positioned on the support.

NOTE 4—As few as ten specimens often yield sufficiently reliable estimates of the mean-failure mass. However, in such cases the estimated standard deviation will be relatively large (1).

**11. Conditioning**

11.1 Unless otherwise specified, condition the test specimens at 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) and 50 ± 5 % relative humidity for not less than 40 h prior to test, in accordance with Procedure A of Test Methods D 618, for those tests where conditioning is required. In cases of disagreement, the tolerances shall be ± 1°C (± 1.8°F) and ± 2 % relative humidity. For compliance with ISO requirements, the specimens must be conditioned for a minimum of 16 h prior to testing or post conditioning in accordance with ISO 291, unless the period of conditioning is stated in the relevant ISO specification for the material.

11.1.1 Note that for some hygroscopic materials, such as nylons, the material specifications (for example, Specification D 4066) call for testing “dry as-molded specimens”. Such requirements take precedence over the above routine preconditioning to 50 % RH and require sealing the specimens in water vapor-impermeable containers as soon as molded and not removing them until ready for testing.

11.2 Conduct tests in the standard laboratory atmosphere of 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) and at 50 ± 5 % relative humidity, unless otherwise specified.

11.3 When testing is desired at temperatures other than 23°C, transfer the materials to the desired test temperature within 30 min, preferably immediately, after completion of the preconditioning. Hold the specimens at the test temperature for no more than 5 h prior to test, and, in no case, for less than the time required to ensure thermal equilibrium in accordance with Section 10 of Test Method D 618.

**12. Procedure**

12.1 Determine the number of specimens for each sample to be tested, as specified in 10.3.

12.2 Mark the specimens and condition as specified in 11.1.

12.3 Prepare the test apparatus for the geometry (FA, FB, FC, FD, FE) selected.

**TABLE 2 Minimum Size of Specimen**

Geometry	Specimen Diameter, mm (in.)	Square Specimen, mm (in.)
FA	89 (3.5)	89 by 89 (3.5 by 3.5)
FB	51 (2.0)	51 by 51 (2.0 by 2.0)
FC	140 (5.5)	140 by 140 (5.5 by 5.5)
FD	89 (3.5)	89 by 89 (3.5 by 3.5)
FE	58 (2.3)	58 by 58 (2.3 by 2.3)



12.4 Measure and record the thickness of each specimen in the area of impact.

12.5 Choose a specimen at random from the sample. A random-numbers table may be used if desired.

12.6 Clamp or position the specimen. The same surface or area should be the target each time (see 6.2). When clamping is employed, the force should be sufficient to prevent motion of the clamped portion of the specimen when the tup strikes.

12.7 Unless otherwise specified, initially position the tup 0.660 ± 0.008 m (26.0 ± 0.3 in.) from the surface of the specimen.

12.8 Adjust the total mass of the tup or the height of the tup, or both, to that amount expected to cause half the specimens to fail.

NOTE 5—If failures cannot be produced with the maximum available missile mass, the drop height can be increased. The test temperature could be reduced by (a) use of an ice-water mixture, or (b) by air-conditioned environment to provide one of the temperatures given in 3.3 of Test Methods D 618. Conversely, if the unloaded tup causes failures when dropped 0.660 m, the drop height can be decreased. A moderate change in dart velocity will not usually affect the mean-failure energy appreciably. Refer to 5.1.

12.9 Release the tup. Be sure that it hits the center of the specimen. If the tup bounces, catch it to prevent multiple impact damage to the specimen's surface (see 8.1.2).

12.10 Remove the specimen and examine it to determine whether or not it has failed. Permanent deformation alone is not considered failure, but note the extent of such deformation (depth, area). For some polymers, for example, glass-reinforced polyester, incipient cracking may be difficult to determine with the naked eye. Exposure of the stressed surface to a penetrating dye, such as gentian violet, may be used to determine the onset of cracking. As a result of the wide range of failure types that may be observed with different materials, the definition of failure defined in the material specification shall take precedence over the definition stated in 3.2.1. Other definitions of failure may be used if agreed upon by supplier and user.

12.11 If the first specimen fails, remove one increment of mass from the tup while keeping the drop height constant, or decrease the drop height while keeping the mass constant (see 12.12). If the first specimen does not fail, add one increment of mass to the tup or increase the drop height one increment, as above. Then test the second specimen.

12.12 In this manner, select the impact height or mass for each test from the results observed with the specimen just previously tested. Test each specimen only once.

12.13 For best results, the mass or height increment used should be approximately equivalent to  $s$ , the estimated standard deviation of the test for that sample. An increment of 0.5 to 2 times  $s$  is satisfactory (see section 13.4).

NOTE 6—An increment of 10% of the estimated mean-failure mass or mean-failure height has been found to be acceptable in most instances.

12.14 Keep a running plot of the data, as shown in Appendix X1. Use one symbol, such as  $X$ , to indicate a failure and a different symbol, such as  $O$ , to indicate a non-failure at each mass or height level.

12.15 For any specimen that gives a break behavior that appears to be an outlier, the conditions of that impact shall be examined. The specimen may be discarded only if a unique cause for the anomaly can be found, such as an internal flaw visible in the broken specimen. Note that break behavior may vary widely within a set of specimens. Data from specimens that show atypical behavior shall not be discarded simply on the basis of such behavior.

### 13. Calculation

13.1 *Mean-Failure Mass*—If a constant-height procedure was used, calculate the mean-failure mass from the test data obtained, as follows:

$$w = w_o + d_w(A/N \pm 0.5) \quad (1)$$

13.2 *Mean-Failure Height*—If a constant-mass procedure was used, calculate the mean-failure height from the test data obtained, as follows:

$$h = h_o + d_h(A/N \pm 0.5) \quad (2)$$

where:

- $w$  = mean-failure mass, kg,
- $h$  = mean-failure height, mm,
- $d_w$  = increment of tup weight, kg,
- $d_h$  = increment of tup height, mm,
- $N$  = total number of failures or non-failures, whichever is smaller. For ease of notation, call whichever are used events,
- $w_o$  = smallest mass at which an event occurred, kg
- $h_o$  = lowest height at which an event occurred, mm (or in.),
- $A = \sum_{i=0}^k i n_i$ ,
- $i = 0, 1, 2, \dots, k$  (counting index, starts at  $h_o$  or  $w_o$ ),
- $n_i$  = number of events that occurred at  $h_i$  or  $w_i$ ,
- $w_i = w_o + i d_w$ , and
- $h_i = h_o + i d_h$ .

In calculating  $w$  or  $h$ , the negative sign is used when the events are failures. The positive sign is used when the events are non-failures. Refer to the example in Appendix X1.

13.3 *Mean-Failure Energy*—Compute the mean-failure energy as follows: MFE = hwf

where:

- $MFE$  = mean-failure energy, J,
- $h$  = mean-failure height or constant height as applicable, mm
- $w$  = mean-failure mass or constant mass as applicable, kg, and
- $f$  = factor for conversion to joules.

Use  $f = 9.80665 \times 10^{-3}$  if  $h = \text{mm}$  and  $w = \text{kg}$ .

13.4 *Estimated Standard Deviation of the Sample*—If desired for record purposes, the estimated standard deviation of the sample for either variable mass or variable height can be calculated as follows:

$$s_w = 1.62d_w[B/N - (A/N)^2] + 0.047d_w \quad \text{or} \quad (3)$$

$$s_h = 1.62d_h[B/N - (A/N)^2] + 0.047d_h \quad (4)$$

where:

$s_w$  = estimated standard deviation, mass, kg  
 $s_h$  = estimated standard deviation, height, mm, and

$$B = \sum_{i=0}^k \hat{r}^2 n_i \quad (5)$$

The above calculation is valid for  $[B/N - (A/N)^2] > 0.3$ . If the value is  $< 0.3$ , use Table I from Ref (3).

13.5 *Estimated Standard Deviation of the Sample Mean*—Calculate the estimated standard deviation of the sample mean-failure height or weight as follows:

$$S_{\bar{w}} = G s_w / \sqrt{N} \quad (6)$$

or

$$S_{\bar{h}} = G s_h / \sqrt{N} \quad (7)$$

where:

$s_{\bar{h}}$  = estimated standard deviation of the mean height, mm,  
 $s_{\bar{w}}$  = estimated standard deviation of the mean mass, kg,  
 and

$G$  = factor that is a function of  $s/d$  (see Appendix X2).  
 A sample computation of  $s_w$  may be found in Appendix X1.

NOTE 7—For values of  $G$  at other levels of  $s/d$ , see Fig. 22 in Ref (4).

13.6 *Estimated Standard Deviation of the Mean-Failure Energy*—Calculate the estimated standard deviation of the mean-failure energy as follows:

$$S_{MFE} = s_{\bar{h}} w f \quad (8)$$

or

$$S_{MFE} = S_{\bar{w}} h f, \text{ as applicable} \quad (9)$$

where:

$S_{MFE}$  = estimated standard deviation of the mean-failure energy.

#### 14. Report

14.1 Report the following information:

14.1.1 Complete identification of the sample tested, including type of material, source, manufacturer's code, form, principal dimensions, and previous history,

14.1.2 Method of preparation of specimens,

14.1.3 Whether surface of the specimen is smooth or textured, the level of and type of texture if known, and whether texture is on only one or both surfaces,

14.1.4 If the specimen is textured, report whether textured surface faces upward towards the dart or downward away from the dart,

14.1.5 Means of clamping, if any,

14.1.6 Statement of geometry (FA, FB, FC, FD, FE) and procedure used—constant mass or constant height,

14.1.7 Thickness of specimens tested (average and range).

14.1.8 Number of test specimens employed to determine the mean failure height or mass,

14.1.9 Mean-failure energy,

14.1.10 Types of failure, for example: (a) crack or cracks on one surface only (the plaque could still hold water), (b) cracks that penetrate the entire thickness (water would probably penetrate through the plaque), (c) brittle shatter (the plaque is in several pieces after impact), or (d) ductile failure (the plaque

is penetrated by a blunt tear). Report other observed deformation due to impact, whether the specimens fail or not,

14.1.11 If atypical deformation for any specimen within a sample for that material is observed, note the assignable cause, if known,

14.1.12 Date of test and operator's identification,

14.1.13 Test temperature,

14.1.14 In no case shall results obtained with arbitrary geometries differing from those contained in these test methods be reported as values obtained by this test method (D 5628), and

14.1.15 The test method number and published/revision date.

#### 15. Precision and Bias

15.1 Tables 3 and 4 are based on a round robin<sup>10</sup> conducted in 1972 involving three materials tested by six laboratories. Data from only four laboratories were used in calculating the values in these tables. Each test result was the mean of multiple individual determinations (Bruceton Staircase Procedure). Each laboratory obtained one test result for a material.

NOTE 8—The number of laboratories participating in the 1972 round robin and the number of results collected do not meet the minimum requirements of Practice E 691. Data in Tables 3 and 4 should be used only for guidance, and not as a referee when there is a dispute between users of this test method.

15.1.1 *Polymethylmethacrylate (PMMA)*—Specimens were cut from samples of 3.18-mm (0.125-in.) thickness extruded sheet.

15.1.2 *Styrene-Butadiene (SB)*—Specimens were cut from samples of 2.54-mm (0.100-in.) thickness extruded sheet.

15.1.3 *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)*—Specimens were cut from samples of 2.64-mm (0.104-in.) thickness extruded sheet.

NOTE 9—**Caution:** The following explanations of  $r$  and  $R$  (15.2-15.2.3) are only intended to present a meaningful way of considering the approximate precision of this test method. The data in Tables 3 and 4 should not be rigorously applied to acceptance or rejection of material, as those data are specific to the round robin and may not be representative of other lots, conditions, materials, or laboratories. Users of this test method should apply the principles outlined in Practice E 691 to generate data specific to their laboratory and materials, or between specific laboratories. The principles of 15.2-15.2.3 would then be valid for such data.

15.2 *Concept of  $r$  and  $R$* —If  $V_r$  and  $V_R$  have been calculated from a large enough body of data, and for test results that were

<sup>10</sup> Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR:D 20-1030.

**TABLE 3 Precision, Method FB**

Material	Mean, J	Values Expressed as Percent of the Mean	
		$V_r$	$r$
Polymethyl Methacrylate (PMMA)	0.35	12.6	35.7
Styrene-Butadiene (SB) <sup>A</sup>	9.26	18.7	52.9
Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) <sup>A</sup>	11.8	14.9	42.2

<sup>A</sup> Data generated in three laboratories.  
 $V_r$  = within-laboratory coefficient of variation of the mean.  
 $r = 2.83 V_r$ .

TABLE 4 Precision, Method FC

Material	Mean, $J$	Values Expressed as Percent of the Mean	
		$V_r$	$r$
Polymethyl Methacrylate (PMMA)	1.33	4.13	11.7
Styrene-Butadiene (SB)	48.3	18.3	51.8

$V_r$  = within-laboratory coefficient of variation of the mean.  
 $r = 2.83 V_r$ .

means from testing multiple individual specimens (Bruceton Staircase Procedure), the following applies:

15.2.1 *Repeatability, r*—In comparing two test results for the same material obtained by the same operator using the same equipment on the same day, the two test results should be judged not equivalent if they differ by more than the  $r$  value for that material.

15.2.2 *Reproducibility, R*—In comparing two test results for the same material obtained by different operators using differ-

ent equipment in different laboratories, reproducibility statistics were not calculated because data from only four and three laboratories do not justify making these calculations.

15.2.3 Any judgment in accordance with 15.2.1 would have an approximate 95 % (0.95) probability of being correct.

15.3 *Bias*—There are no recognized standards by which to estimate bias of this test method.

15.4 Efforts to form a task group to address between-laboratory reproducibility of this test method has been unsuccessful. Persons interested in participating in such a task group should contact ASTM Headquarters.

16. Keywords

16.1 dart impact; falling-mass impact; impact; impact resistance; mean-failure energy; mean-failure height; mean-failure mass; rigid plastic; tup


APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. SAMPLE CALCULATIONS

Total Dart Mass, kg	Outcome of Test (X = failure; O = non-failure)																				$n_x$	$n_o$	$i$	$n_i$	$in_1$	$\hat{p}n_1$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
9.00						X															1	0	2	1	2	4
8.00					O	X	X				X	X		X							4	1	1	4	4	4
7.00		X		O			O	X		O		O	X	X		X	X		O	4	5	0	4	0	0	
6.00	O		O							O							O		O	0	5					
Totals																					9	11		9	6	8
																					( $N_x$ )	( $N_o$ )		( $N$ )	( $A$ )	( $B$ )

$w_o = 7.00; N = N_x = 9; d = 1.00$   
 $w = w_o + \sigma(A/N - 0.5)$   
 $= 7.00 + 1.00(6/9 - 0.5)$   
 $= 7.17 \text{ kg}$   
 $s = 1.820 \sigma[(NB - A^2)/9^2 + 0.029]$   
 $= 1.820(1.00)[(9.8 - 6^2)/9^2 + 0.029]$   
 $= 0.77 \text{ kg}$   
 $s/d = 0.77/1.00 = 0.77; G = 1.035 \text{ (from Table X1.1)}$   
 $s_w = Gs/\sqrt{N} = 1.035(0.77)/\sqrt{9} = 0.27 \text{ kg}$

 D 5628 – 96 (2001)<sup>e1</sup>

**TABLE X1.1 Values of G for Obtaining the Estimated Standard Deviation of the Mean**

<i>s/d</i>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.40						1.18	1.175	1.17	1.16	1.155
0.50	1.15	1.145	1.14	1.135	1.13	1.125	1.12	1.11	1.105	1.10
0.60	1.095	1.09	1.085	1.08	1.075	1.07	1.07	1.065	1.06	1.06
0.70	1.055	1.055	1.05	1.05	1.045	1.04	1.04	1.035	1.035	1.03
0.80	1.03	1.025	1.025	1.02	1.02	1.02	1.015	1.015	1.015	1.01
0.90	1.01	1.01	1.005	1.005	1.005	1.00	1.00	1.00	0.995	0.995
1.00	0.995	0.99	0.99	0.99	0.985	0.985	0.985	0.985	0.98	0.98
1.10	0.98	0.98	0.98	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	0.97
1.20	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.965	0.965	0.965	0.965
1.30	0.965	0.965	0.965	0.965	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
1.40	0.96	0.96	0.96	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955
1.50	0.955	0.955	0.955	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1.60	0.95	0.95	0.95	0.95	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945
1.70	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945	0.94	0.94	0.94	0.94
1.80	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.935
1.90	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935
2.00	0.935	0.935	0.935	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93

**REFERENCES**

- (1) Brownlee, K. A., Hodgest, J. L., Jr., and Rosenblatt, Murray, "The Up-and-Down Method with Small Samples," *American Statistical Association Journal*, Vol 48, 1953, pp. 262-277.
- (2) Hagan, R. S., Schmitz, J. V., and Davis, D. A., "Impact Testing of High Impact Thermoplastic Sheet," *Technical Papers, 17th Annual Technical Conference of SPE, SPPPB*, Vol VIII, January 1961.
- (3) "Test Method A—Falling Dart Impact, Proposed Method of Test for Impact Resistance of Fabricated Plastics Parts," *Proposed Test Methods for Plastics Parts Used in Appliances*, the Society of the Plastics Industry, New York, NY, January 1965.
- (4) Weaver, O. R., "Using Attributes to Measure a Continuous Variable in Impact Testing Plastic Bottles," *Materials Research and Standards, MR & S*, Vol 6, No. 6, June 1966, pp. 285-291.
- (5) Natrella, M. G., *Experimental Statistics*, National Bureau of Standards Handbook 91, October 1966, pp. 10-22 and 10-23.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

## ANEXO F: RESULTADOS DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



### RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Sr. Mazón Ortiz Gabriel Eduardo.	
<b>DIRECCIÓN:</b> Santa Rosa: Calle Los Laureles Huachi Grande.	
<b>NÚM. DE CEDULA / RUC:</b> 1804326963	<b>TELÉFONO:</b> 0987274189
<b>E-MAIL:</b> gbrmazon@gmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.
<b>Designación del material:</b> Material compuesto reforzado con fibra de coco.
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D3039-2015.

ENSAYO SOLICITADO				
No.	No. DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	UTA-ETC 01-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
2	UTA-ETC 01-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
3	UTA-ETC 01-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
4	UTA-ETC 01-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
5	UTA-ETC 01-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
6	UTA-ETC 02-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
7	UTA-ETC 02-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
8	UTA-ETC 02-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
9	UTA-ETC 02-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
10	UTA-ETC 02-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
11	UTA-ETC 03-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
12	UTA-ETC 03-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
13	UTA-ETC 03-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
14	UTA-ETC 03-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016



15	UTA-ETC 03-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
16	UTA-ETC 04-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
17	UTA-ETC 04-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
18	UTA-ETC 04-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
19	UTA-ETC 04-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
20	UTA-ETC 04-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
21	UTA-ETC 05-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
22	UTA-ETC 05-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
23	UTA-ETC 05-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
24	UTA-ETC 05-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
25	UTA-ETC 05-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
26	UTA-ETC 06-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
27	UTA-ETC 06-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
28	UTA-ETC 06-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
29	UTA-ETC 06-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
30	UTA-ETC 06-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
31	UTA-ETC 07-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
32	UTA-ETC 07-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
33	UTA-ETC 07-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
34	UTA-ETC 07-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
35	UTA-ETC 07-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
36	UTA-ETC 08-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
37	UTA-ETC 08-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
38	UTA-ETC 08-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016



15	UTA-ETC 03-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
16	UTA-ETC 04-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
17	UTA-ETC 04-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
18	UTA-ETC 04-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
19	UTA-ETC 04-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
20	UTA-ETC 04-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	06/09/2016
21	UTA-ETC 05-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
22	UTA-ETC 05-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
23	UTA-ETC 05-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
24	UTA-ETC 05-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
25	UTA-ETC 05-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
26	UTA-ETC 06-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
27	UTA-ETC 06-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
28	UTA-ETC 06-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
29	UTA-ETC 06-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
30	UTA-ETC 06-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
31	UTA-ETC 07-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
32	UTA-ETC 07-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
33	UTA-ETC 07-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
34	UTA-ETC 07-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
35	UTA-ETC 07-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
36	UTA-ETC 08-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
37	UTA-ETC 08-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
38	UTA-ETC 08-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016



39	UTA-ETC 08-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
40	UTA-ETC 08-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	07/09/2016
41	UTA-ETC 09-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
42	UTA-ETC 09-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
43	UTA-ETC 09-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
44	UTA-ETC 09-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
45	UTA-ETC 09-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
46	UTA-ETC 10-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
47	UTA-ETC 10-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
48	UTA-ETC 10-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
49	UTA-ETC 10-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
50	UTA-ETC 10-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
51	UTA-ETC 11-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
52	UTA-ETC 11-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
53	UTA-ETC 11-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
54	UTA-ETC 11-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
55	UTA-ETC 11-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
56	UTA-ETC 12-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
57	UTA-ETC 12-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
58	UTA-ETC 12-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
59	UTA-ETC 12-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
60	UTA-ETC 12-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	08/09/2016
61	UTA-ETC 13-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
62	UTA-ETC 13-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016





63	UTA-ETC 13-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
64	UTA-ETC 13-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
65	UTA-ETC 13-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
66	UTA-ETC 14-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
67	UTA-ETC 14-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
68	UTA-ETC 14-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
69	UTA-ETC 14-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
70	UTA-ETC 14-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
71	UTA-ETC 15-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
72	UTA-ETC 15-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
73	UTA-ETC 15-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
74	UTA-ETC 15-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
75	UTA-ETC 15-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
76	UTA-ETC 16-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
77	UTA-ETC 16-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
78	UTA-ETC 16-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
79	UTA-ETC 16-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
80	UTA-ETC 16-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	09/09/2016
81	UTA-ETC 17-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
82	UTA-ETC 17-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
83	UTA-ETC 17-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
84	UTA-ETC 17-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
85	UTA-ETC 17-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
86	UTA-ETC 18-G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016



87	UTA-ETC 18-G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
88	UTA-ETC 18-G MAZON-3	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
89	UTA-ETC 18-G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016
90	UTA-ETC 18-G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	17/08/2016	12/09/2016

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo, mas no en las dimensiones. El cliente acepta que se ensaye con estas observaciones.

	
<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza Chacón	Ing. Esteban López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
 120432096-3 Cliente	

**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.

## LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

### ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

**Designación del material:** Material compuesto reforzado con fibra de coco.

**Método de ensayo:** ASTM D3039-2015.

**Empresa / Cliente:** Sr. Mazón Ortiz Gabriel Eduardo.

**Fecha de Inicio de Ensayo:** 24 de Agosto de 2016.

**Fecha de Finalización de Ensayo:** 19 de Septiembre de 2016.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de materiales compuestos. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

#### Número de Probetas cuantificadas

Nº	Identificación de grupo de muestra	Tipo de fibra	Fración volumétrica del Refuerzo	Tipo de Estratificación	Cantidad
1	UTA-ETC 01-G MAZON	Fibra larga	25%	Manual(M)	5
2	UTA-ETC 02-G MAZON	Fibra larga	30%	Manual(M)	5
3	UTA-ETC 03-G MAZON	Fibra larga	35%	Manual(M)	5
4	UTA-ETC 04-G MAZON	Fibra larga	25%	Compresión(C)	5
5	UTA-ETC 05-G MAZON	Fibra larga	30%	Compresión(C)	5
6	UTA-ETC 06-G MAZON	Fibra larga	35%	Compresión(C)	5
7	UTA-ETC 07-G MAZON	Fibra mixta	25%	Manual(M)	5
8	UTA-ETC 08-G MAZON	Fibra mixta	30%	Manual(M)	5
9	UTA-ETC 09-G MAZON	Fibra mixta	35%	Manual(M)	5
10	UTA-ETC 10-G MAZON	Fibra mixta	25%	Compresión(C)	5
11	UTA-ETC 11-G MAZON	Fibra mixta	30%	Compresión(C)	5
12	UTA-ETC 12-G MAZON	Fibra mixta	35%	Compresión(C)	5
13	UTA-ETC 13-G MAZON	Fibra corta	25%	Manual(M)	5
14	UTA-ETC 14-G MAZON	Fibra corta	30%	Manual(M)	5
15	UTA-ETC 15-G MAZON	Fibra corta	35%	Manual(M)	5
16	UTA-ETC 16-G MAZON	Fibra corta	25%	Compresión(C)	5
17	UTA-ETC 17-G MAZON	Fibra corta	30%	Compresión(C)	5
18	UTA-ETC 18-G MAZON	Fibra corta	35%	Compresión(C)	5
				<b>Total</b>	<b>90</b>

**Nota:** El proceso de fabricación para la elaboración de las probetas se lo realizó por los proceso de estratificación Manual (M) y moldeo por compresión (C).

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

**Ambato, 17 de Agosto de 2016.**  
**Nº. Factura. 001-002-000001338**

**Resultados:**

Muestra	Identificación de muestra	Temperatura y humedad	Dimensiones	Carga máxima (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo de Rotura (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
<b>1</b>	UTA-ETC 01-G MAZON-1	21°C , 36%	a=24,74 ,e=1,63	2080,19	4,67	18,16	2339,83	2,86	LAT
<b>2</b>	UTA-ETC 01-G MAZON-2	21°C , 36%	a=24,09 ,e=4,56	1953,80	0,96	17,79	2620,94	2,38	LAT
<b>3</b>	UTA-ETC 01-G MAZON-3	21°C , 36%	a=24,10 ,e=5,86	2157,23	0,94	15,28	1768,88	2,85	LIT
<b>4</b>	UTA-ETC 01-G MAZON-4	21°C , 36%	a=24,48 ,e=5,15	1670,96	0,97	13,09	1815,64	4,00	LIT
<b>5</b>	UTA-ETC 01-G MAZON-5	21°C , 36%	a=24,43 ,e=4,92	2919,11	1,16	24,52	2998,77	2,42	LIT
<b>6</b>	UTA-ETC 02-G MAZON-1	22°C , 35%	a=24,51 ,e=5,07	1485,66	1,18	10,83	2339,46	3,76	LIT
<b>7</b>	UTA-ETC 02-G MAZON-2	22°C , 35%	a=24,33 ,e=5,61	1552,63	0,97	10,81	1996,86	2,91	LAT
<b>8</b>	UTA-ETC 02-G MAZON-3	22°C , 35%	a=24,50 ,e=5,00	1548,94	0,88	12,27	2042,60	3,38	LAT
<b>9</b>	UTA-ETC 02-G MAZON-4	22°C , 35%	a=24,50 ,e=5,00	2812,36	1,18	22,96	1918,07	4,25	AGM
<b>10</b>	UTA-ETC 02-G MAZON-5	22°C , 35%	a=24,50 ,e=5,00	1449,40	1,17	11,72	2380,39	1,94	LIT
<b>11</b>	UTA-ETC 03-G MAZON-1	21°C , 37%	a=24,21 ,e=5,29	2736,15	1,67	21,36	3038,57	2,60	AGM
<b>12</b>	UTA-ETC 03-G MAZON-2	21°C , 37%	a=24,19 ,e=5,52	1779,90	1,55	11,48	1652,10	2,80	AGM
<b>13</b>	UTA-ETC 03-G MAZON-3	21°C , 37%	a=24,05 ,e=4,49	3390,10	3,38	31,39	2223,61	5,62	AGM
<b>14</b>	UTA-ETC 03-G MAZON-4	21°C , 37%	a=24,45 ,e=4,89	1555,65	1,92	11,81	2325,42	3,45	LAT
<b>15</b>	UTA-ETC 03-G MAZON-5	21°C , 37%	a=24,38 ,e=5,83	1518,39	0,94	10,68	2115,23	1,58	LIT
<b>16</b>	UTA-ETC 04-G MAZON-1	16°C , 47%	a=23,61 ,e=3,27	1306,89	1,63	16,93	2340,84	2,07	LAT
<b>17</b>	UTA-ETC 04-G MAZON-2	16°C , 47%	a=23,66 ,e=3,29	1153,14	1,40	14,81	1725,65	2,32	LAT
<b>18</b>	UTA-ETC 04-G MAZON-3	16°C , 47%	a=23,52 ,e=3,13	2731,12	2,87	37,10	3232,50	3,37	LAT



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Muestra	Identificación de muestra	Temperatura y humedad	Dimensiones	Carga máxima (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo de Rotura (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
19	UTA-ETC 04-G MAZON-2	16°C, 47%	a=24,23 ;e=3,12	894,15	1,56	6,27	2187,00	2,10	LIT
20	UTA-ETC 04-G MAZON-3	16°C, 47%	a=23,25 ;e=3,21	1215,08	1,45	16,28	2202,43	2,08	AGM
21	UTA-ETC 05-G MAZON-1	19°C, 52%	a=24,64 ;e=3,17	2072,13	1,26	26,53	4287,38	3,06	AGM
22	UTA-ETC 05-G MAZON-2	19°C, 52%	a=23,73 ;e=3,19	1326,03	1,12	17,52	5394,97	2,16	LIT
23	UTA-ETC 05-G MAZON-3	19°C, 52%	a=24,42 ;e=3,09	869,98	1,37	8,92	5526,51	1,79	LIT
24	UTA-ETC 05-G MAZON-4	19°C, 52%	a=23,83 ;e=3,13	1393,00	0,59	18,68	5075,02	2,23	AGM
25	UTA-ETC 05-G MAZON-5	19°C, 52%	a=23,61 ;e=3,35	1184,70	0,99	14,79	4369,98	1,86	AGM
26	UTA-ETC 06-G MAZON-1	16°C, 55%	a=23,43 ;e=3,21	1551,45	1,36	20,63	3783,39	2,91	LAT
27	UTA-ETC 06-G MAZON-2	16°C, 55%	a=24,04 ;e=3,15	1264,76	0,85	16,30	3741,14	2,14	LAT
28	UTA-ETC 06-G MAZON-3	16°C, 55%	a=22,95 ;e=3,39	1135,01	1,57	14,59	5180,83	2,25	LIT
29	UTA-ETC 06-G MAZON-4	16°C, 55%	a=24,04 ;e=3,24	951,05	0,93	12,21	3901,91	1,84	LAT
30	UTA-ETC 06-G MAZON-5	16°C, 55%	a=24,10 ;e=3,48	1490,52	1,13	17,67	3886,45	2,52	AGM
31	UTA-ETC 07-G MAZON-1	20°C, 53%	a=24,58 ;e=4,12	387,40	1,00	14,32	6270,93	1,03	AGM
32	UTA-ETC 07-G MAZON-2	20°C, 53%	a=24,26 ;e=3,29	481,73	0,93	16,42	3442,90	1,48	LAT
33	UTA-ETC 07-G MAZON-3	20°C, 53%	a=24,16 ;e=3,26	1875,58	1,38	23,81	3898,55	3,10	LAT
34	UTA-ETC 07-G MAZON-4	20°C, 53%	a=25,00 ;e=3,45	985,63	1,02	11,35	4035,86	1,73	LAT
35	UTA-ETC 07-G MAZON-5	20°C, 53%	a=24,70 ;e=3,95	959,94	0,84	17,53	3283,53	1,85	LAT
36	UTA-ETC 08-G MAZON-1	22°C, 47%	a=24,16 ;e=4,66	2160,09	1,01	19,19	3299,54	3,46	LAT
37	UTA-ETC 08-G MAZON-2	22°C, 47%	a=24,15 ;e=3,40	1203,16	0,48	14,32	4031,75	2,43	AGM
38	UTA-ETC 08-G MAZON-3	22°C, 47%	a=24,88 ;e=3,32	1316,13	1,21	15,93	4769,86	2,30	LAT
39	UTA-ETC 08-G MAZON-4	22°C, 47%	a=24,17 ;e=3,58	1831,77	1,06	21,17	4507,38	2,72	LIT
40	UTA-ETC 08-G MAZON-5	22°C, 47%	a=24,33 ;e=3,99	2070,79	1,07	21,33	3228,78	3,23	LIT

Muestra	Identificación de muestra	Temperatura y humedad	Dimensiones	Carga máxima (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo de Rotura (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
41	UTA-ETC 09-G MAZON-1	19°C, 64%	a=25,75 ;e=3,90	2526,00	0,78	25,60	1959,54	3,10	LAT
42	UTA-ETC 09-G MAZON-2	19°C, 64%	a=24,72 ;e=3,99	2268,85	1,16	23,00	567,68	3,25	AGM
43	UTA-ETC 09-G MAZON-3	19°C, 64%	a=24,61 ;e=3,93	1785,10	1,08	16,42	986,86	3,06	LIT
44	UTA-ETC 09-G MAZON-4	19°C, 64%	a=24,43 ;e=4,45	1806,59	1,13	16,62	1622,36	2,70	LIT
45	UTA-ETC 09-G MAZON-5	19°C, 64%	a=24,34 ;e=4,13	1512,51	0,86	15,05	1724,01	2,59	LIT
46	UTA-ETC 10-G MAZON-1	19°C, 64%	a=24,25 ;e=4,31	127,57	0,24	12,74	163,00	0,51	AGM
47	UTA-ETC 10-G MAZON-2	19°C, 64%	a=22,93 ;e=3,20	1201,48	0,85	16,36	1710,79	3,70	AGM
48	UTA-ETC 10-G MAZON-3	19°C, 64%	a=23,83 ;e=3,12	1462,32	1,26	19,67	2244,81	2,32	LIT
49	UTA-ETC 10-G MAZON-4	19°C, 64%	a=23,42 ;e=3,33	427,02	0,75	3,62	181,84	1,62	LIT
50	UTA-ETC 10-G MAZON-5	19°C, 64%	a=23,76 ;e=3,01	1194,77	1,00	16,71	2000,89	2,26	LIT
51	UTA-ETC 11-G MAZON-1	19°C, 64%	a=23,94 ;e=3,12	1185,20	0,90	15,87	2183,16	1,99	LAT
52	UTA-ETC 11-G MAZON-2	19°C, 64%	a=23,56 ;e=3,18	1397,53	1,43	18,65	1829,82	2,79	LAT
53	UTA-ETC 11-G MAZON-3	19°C, 64%	a=23,31 ;e=3,18	1387,13	1,58	18,71	2245,21	2,48	AGM
54	UTA-ETC 11-G MAZON-4	19°C, 64%	a=24,19 ;e=3,18	1365,14	1,46	17,74	1786,99	2,61	LIT
55	UTA-ETC 11-G MAZON-5	19°C, 64%	a=23,82 ;e=3,88	1320,83	1,10	14,30	1659,50	2,18	AGM
56	UTA-ETC 12-G MAZON-1	16°C, 76%	a=23,66 ;e=3,12	1656,19	1,16	22,44	2120,17	2,90	LIT
57	UTA-ETC 12-G MAZON-2	16°C, 76%	a=24,08 ;e=3,15	906,06	0,96	11,95	2108,55	1,72	LIT
58	UTA-ETC 12-G MAZON-3	16°C, 76%	a=24,37 ;e=3,23	1707,39	1,02	21,69	1980,30	2,89	LIT
59	UTA-ETC 12-G MAZON-4	16°C, 76%	a=23,90 ;e=3,09	885,42	1,02	11,99	1984,41	1,72	AGM
60	UTA-ETC 12-G MAZON-5	16°C, 76%	a=23,93 ;e=3,13	NR	NR	NR	NA	NA	LIT



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carracero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Muestra	Identificación de muestra	Temperatura y humedad	Dimensiones	Carga máxima (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo de Rotura (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
61	UTA-ETC 13-G MAZON-1	16°C , 76%	a=24,20 ;e=3,94	1583,35	1,74	16,61	1849,12	2,47	LAT
62	UTA-ETC 13-G MAZON-2	16°C , 76%	a=24,22 ;e=4,68	3016,30	0,95	26,62	1461,91	4,00	LAT
63	UTA-ETC 13-G MAZON-3	16°C , 76%	a=24,70 ;e=4,85	2236,96	0,82	18,67	1649,92	3,39	AGM
64	UTA-ETC 13-G MAZON-4	16°C , 76%	a=24,51 ;e=4,99	2610,60	1,15	21,35	1521,55	3,84	AGM
65	UTA-ETC 13-G MAZON-5	16°C , 76%	a=24,62 ;e=4,67	1875,91	1,18	16,32	1159,69	3,20	AGM
66	UTA-ETC 14-G MAZON-1	17°C , 73%	a=23,90 ;e=4,43	2811,35	1,14	26,55	2798,69	4,77	LIT
67	UTA-ETC 14-G MAZON-2	17°C , 73%	a=24,45 ;e=4,72	2244,51	1,02	19,33	2900,71	3,15	LAT
68	UTA-ETC 14-G MAZON-3	17°C , 73%	a=24,38 ;e=4,52	2153,71	1,35	19,54	3386,22	3,34	LAT
69	UTA-ETC 14-G MAZON-4	17°C , 73%	a=24,18 ;e=4,74	2687,31	1,09	23,45	3240,53	4,20	AGM
70	UTA-ETC 14-G MAZON-5	17°C , 73%	a=24,32 ;e=4,90	2431,67	0,92	20,41	3264,14	3,69	AGM
71	UTA-ETC 15-G MAZON-1	18°C , 68%	a=24,38 ;e=4,99	1978,47	1,02	16,26	2862,18	3,49	LAT
72	UTA-ETC 15-G MAZON-2	18°C , 68%	a=24,37 ;e=5,75	2170,99	0,89	15,49	2766,06	3,60	LAT
73	UTA-ETC 15-G MAZON-3	18°C , 68%	a=24,49 ;e=5,66	1339,12	0,83	9,60	2891,23	2,81	AGM
74	UTA-ETC 15-G MAZON-4	18°C , 68%	a=24,50 ;e=4,87	2526,67	0,95	21,18	3174,07	4,37	LAT
75	UTA-ETC 15-G MAZON-5	18°C , 68%	a=24,33 ;e=5,71	2348,58	0,87	16,89	2576,20	3,63	LIT
76	UTA-ETC 16-G MAZON-1	18°C , 65%	a=23,16 ;e=3,22	853,86	0,84	15,45	2623,77	2,03	AGM
77	UTA-ETC 16-G MAZON-2	18°C , 65%	a=21,72 ;e=3,08	837,08	1,28	12,51	4377,20	1,80	LIT
78	UTA-ETC 16-G MAZON-3	18°C , 65%	a=24,34 ;e=3,29	1931,14	1,20	24,12	4519,36	2,92	AGM
79	UTA-ETC 16-G MAZON-4	18°C , 65%	a=24,26 ;e=3,14	935,61	1,24	22,28	3523,18	2,07	AGM
80	UTA-ETC 16-G MAZON-5	18°C , 65%	a=23,79 ;e=3,17	NR	NR	NR	NA	NA	LAT

Muestra	Identificación de muestra	Temperatura y humedad	Dimensiones	Carga máxima (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo de Rotura (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
81	UTA-ETC 17-G MAZON-1	18°C, 64%	a=23,85 ; e=3,11	1365,14	1,10	18,40	4099,36	2,56	AGM
82	UTA-ETC 17-G MAZON-2	18°C, 64%	a=23,98 ; e=3,46	804,35	1,04	9,69	3863,88	1,80	LAT
83	UTA-ETC 17-G MAZON-3	18°C, 64%	a=24,01 ; e=3,33	1332,07	1,37	16,66	3894,07	2,48	AGM
84	UTA-ETC 17-G MAZON-4	18°C, 64%	a=24,20 ; e=3,20	2272,04	0,64	29,34	4639,51	3,20	LAT
85	UTA-ETC 17-G MAZON-5	18°C, 64%	a=24,38 ; e=3,15	978,74	1,07	12,74	3062,85	2,07	AGM
86	UTA-ETC 18-G MAZON-1	14°C, 74%	a=24,08 ; e=3,20	1565,39	1,01	20,31	3605,33	2,90	LAT
87	UTA-ETC 18-G MAZON-2	14°C, 74%	a=23,92 ; e=3,24	1874,07	1,23	24,18	3701,22	3,47	LAT
88	UTA-ETC 18-G MAZON-3	14°C, 74%	a=23,98 ; e=3,21	1349,53	1,43	17,53	6674,26	2,23	LAT
89	UTA-ETC 18-G MAZON-4	14°C, 74%	a=23,71 ; e=3,18	1119,91	0,83	14,85	4271,93	2,31	AGM
90	UTA-ETC 18-G MAZON-5	14°C, 74%	a=23,77 ; e=3,15	905,22	1,34	12,09	3692,68	2,13	AGM

**Nomenclatura:**

**De tipo de falla evaluado:** El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D3039-2015.

Primer caracter	Segundo caracter	Tercer caracter
L	A	T
L	I	T
A	G	M

**Otra nomenclatura:**

NR: La máquina no registra valores.

NA: No aplica.

**Reemplaza:** Este informe sustituye y deja sin validez a los resultados presentados en el informe de materiales compuestos N° UTA- ETC- G MAZON de fecha 17 de Agosto de 2016, correspondiente a la factura N° 001-002-000001338. De acuerdo al documento DOC-RM-001.





Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carroceros



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

### HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

#### **DATOS DEL CLIENTE**

<b>Empresa / Cliente:</b> Sr. Mazón Ortiz Gabriel Eduardo.
<b>DIRECCIÓN:</b> Calle Los Laureles Huachi Grande.
<b>NÚM. DE CEDULA / RUC:</b> 1804326963
<b>E-MAIL:</b> gbrmazon@gmail.com
<b>TELÉFONO:</b> 0987274189

#### **DATOS INFORMATIVOS**

<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.
<b>Designación del material:</b> Material compuesto reforzado con fibra de coco.
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D3039-2015.

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	UTA-ETC 01-G MAZON-1	17/08/2016		Ing. F. Galarza	Se almacena	
2	UTA-ETC 01-G MAZON-2	17/08/2016		Ing. F. Galarza	Se almacena	
3	UTA-ETC 01-G MAZON-3	17/08/2016	26/09/2016	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
4	UTA-ETC 01-G MAZON-4	17/08/2016	26/09/2016	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
5	UTA-ETC 01-G MAZON-5	17/08/2016	26/09/2016	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	

Código: RG-RM-004  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 07-07-2016  
Revisión: 2

INFORME DE ENSAYO DE  
TRACCIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocerero



## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

DATOS DEL CLIENTE	
<b>Empresa / Cliente:</b> Sr. Mazón Ortiz Gabriel Eduardo.	
<b>DIRECCIÓN:</b> Calle Los Laureles Huachi Grande.	
<b>NÚM. DE CEDULA / RUC:</b> 1804326963	<b>TELÉFONO:</b> 0987274189
<b>E-MAIL:</b> gbrmazon@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS	
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales	
<b>Designación del material:</b> Material compuesto reforzado con fibra de coco.	
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D7264-2015.	

ENSAYO SOLICITADO				
Nº	No. DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	UTA-EFC 01- G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
2	UTA-EFC 01- G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
3	UTA-EFC 01- G MAZON -3	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
4	UTA-EFC 01- G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
5	UTA-EFC 01- G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
6	UTA-EFC 02- G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
7	UTA-EFC 02- G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
8	UTA-EFC 02- G MAZON -3	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
9	UTA-EFC 02- G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
10	UTA-EFC 02- G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
11	UTA-EFC 03- G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
12	UTA-EFC 03- G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
13	UTA-EFC 03- G MAZON -3	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
14	UTA-EFC 03- G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
15	UTA-EFC 03- G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016

Código: RG-RM-003  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 07-07-2016  
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE  
FLEXIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS

Página 1 de 3



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



16	UTA-EFC 04- G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
17	UTA-EFC 04- G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
18	UTA-EFC 04- G MAZON -3	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
19	UTA-EFC 04- G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
20	UTA-EFC 04- G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
21	UTA-EFC 05- G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
22	UTA-EFC 05- G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
23	UTA-EFC 05- G MAZON -3	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
24	UTA-EFC 05- G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
25	UTA-EFC 05- G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
26	UTA-EFC 06- G MAZON-1	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
27	UTA-EFC 06- G MAZON-2	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
28	UTA-EFC 06- G MAZON -3	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
29	UTA-EFC 06- G MAZON-4	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016
30	UTA-EFC 06- G MAZON-5	No cumple criterios dimensionales.	03/10/2016	03/10/2016



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el numero mínimo de muestras para el ensayo, mas no en las dimensiones. El cliente acepta que se ensaye con estas observaciones.

<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
 <b>Cliente</b>	

**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.

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

**ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**

**Designación del material:** Material compuesto reforzado con fibra de coco.

**Método de ensayo:** ASTM D7264-2015.

**Empresa / Cliente:** Sr. Mazón Ortiz Gabriel Eduardo.

**Fecha de Inicio de Ensayo:** 03 de Octubre de 2016.


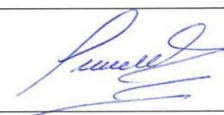
**Fecha de Finalización de Ensayo:** 03 de Octubre de 2016.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de materiales compuestos. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**Número de Probetas cuantificadas**

Nº	Identificación de grupo de muestra	Tipo de fibra	Fracción volumétrica del Refuerzo	Tipo de Estratificación	Cantidad
1	UTA-EFC 01-G MAZON	Fibra larga	35%	Manual(M)	5
2	UTA-EFC 02-G MAZON	Fibra mixta	35%	Manual(M)	5
3	UTA-EFC 3-G MAZON	Fibra corta	25%	Manual(M)	5
4	UTA-EFC 3-G MAZON	Fibra corta	30%	Manual(M)	5
5	UTA-EFC 5-G MAZON	Fibra corta	35%	Manual(M)	5
6	UTA-EFC 6-G MAZON	Fibra corta	35%	Compresión(C)	5
				<b>Total</b>	<b>30</b>

**Nota:** El proceso de fabricación para la elaboración de las probetas se lo realizó por el proceso de estratificación Manual (M) y moldeo por compresión (C).

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

Ambato, 30 de Septiembre de 2016.



Nº. Factura. 001-002-000001625

Resultados

Muestra	Identificación de muestra	Temperatura y humedad	Dimensiones	Carga máxima (N)	Esfuerzo de Rotura (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla evaluado
1	UTA-EFC 01- G MAZON-1	18°C , 63%	a=13,73 ; e=7,72	138,31	1,30	2119,71	5,582	OAV
2	UTA-EFC 01- G MAZON-2	18°C , 63%	a=13,25 ; e=9,07	159,29	1,33	1997,47	3,834	OBV
3	UTA-EFC 01- G MAZON -3	18°C , 63%	a=12,83 ; e=7,49	87,11	0,91	2388,18	3,315	OAB
4	UTA-EFC 01- G MAZON-4	18°C , 63%	a=13,68 ; e=7,95	150,90	1,38	2365,86	6,276	OBV
5	UTA-EFC 01- G MAZON-5	18°C , 63%	a=13,24 ; e=7,06	113,64	1,22	2329,91	5,658	OAB
6	UTA-EFC 02- G MAZON-1	21°C , 58%	a=13,41 ; e=6,59	85,27	0,96	2809,29	4,206	OAB
7	UTA-EFC 02- G MAZON-2	21°C , 58%	a=12,83 ; e=7,48	100,54	1,05	2097,11	4,351	OBV
8	UTA-EFC 02- G MAZON -3	21°C , 58%	a=13,90 ; e=6,77	103,40	1,10	2594,07	4,455	OAB
9	UTA-EFC 02- G MAZON-4	21°C , 58%	a=13,66 ; e=6,71	101,55	1,11	1995,88	4,869	OAB
10	UTA-EFC 02- G MAZON-5	21°C , 58%	a=13,48 ; e=7,70	108,26	1,04	2047,03	4,418	OAB
11	UTA-EFC 03- G MAZON-1	21°C , 59%	a=13,04 ; e=6,44	130,42	1,55	2904,36	7,154	OAB
12	UTA-EFC 03- G MAZON-2	21°C , 59%	a=13,38 ; e=5,89	94,50	1,20	3350,26	5,413	OAB
13	UTA-EFC 03- G MAZON -3	21°C , 59%	a=13,37 ; e=5,76	84,77	1,10	3209,08	5,446	OBV
14	UTA-EFC 03- G MAZON-4	21°C , 59%	a=13,51 ; e=5,99	101,21	1,25	3005,01	6,258	OAB
15	UTA-EFC 03- G MAZON-5	21°C , 59%	a=13,21 ; e=5,88	102,89	1,32	3010,00	6,873	OAB
16	UTA-EFC 04- G MAZON-1	20°C , 61%	a=13,30 ; e=5,93	69,83	0,89	3220,86	3,675	OAB
17	UTA-EFC 04- G MAZON-2	20°C , 61%	a=13,45 ; e=6,05	99,54	1,22	3224,23	5,498	OAB
18	UTA-EFC 04- G MAZON -3	20°C , 61%	a=13,08 ; e=6,18	111,79	1,38	3015,42	6,576	OBV
19	UTA-EFC 04- G MAZON-4	20°C , 61%	a=12,68 ; e=5,98	98,86	1,30	3283,29	6,152	OBV
20	UTA-EFC 04- G MAZON-5	20°C , 61%	a=13,21 ; e=6,02	144,35	1,82	3248,40	8,688	OAV

Muestra	Identificación de muestra	Temperatura y humedad	Dimensiones	Carga máxima (N)	Esfuerzo de Rotura (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla evaluado
21	UTA-EFC 05- G MAZON-1	20°C , 58%	a=13,29 ; e=6,44	84,77	0,99	3000,29	3,981	OAB
22	UTA-EFC 05- G MAZON-2	20°C , 58%	a=13,51 ; e=6,03	50,19	0,62	3032,76	2,492	OAB
23	UTA-EFC 05- G MAZON -3	20°C , 58%	a=13,09 ; e=6,10	103,23	1,29	3326,87	5,267	OBB
24	UTA-EFC 05- G MAZON-4	20°C , 58%	a=13,45 ; e=5,45	80,23	1,09	3524,17	5,676	OBB
25	UTA-EFC 05- G MAZON-5	20°C , 58%	a=13,48 ; e=6,01	81,91	1,01	3394,18	4,253	OBB
26	UTA-EFC 06- G MAZON-1	20°C , 61%	a=13,29 ; e=5,95	92,32	1,17	3375,72	5,332	OAB
27	UTA-EFC 06- G MAZON-2	20°C , 61%	a=12,68 ; e=5,85	65,13	0,87	3318,59	4,017	OAB
28	UTA-EFC 06- G MAZON -3	20°C , 61%	a=13,12 ; e=5,79	90,14	1,18	3238,65	5,779	OAB
29	UTA-EFC 06- G MAZON-4	20°C , 61%	a=13,50 ; e=5,92	90,47	1,13	3389,95	5,060	OBB
30	UTA-EFC 06- G MAZON-5	20°C , 61%	a=13,50 ; e=6,03	92,99	1,14	3267,40	5,379	OAB






Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Las dos primeras muestras de cada grupo por acuerdo con el cliente se almacenan en el CFPMC. El centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las otras, 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	