



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA MECÁNICA**

Tema:

APLICABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ
POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRAS DE PLANTA DE MORA (RUBUS
GLAUCUS) EN PARTES INTERIORES DE CARROCERÍAS DE LA
INDUSTRIA CARROCERA DE TUNGURAHUA.

AUTOR: Balladares Pazmiño Morayma de los Ángeles

DIRECTOR: Ing. Mg. Segundo Manuel Espín Lagos

AMBATO - ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “APLICABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRAS DE PLANTA DE MORA (RUBUS GLAUCUS) EN PARTES INTERIORES DE CARROCERÍAS DE LA INDUSTRIA CARROCERA DE TUNGURAHUA”, elaborado por la señorita Morayma De Los Ángeles Balladares Pazmiño, portadora de la cédula de ciudadanía: 180442319-0, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....

Ing. Mg. Segundo Manuel Espín Lagos.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Morayma De Los Ángeles Balladares Pazmiño, con C.I: 180442319-0, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, declaro que las actividades y tareas realizadas para la obtención de resultados en el presente trabajo experimental con el tema “APLICABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRAS DE PLANTA DE MORA (RUBUS GLAUCUS) EN PARTES INTERIORES DE CARROCERÍAS DE LA INDUSTRIA CARROCERA DE TUNGURAHUA”, es de mi completa autoría a excepción de las fuentes bibliográficas que se encuentran citadas en el mismo.

Ambato, Julio de 2017

.....
Morayma De Los Ángeles Balladares Pazmiño

CI: 180442319-0

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

.....
Morayma De Los Ángeles Balladares Pazmiño

CI: 180442319-0

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe del trabajo experimental, bajo el tema: “APLICABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRAS DE PLANTA DE MORA (RUBUS GLAUCUS) EN PARTES INTERIORES DE CARROCERÍAS DE LA INDUSTRIA CARROCERA DE TUNGURAHUA”, de la egresada Morayma De Los Ángeles Balladares Pazmiño de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, Septiembre 2017

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Juan Paredes

.....
Ing. Mg. Henry Vaca

DEDICATORIA

“Por eso, aunque pasamos por muchas dificultades, no nos desanimamos. Tenemos preocupaciones, pero no perdemos la calma. La gente y los problemas nos persiguen, pero Dios no nos abandona. Las contrariedades nos hacen caer, pero no nos destruyen”.

2 Corintios 4: 8-9.

A Rosario Freire mi segunda madre, quien con amor siempre confió en mí y me impulsó a culminar con esta meta.

A mis padres, Ángel y María, por brindarme lo mejor de ellos y estar a mi lado incondicionalmente, por enseñarme que en la vida los objetivos se consiguen con sacrificio y ahínco. Quienes con sus palabras y consejos me alentaban a nunca rendirme y seguir a pesar de cualquier circunstancia.

A mis hermanos, Gabriel y Alisson, quienes son el motivo que me inspira a ser mejor, para quienes quiero ser un buen ejemplo y el espejo en el cual se reflejen, para ellos con todo mi amor, por acompañarme día con día y darme lecciones de vida que me hicieron crecer como ser humano.

A Giovanni, por estar conmigo a lo largo de este camino, alentando a superarme cada vez más.

A todas las personas que en el transcurso de mi vida dejaron una lección que me hizo más fuerte pero al mismo tiempo más humilde para enfrentar cada obstáculo que se me presente.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por nunca abandonarme y darme la fuerza necesaria para vencer ante las adversidades que se presentaron en el camino.

A mi amada familia, por ser el pilar fundamental de toda mi formación tanto personal como profesionalmente.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y sus docentes, en especial al Ing, Mg. Segundo Espín por su paciencia, consejos y disposición al momento de compartir sus conocimientos, los mismos que sirvieron de guía y ayudaron a la culminación de esta investigación.

A la familia Flores-Jácome por el apoyo y la confianza que me tienen, porque con todos sus consejos me alentaban a seguir adelante.

A todos mis compañeros y amigos que con su carisma me motivaban a dar lo mejor de mí y que de una u otra forma me ayudaron y me demostraron su cariño y amistad.

“No temas, porque yo estoy contigo; no te desalientes, porque yo soy tu Dios. Te fortaleceré, ciertamente te ayudaré, sí, te sostendré con la diestra de mi justicia”.

Isaías 41:10.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XV
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1 CAPÍTULO I.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo General:	4
1.4.2 Objetivos Específicos:	4
2 CAPÍTULO II.....	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 INGENIERÍA DE MATERIALES	5
2.1.2 NUEVOS MATERIALES.....	5
2.1.3 MATERIALES COMPUESTOS	7
2.1.4 COMPONENTES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS	7
2.1.5 PRINCIPALES FIBRAS EMPLEADAS EN REFUERZO DE MATERIALES COMPUESTOS	13
2.1.6 INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN Y CANTIDAD DE FIBRA	19
2.1.7 PROCESOS DE FABRICACIÓN	20
2.1.8 ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA MATERIALES COMPUESTOS	23

2.2 HIPÓTESIS.....	28
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	28
2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	28
2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	28
2.3.3 TÉRMINO DE RELACIÓN	28
3 CAPÍTULO III.....	29
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.1.1 EXPLORATORIA	29
3.1.2 DESCRIPTIVA	29
3.1.3 BIBLIOGRÁFICA	29
3.1.4 EXPERIMENTAL	29
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	30
3.2.1 POBLACIÓN	30
3.2.2 MUESTRA	30
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	32
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	32
3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	33
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	34
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	35
CAPÍTULO IV.....	36
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
4.1.1 DIAGRAMA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO.....	36
4.1.2 OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE PLANTA DE MORA	38
4.1.3 DETERMINACIÓN DE LAS FRACCIONES VOLUMÉRICAS DEL REFUERZO Y LA MATRIZ.....	41
4.1.4 ELABORACIÓN DE LA PROBETAS	49
4.1.5 TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS	59
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	115

4.2.1 DETERMINACIÓN DEL GRUPO CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS.....	115
4.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA PRANNA POLIÉSTER (COROSIL), TEXTIL A BASE DE VINILO Y MADERA.....	120
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	121
5 CAPÍTULO V.....	130
5.1 CONCLUSIONES.....	130
5.2 RECOMENDACIONES.....	131
6 REFERENCIAS.....	133
ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sectores de utilización de nuevos materiales	6
Figura 2. Materiales compuestos naturales	7
Figura 3. Componentes específicos de los materiales compuestos	8
Figura 4. Partículas refuerzo	11
Figura 5. Fibras, whiskers y alambres	11
Figura 6. Fibras utilizadas en materiales compuestos.....	12
Figura 7. Elementos estructurales	12
Figura 8. Material estructural tipo sánduche	13
Figura 9. Tipos de asbestos 1) Fibra crisolito 2) Fibra de amosita 3) Fibra de crocidolita	14
Figura 10. Planta de algodón	15
Figura 11. Fibras de abacá	16
Figura 12. Carrocerías de Yute	17
Figura 13. Mora de castilla (Rubus Glaucus Benth).....	18
Figura 14. Alineación de las fibras refuerzo.....	20
Figura 15. Estratificación manual	22
Figura 16. Moldeo por compresión.....	23
Figura 17. Máquina universal MTE-50.	24
Figura 18. Equipo para ensayos a flexión en máquina universal MTE-50.....	25
Figura 19. Máquina de impacto por caída de dardo.	28
Figura 20. Diagrama del proceso de obtención del material compuesto.	37
Figura 21. Tallos y ramas podadas.	38
Figura 22. Colocación de la fibra en el horno.....	38
Figura 23. Dimensiones de la Probeta para el ensayo a Tracción	41
Figura 24. Dimensiones de la Probeta para el ensayo a Flexión	44
Figura 25. Dimensiones de la Probeta para el ensayo de Impacto	46
Figura 26. Limpieza del molde.	49
Figura 27. Molde encerado.	49
Figura 28. Cantidad de fibras pesadas: a) Fibra larga Tipo (A), b) Fibra Larga Tipo (B), c) Fibra Corta Tipo (A) y d) Fibra Corta Tipo (B).....	50
Figura 29. Fibra colocada en el molde.....	50
Figura 30. Colocación del MEK en la resina.....	51

Figura 31. Preparación de la Probeta.	51
Figura 32. Colocación de la tapa del molde.....	51
Figura 33. Probetas en el tiempo de curación.....	52
Figura 34. Probeta extraída.....	52
Figura 35. Probetas terminadas, fibra larga.....	52
Figura 36. Probetas terminadas, fibra corta.....	53
Figura 37. Limpieza del molde.....	53
Figura 38. Cantidad de fibras pesadas: a) Fibra larga Tipo (A), b) Fibra Larga Tipo (B), c) Fibra Corta Tipo (A) y d) Fibra Corta Tipo (B).....	54
Figura 39. Colocación de la fibra en el molde.....	54
Figura 40. Colocación del MEK en la resina.....	54
Figura 41. Verter la resina en la fibra colocada en el molde.....	55
Figura 42. Colocación de la tapa en el molde.....	55
Figura 43. Probetas extraídas.....	55
Figura 44. Probetas terminadas, fibra larga.....	56
Figura 45. Probetas terminadas, fibra corta.....	56
Figura 46. Molde encerado.....	56
Figura 47. Cantidad de fibras pesadas: a) Fibra larga Tipo (A), b) Fibra Larga Tipo (B), c) Fibra Corta Tipo (A) y d) Fibra Corta Tipo (B).....	57
Figura 48. Colocación de la fibra pesada en el molde.....	57
Figura 49. Probeta lista para entrar en el tiempo de curado.....	58
Figura 50. Máquina láser cortando las planchas para obtener las probetas de impacto.	58
Figura 51. Probetas terminadas, fibra larga.....	58
Figura 52. Grafica comparativa de las probetas a tracción elaboradas por estratificación manual.....	115
Figura 53. Grafica comparativa de las probetas a tracción elaboradas por compresión.	116
Figura 54. Grafica de las probetas a tracción elaboradas por estratificación manual vs las probetas a tracción elaboradas por compresión.....	117
Figura 55. Grafica de las probetas ensayadas a flexión con sus respectivas combinaciones.....	118
Figura 56. Grafica de las probetas ensayadas a flexión con sus respectivas combinaciones.....	119

Figura 57. Grafica de resultados de las probetas ensayadas a tracción, flexión e impacto.	120
Figura 58. Distribución t-Student con n grados de libertad, primer caso	124
Figura 59. Distribución t-Student con n grados de libertad, segundo caso	127
Figura 60. Grafica de propiedades mecánicas del material compuesto (matriz de resina poliéster reforzado con fibras de mora), pranna poliéster, textil a base de vinilo y madera estructural.	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fibras vegetales	18
Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de fibras naturales	19
Tabla 3. Ventajas de las fibras naturales.....	19
Tabla 4. Fracción volumétrica, tipo de fibra, orientación de las fibras y método de fabricación.	30
Tabla 5. Muestra para ensayos mecánicos.....	31
Tabla 6. Variable independiente.	32
Tabla 7. Variable dependiente.	33
Tabla 8. Plan de recolección de información.....	34
Tabla 9. Ficha técnica de recolección de datos para la obtención de la densidad.	39
Tabla 10. Ficha técnica de las probetas del Grupo 1 ensayadas a tracción.	59
Tabla 11. Ficha técnica de las probetas del Grupo 2 ensayadas a tracción.	61
Tabla 12. Ficha técnica de las probetas del Grupo 3 ensayadas a tracción.	62
Tabla 13. Ficha técnica de las probetas del Grupo 4 ensayadas a tracción.	64
Tabla 14. Ficha técnica de las probetas del Grupo 5 ensayadas a tracción.	67
Tabla 15. Ficha técnica de las probetas del Grupo 6 ensayadas a tracción.	69
Tabla 16. Ficha técnica de las probetas del Grupo 7 ensayadas a tracción.	71
Tabla 17. Ficha técnica de las probetas del Grupo 8 ensayadas a tracción.	73
Tabla 18. Ficha técnica de las probetas del Grupo 1 ensayadas a flexión.....	75
Tabla 19. Ficha técnica de las probetas del Grupo 2 ensayadas a flexión.....	77
Tabla 20. Ficha técnica de las probetas del Grupo 3 ensayadas a flexión.....	79

Tabla 21. Ficha técnica de las probetas del Grupo 4 ensayadas a flexión.....	81
Tabla 22. Ficha técnica de las probetas del Grupo 5 ensayadas a flexión.....	83
Tabla 23. Ficha técnica de las probetas del Grupo 6 ensayadas a flexión.....	85
Tabla 24. Ficha técnica de las probetas del Grupo 7 ensayadas a flexión.....	87
Tabla 25. Ficha técnica de las probetas del Grupo 8 ensayadas a flexión.....	89
Tabla 26. Ficha técnica de las probetas del Grupo 1 ensayadas a impacto.	91
Tabla 27. Ficha técnica de las probetas del Grupo 2 ensayadas a impacto.	94
Tabla 28. Ficha técnica de las probetas del Grupo 3 ensayadas a impacto.	97
Tabla 29. Ficha técnica de las probetas del Grupo 4 ensayadas a impacto.	100
Tabla 30. Ficha técnica de las probetas del Grupo 5 ensayadas a impacto.	103
Tabla 31. Ficha técnica de las probetas del Grupo 6 ensayadas a impacto.	106
Tabla 32. Ficha técnica de las probetas del Grupo 7 ensayadas a impacto.	109
Tabla 33. Ficha técnica de las probetas del Grupo 8 ensayadas a impacto.	112
Tabla 34. Resultados de probetas ensayadas a tracción por estratificación manual.	115
Tabla 35. Resultados de probetas ensayadas a tracción por compresión.....	116
Tabla 36. Resultados de probetas ensayadas a flexión.	118
Tabla 37. Resultados de probetas ensayadas a impacto.....	119
Tabla 38. Resultados de los ensayos a tracción.	122
Tabla 39. Resultados de los ensayos a flexión.....	126
Tabla 40. Propiedades mecánicas del material compuesto (resina poliéster+fibra de mora), la pranna poliéster (corosil), textil a base de vinilo y madera.	128

RESUMEN EJECUTIVO

APLICABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRAS DE PLANTA DE MORA (RUBUS GLAUCUS) EN PARTES INTERIORES DE CARROCERÍAS DE LA INDUSTRIA CARROCERA DE TUNGURAHUA.

AUTOR: Balladares Pazmiño Morayma De Los Ángeles

DIRECTOR: Ing. Mg. Segundo Espín.

La presente investigación se basa en la experimentación de un material compuesto con matriz polimérica y reforzado con fibra de planta de mora. Esta fibra es propuesta porque la provincia de Tungurahua posee una superficie plantada de 3.673 hectáreas de dicha planta, las mismas que son podadas mensualmente y sus desechos agrícolas son quemados debido a que no existe una aplicación para los mismos, produciendo grandes cantidades de CO₂ que contamina el ambiente, razón por la cual de estos desechos agrícolas se obtuvo la fibra que fue usada como material de refuerzo.

Se fabricaron probetas con distintas configuraciones, fracciones volumétricas y proceso de fabricación, que fueron ensayadas bajo normas ASTM D3039 para tracción, ASTM D7268 para flexión y ASTM D5628-10 para impacto, a fin de obtener propiedades mecánicas como son el módulo de elasticidad, esfuerzo máximo (tracción y flexión), módulo de flexión y resistencia máxima de impacto o energía absorbida.

Del estudio realizado se determinó mediante análisis estadístico que el grupo 6, conformado por 70% de matriz polimérica y 30% de refuerzo de fibra del tallo de planta de la Mora presentó mejores características, teniendo una resistencia a la tracción = 18.62MPa, resistencia a flexión = 46,9MPa y energía absorbida = 1.2156J.

Por lo tanto, la hipótesis planteada en esta investigación es aceptada y por ende el material compuesto cumple con las mínimas propiedades mecánicas requeridas en las partes internas de las carrocerías.

EXECUTIVE SUMMARY

TOPIC:

APPLICABILITY OF A COMPOSITE MATERIAL WITH POLYMERIC MATRIX REINFORCED WITH BLACKBERRY PLANT FIBERS (RUBUS GLAUCUS) IN THE INTERNAL COMPONENTES OF BODYWORK INDUSTRY BODIES IN TUNGURAHUA.

AUTHOR: Balladares Pazmiño Morayma De Los Ángeles

TUTOR: Ing. Mg. Segundo Espín.

The present research is based on the experimentation of a composite material with polymer matrix and reinforced with blackberry plant fiber. This type of fiber is proposed, due to that the Tungurahua province has a planted area of 3,673 hectares of this plant, which are pruned monthly and its agricultural wastes are burned because there is no application for them, producing large amounts of CO₂ that contaminates the environment, for that reason the fiber that was used as a reinforcing material was obtained from these agricultural wastes.

Were fabricated test tubes with different configurations, volumetric fractions and manufacturing process, which were tested under some policies like ASTM D3039 for tensile strength, ASTM D7268 for flexion and ASTM D5628-10 for impact, in order to obtain mechanical properties such as modulus of elasticity, maximum stress (pulling and flexion), flexural modulus and maximum impact strength or absorbed energy.

From the study, it was determined by statistical analysis that group 6, formed by 70 % of polymer matrix and 30 % of reinforcement of blackberry plant fiber showed better characteristics, having a tensile strength equal to 18.62 MPa, resistance at bending equal to 46.9 MPa and absorbed energy equal to 1.2156 J.

Accordingly, the hypothesis raised in this research is accepted and therefore the composite material accomplish with the minimum mechanical properties required in the internal componentes of bodywork industry bodies.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos materiales va ligado con la ciencia y tecnología de la época en donde se desarrollan procesos de fabricación y la disponibilidad del material en el mercado. Las sociedades humanas atravesaron periodos históricos con avances de nuevos materiales, tales como la edad de piedra, del bronce y del hierro, actualmente en la utilización del silicio y materiales compuestos.

En los últimos 40 años los materiales compuestos han ganado un puesto en los mercados globales, ya que estos son más resistentes y más livianos en comparación a otros materiales, principalmente los metales. Teniendo el potencial para reemplazar el acero y aluminio, ya que algunas veces tiene un mejor rendimiento.

La industria carrocería en el Ecuador inicia en la década de los años 50 junto con la tapicería de asientos para buses y la fabricación de baterías y neumáticos [1]. Posteriormente se fundó AYMESA en el año 1973 y en mayo del mismo año lanzándose al mercado el primer carro fabricado en el país el Andino con una producción de 144 unidades en el año. El peso excesivo en una carrocería ha sido un inconveniente que se pretende resolver, puesto que limita el tiempo de aceleración y aumenta el consumo de combustible afectando al medio ambiente con emisiones de gases de efecto invernadero. Se pensaba en la utilización de aceros de alto límite elástico o aluminio en la construcción, pero en la industria se ha empleado los materiales compuestos con fibra de carbono. Esta fibra es de origen sintético proveniente de los hidrocarburos, obtenida del tratamiento térmico del Poliacrilonitrilo (PAN) material base con el que se realiza el acrílico. La fibra de carbono por sí sola no tiene utilidad, necesita de dos materiales como las resinas endurecedoras o catalizadores para formar materiales compuestos [2].

La utilización de fibra vegetal en carrocería es muy reducida, en Brasil, el instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) ha desarrollado el primer carro de fibra de Yute [3]. Al no contar con un estudio de materiales compuestos con fibra del tallo de la planta de mora (*Rubus Glaucus*), se realizará el estudio y ensayos pertinentes para la caracterización de las propiedades mecánicas del mismo.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

APLICABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRAS DE PLANTA DE MORA (RUBUS GLAUCUS) EN PARTES INTERIORES DE CARROCERÍAS DE LA INDUSTRIA CARROCERA DE TUNGURAHUA

1.2 ANTECEDENTES

En un estudio realizado los Ingenieros Espinoza Gabriel e Hidalgo Jorge de la Universidad Politécnica Nacional matriz en Cuenca, en la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, bajo el tema: “CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA APLICACIÓN EN LA CARROCERÍA DEL VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE” concluye.

Esta investigación tiene como objeto la reducción del peso de una carrocería de un vehículo monoplace. Diseñando mediante normativa ISO 527-2 probetas para ensayo de tracción mediante la norma ASTM D638-14 con estratificación manual [4].

En un estudio realizado por el Ingeniero Mazón Gabriel de la Universidad Técnica de Ambato, en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, bajo el tema: “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIESTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES” concluyen.

Este proyecto se basa en la determinación de propiedades mecánicas de un material compuesto reforzado con fibras de coco, con diferentes configuraciones, fracciones

volumétricas y estratificación. Realizando ensayos a tracción, flexión e impacto bajo normas ASTM D- 7264, ASTM D- 3039 y ASTM D- 5628 [5].

En el estudio realizado por el Ingeniero Villacis Héctor de la Escuela Politécnica Nacional, en la Facultad de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS HÍBRIDOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO Y ABACÁ MEDIANTE ESTRATIFICACIÓN” concluyen.

Este trabajo se obtiene y caracteriza los compuestos híbridos de matriz poliéster, usando fibras cortas de 10mm, continuas unidireccionales, considerando fracciones volumétricas del refuerzo de 0,15 y 0,2, realizando probetas para obtener las propiedades mecánicas del material compuesto [6].

En el estudio realizado por los Ingenieros Gelfuso María, Thomazini Daniel, Silva Julio y De Lima José de la Itajuvá Federal University, en el Mechanical Engineer Institute, bajo el tema: “VIBRATIONAL ANALYSIS OF COCONUT FIBER-PP COMPOSITES” concluyen.

Este proyecto se basa en la utilización de la norma ASTM E756 para ensayos en probetas a tracción, empleando para la realización de un material compuesto reforzado con fibras de coco, para realizar análisis de vibraciones y ver así su comportamiento bajo esas sollicitaciones mecánicas [7].

En el estudio realizado por el Ingeniero Jácome Alex de 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 CONFIGURACION DE FIBRAS DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE PIÑA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA FABRICACION DE BUTACAS DEPORTIVAS” concluyen.

En este estudio las propiedades que presento son mejores las empleadas con fibra larga longitudinal, empleando una fracción volumétrica de 30% de fibra de piña y

70% de matriz de resina epoxi, dando como resultado propiedades aceptables para la utilización en la construcción de butacas deportivas [8].

1.3 JUSTIFICACIÓN

Tungurahua cubre el 65% de la producción de carrocerías en el mercado nacional, como se indica en [9], motivo por el cual estas industrias están sujetas al constante desarrollo tecnológico en sus procesos de manufactura, donde pasaron de usar el acero como material tradicional a reemplazarlo por materiales compuestos, que en la mayoría utiliza matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de vidrio, tanto en partes interiores como exteriores de sus carrocerías.

Estos materiales compuestos buscan innovarse con mejores y/o iguales características que los que son usados comúnmente, en nuestro país el término “nuevos materiales” está siendo usado recientemente con un enfoque hacia los compuestos poliméricos reforzados con fibras vegetales [10], por lo que la presente investigación está direccionada a realizar un análisis que permita obtener un nuevo material compuesto donde su matriz sea de resina poliéster y reforzado con fibra vegetal siendo éstas obtenidas del tallo de la planta de Mora, que posterior a su estudio cumpla con o mejores propiedades mecánicas a los que se están usando actualmente y así poder brindar una nueva alternativa para esta industria.

Al usar este refuerzo de fibras naturales se estará contribuyendo con el cuidado del medio ambiente puesto que los tallos que se van a utilizar provienen de la poda de la planta de la Mora que se realiza cada mes [11], siendo éstos expuestos a la intemperie a un lado del terreno hasta que se secan y por ultimo son quemados, lo que provoca una combustión y por ende una contaminación ambiental. Por el momento no se conocen procesos industrializados que aprovechen dichos tallos, lo que motiva a buscar una alternativa que favorezca a disminuir el impacto ambiental.

La presente investigación se considera factible pues se posee la suficiente cantidad de materia, en nuestro caso los tallos de la planta de Mora debido a que Tungurahua posee una superficie plantada de 3.673 hectáreas de la misma [12], además de contar con laboratorios debidamente equipados, bibliografía y el conocimiento tanto de

profesionales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica como el adquirido a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

Analizar la aplicabilidad de un material compuesto con matriz polimérica reforzado con fibras de planta de Mora (*Rubus Glaucus*) en partes interiores de carrocerías de la Industria Carrocera de Tungurahua.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Determinar las propiedades físicas de la fibra de Mora.
- Elaborar probetas según normas ASTM D para ensayos mecánicos (Tracción, Flexión e Impacto).
- Realizar los ensayos propuestos y evaluar los resultados obtenidos del material compuesto.
- Determinar las propiedades mecánicas del nuevo material.
- Establecer las posibles ventajas y desventajas del material compuesto.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 INGENIERÍA DE MATERIALES

La ingeniería de materiales es una ciencia que estudia la relación propiedades-estructura de los materiales, el comportamiento y los fenómenos que rigen a los mismos. Siendo necesario analizar elementos como su microestructura, componentes, propiedades y procesamiento, para así mejorar los ya existentes o crear nuevos.

Actualmente se requieren nuevos materiales para las aplicaciones industriales. En la industria automotriz se requieren de tal manera que sean amigables con el medio ambiente, pero que ofrezcan propiedades mecánicas excelentes, para el cual se debe considerar un material con la combinación adecuada de elementos que lo considere como aceptable para su aplicación correspondiente [13].

2.1.2 NUEVOS MATERIALES

El término “nuevos materiales” aparece en el año 1980. En esta década publicaciones iniciaron con términos en inglés “New materials” o “Advanced materials”, en América latina la traducción literal fue tomada. En materiales cerámicos, poliméricos y aceros especiales ocurrió lo mismo. Es decir, la palabra nuevo-referida al proceso de manufactura daba una idea de innovación para la época. Los materiales avanzados se convierten en nuevos materiales con funciones no convencionales en su proceso de manufactura, es decir si se emplean procesos diversos para obtener materiales con propiedades mejoradas el mismo se convierte en nuevo. Las aplicaciones principales son: la industria automotriz, aeroespacial y aeronáutica, industria de la construcción, industria petrolera, química, medicina y biomedicina, entre otros. En la Figura 1, se ilustran los sectores de utilización de los nuevos materiales.



Figura 1. Sectores de utilización de nuevos materiales [14].

La función en materiales estructurales es mejorar las propiedades de elementos ya existentes en el mercado, a diferencia de los materiales funcionales que cumplen un determinado propósito. En las últimas tres décadas se han desarrollado materiales con mejores propiedades, mayor aplicabilidad en la industria y menores costos de fabricación, favoreciendo el avance de sistemas computarizados, sensores electrónicos, entre otros.

El mejoramiento de los procesos de producción posibilita una mayor competitividad que favorece para el crecimiento económico e industrial. Los ensayos destructivos y no destructivos registran las superiores propiedades de los materiales, con los cuales el producto final será más atractivo a la vista del consumidor, aumentando su diversidad de aplicación en trabajos en la industria.

En varias Universidades alrededor del mundo la investigación de materiales ha sido muy importante, se conformó en 1967 el Departamento de Metalurgia y ciencias de materiales en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, que es considerada como uno de los líderes mundiales en esa área. El área de materiales evolucionó a partir del Departamento de Minas y Geología.

Las propiedades obtenidas en la investigación de los materiales metálicos deben ser viables, es decir que los costos de producción sean aceptables, además de poseer buenas propiedades mecánicas entre las más importantes son: resistencia a la tracción, alto límite elástico, dureza, resistencia a la fatiga y al desgaste, resistencia a la corrosión y altas temperaturas, etc.

2.1.3 MATERIALES COMPUESTOS

Un material compuesto es multifásico que adopta las propiedades de los elementos que lo componen, de tal manera que el resultado presenta mejores propiedades que sus fases constituyentes, las mismas que no son la suma de cada componente. Desde los años sesenta el desarrollo del plástico y cerámicos han sido dominantes creciendo continuamente. Actualmente, los materiales compuestos han desarrollado un uso mayor por su resistencia mecánica y peso menor que los metales, desempeñándose en el campo de manera cercana a los metales con sus respectivas aleaciones.

La idea de un material compuesto no es reciente, ya que en la industria agrícola ha sido desarrollado en la construcción de viviendas, un ejemplo claro es la fabricación del adobe la misma que tiene una matriz arcillosa reforzada con paja. En la naturaleza se observan varios ejemplos donde se cuenta con materiales compuestos. En la Figura 2, se muestran materiales compuestos naturales.

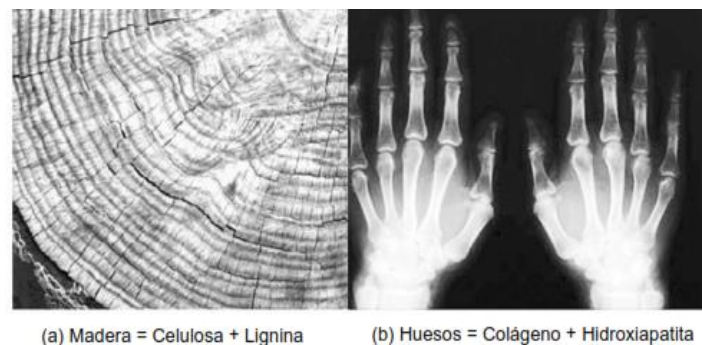


Figura 2. Materiales compuestos naturales [10].

La madera se encuentra constituida mediante fibras largas flexibles de celulosa, las cuales se encuentran unidos mediante una matriz de lignina. Los huesos están constituidos de colágeno (material suave) e hidroxiapatita (material duro). Dando como resultado un compuesto con características adecuadas para el ser humano.

2.1.4 COMPONENTES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

Un material compuesto está formado por dos o más fases distintas, cuya unión da como resultado un material superior a sus componentes. De manera general se

considera a un material compuesto como un multifásico. Cuenta con el material de refuerzo que al combinarse con una matriz generan un interfaz y da como resultado un material compuesto, como se observa en la Figura 3, [15].

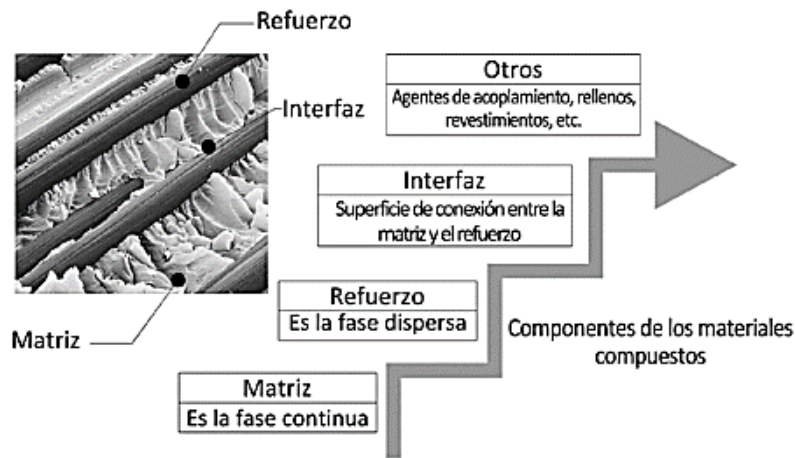


Figura 3. Componentes específicos de los materiales compuestos [10].

2.1.4.1 Matriz

La matriz sostiene los elementos del refuerzo, brinda consistencia y continuidad al material, se encarga principalmente de aglutinar los refuerzos, transferir cargas aplicadas sobre las fibras, proteger la superficie de los refuerzos de abrasión mecánica, proteger a los refuerzos de efectos del medio ambiente y dar soporte de pandeo bajo carga de compresión. La matriz influye en las propiedades físicas, químicas y mecánicas del compuesto dando como resultado un material compuesto con buenas propiedades combinadas que otros no tienen, [16].

Existen tres tipos de matrices que se emplean las cuales son:

A. Matrices metálicas

Las matrices metálicas más utilizadas son el aluminio, magnesio, cobre, níquel y aleaciones de compuestos intermetálicos, reforzadas con fibras cerámicas y metálicas. El material compuesto resultante permite el trabajo a altas temperaturas, utilizado principalmente en la industria aeroespacial y automotriz. El costo de producción es relativamente alto por la complejidad de los procesos y la tecnología que se utiliza.

Los materiales compuestos de matriz metálica tienen alta resistencia mecánica y trabajan en un rango alto de condiciones de operación, los compuestos reforzados con partículas y los materiales metálicos tradicionales son isotrópicos, mientras que materiales reforzados con fibras son anisotrópicos.

Los refuerzos para matrices metálicas deben cumplir con lo siguiente: [10]

- Baja densidad
- Compatibilidad mecánica
- Compatibilidad química
- Estabilidad térmica
- Alto módulo de elasticidad
- Alta resistencia a la tracción y a la compresión
- Buena capacidad de procesamiento
- Eficiencia económica

B. Matrices cerámicas

Las matrices cerámicas tienen menor densidad en comparación con la matriz metálica, se emplean fibras cerámicas como refuerzo dando como resultado propiedades buenas a elevadas temperaturas, mejor resistencia mecánica, mayor tenacidad, pero se caracterizan por su fragilidad. La adhesión entre la fibra y la matriz cerámica es muy importante, ya que se debe fortalecer al material por medio las fibras incorporadas al material debe absorber energía y así aumenta la tenacidad del mismo [17].

Cuenta con alta resistencia a la oxidación, al deterioro por temperaturas elevadas, empleándolas en motores de turbina a gas en aeronaves y en repuestos automotrices.

C. Matrices poliméricas

Se caracterizan por su baja densidad, excelentes propiedades a temperatura ambiente, facilidad de conformado y costos bajos en comparación a los anteriores. Pueden ser reforzadas con fibras sintéticas y naturales. Las matrices pueden ser de tres tipos.

- Matrices termoplásticas. - cambio del estado sólido al líquido cuando se calientan. Ejemplos polietileno, polipropileno, entre otros.
- Matrices termoestables. - son polimerizadas por reacciones químicas que no son reversibles, son difíciles de reciclar, no se funden al calentarse, son degradables.
- Matrices elastoméricas. - gran zona elástica, se estiran cinco o seis veces su longitud, módulos de elasticidad bajos, el más conocido es el caucho natural.

2.1.4.2 Refuerzo

El refuerzo mejora las características de la matriz, es el componente que soporta las cargas a la que es aplicado el material compuesto. Los refuerzos pueden ser partículas, fibras o elementos estructurales.

A. Partículas

En materiales compuestos las partículas son más duras que la matriz, tienden a reducir el movimiento de la misma. Por lo tanto, parte del esfuerzo transferido soportan las partículas. El grado de refuerzo depende de la unión entre la matriz y partícula. Los refuerzos por partículas son usados para mejorar propiedades multifuncionales al material resultante.

En los materiales compuestos reforzados con partículas grandes se emplean matrices poliméricas y cerámicas. El concreto es un compuesto con partículas grandes, se tiene la grava (partículas) y el cemento (matriz) y arena, dando como resultado la mezcla que sirve para la construcción.

En partículas pequeñas un ejemplo de material compuesto es la madera plástica, la cual tiene partículas de madera (Polvo de madera) en una matriz polimérica, tiene

una buena resistencia mecánica, menor densidad y mayor duración que la madera común. En el Figura 4, se muestran las partículas empleadas como refuerzo.



Figura 4. Partículas refuerzo [18].

B. Fibras

Tecnológicamente los materiales compuestos formados por fibras son los más aplicables en la industria, poseen mejor resistencia a la fatiga y rigidez. La matriz transmite todas las cargas aplicadas a las fibras, soportando las fuerzas a la que el material es sometido. Las fibras pueden ser alambres (Monofilamentos), fibras y whiskers, como se muestra en la Figura 5.

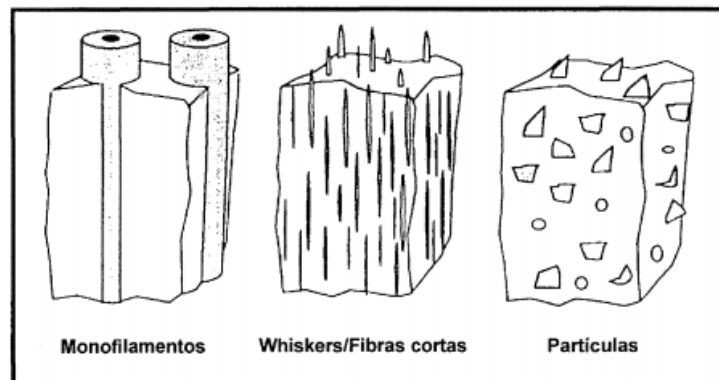


Figura 5. Fibras, whiskers y alambres [18].

Los whiskers tienen diámetros a $1 \mu\text{m}$ y pueden llegar hasta $100 \mu\text{m}$, por lo que son considerados como refuerzos discontinuos. En el mercado los disponibles son los de SiC y Si_3N_4 [19]. Las ventajas de trabajar con estos los pocos defectos que aparecen por su pequeño diámetro y forma cristalina. Por lo tanto, son más empleados que otras fibras discontinuas.

Los materiales compuestos por fibras tienen un mayor uso y por ende un mayor desarrollo tecnológico, se diseñan estos materiales con el propósito de obtener gran rigidez específica y alta resistencia mecánica. Se emplean matrices de baja densidad y mediante fibras de alta resistencia y módulos específicos altos se consiguen materiales que cumplen con las especificaciones, como muestra la Figura 6, [20].

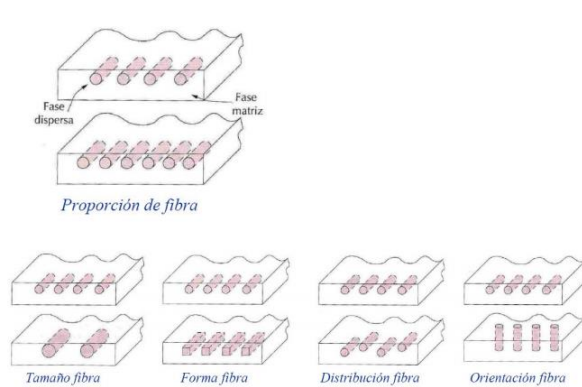


Figura 6. Fibras utilizadas en materiales compuestos [21].

C. Elementos estructurales

Son elementos que no dependen solo de sus elementos constituyentes, además de la geometría de los mismos, siendo los compuestos laminares y paneles tipo sánduche los más empleados. El compuesto tipo lámina tienen gran resistencia, ya que cuenta con fibras alineadas de refuerzo, las cuales son apiladas de tal manera que la orientación varía de una lámina a la otra, presentando alta resistencia mecánica en dos dimensiones, como se presenta la Figura 7.

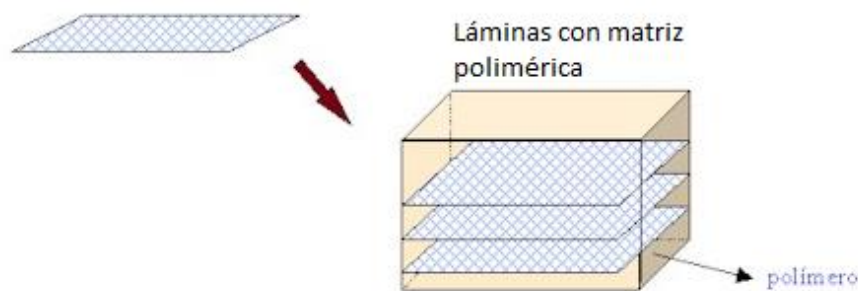


Figura 7. Elementos estructurales [22].

Los materiales tipo sánduche tienen capas delgadas de recubrimiento unidas a un material ligero de relleno, ningún componente es rígido o resistente, pero el resultado final adquiere una mayor rigidez. Un cartón corrugado es la aplicación más conocida de este tipo de material presentando una rigidez y resistencia mayor a la de sus componentes. En la Figura 8, se muestra un material estructural tipo sánduche.

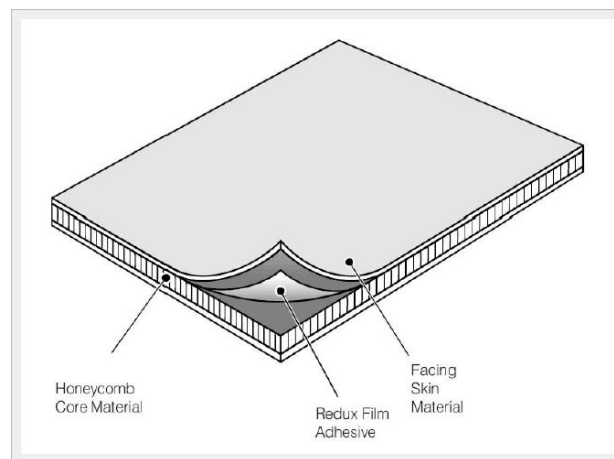


Figura 8. Material estructural tipo sánduche [23].

2.1.4.3 Interfaz

La superficie existente entre la matriz y el refuerzo se denomina interfaz, debe existir una buena unión entre los componentes. La superficie de la interfaz se encuentra correctamente empleada cuando el refuerzo está fuertemente unido a la matriz.

Para que exista correcta unión la interfaz debe encontrarse en estado líquido, esto posibilita que se extienda sobre la superficie. Dependiendo de la capacidad de mojabilidad de la matriz la interfaz le otorga propiedades definidas al material compuesto. La unión en un material compuesto puede ser: unión mecánica (Rugosidad entre materiales), electrostática (Cargas positiva y negativa entre materiales), química (Grupos químicos compatibles) y mediante interdifusión (mediante cadenas poliméricas).

2.1.5 PRINCIPALES FIBRAS EMPLEADAS EN REFUERZO DE MATERIALES COMPUESTOS

2.1.5.1 Fibras minerales

A. Asbesto

Este mineral se deseca, tritura y criba, separándose las fibras con las que pueden construir tejidos resistentes al fuego [24], cuenta con más de tres mil aplicaciones industriales.

El tamaño de las fibras de asbesto es muy importante, las fibras muy finas con un tamaño menor de 3 μm son las perjudiciales para el ser humano, son las que penetran hasta los alveolos.

Según su configuración se clasifican en:

- Grupo serpentina (Fibras curvas) se denominan crisotilo o amianto blanco.
- Grupo anfíboles (Fibras rectas) se denominan amosita o asbesto marrón, crocidolita o asbesto azul, antiofolita o asbesto amarillo, tremolita y actinolita.

En la Figura 9, se muestran los tipos de fibras.

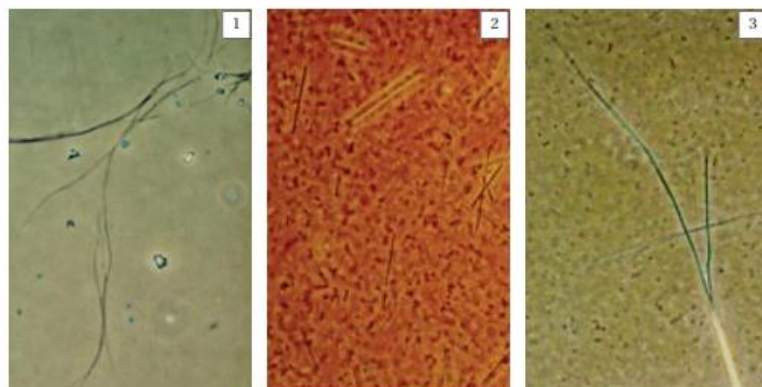


Figura 9. Tipos de asbestos 1) Fibra crisolito 2) Fibra de amosita 3) Fibra de crocidolita [25].

2.1.5.2 Fibras vegetales

Los materiales compuestos reforzados con fibras vegetales presentan propiedades semejantes o superiores a las Wood Plastic Composites (WPC), tienen la ventaja de ser de bajo costo por su naturaleza vegetal, de fácil adquisición y económico

procesado. Las fibras deben ser compatibles con la matriz, para garantizar una correcta adhesión y no exista deformación por falta de unión de la interfase. Además, los factores que el refuerzo en estos materiales debe tener son la resistencia y dureza.

Las fibras vegetales se clasifican en:

- **Fibras blandas:** son las que provienen de los tallos de las plantas, se caracterizan por ser suaves al tacto, flexibles y elásticas. Se obtienen generalmente colocando tallos en remojo, con el fin el que se degrade dejando libres las fibras.
- **Fibras duras:** constituyen las hojas de ciertas plantas entre las que se encuentran la cabuya, abacá y plátano [26].
- **Fibras de superficie:** corresponden a los pelos de la epidermis de las semillas, ejemplo el algodón.

2.1.5.2.1 Fibras vegetales empleadas en la industria

A. Algodón

Las semillas se encuentran recubiertas por una sustancia fibrosa, blanca y suave. Una vez almacenado se realizan unas operaciones para obtener hilo de algodón. En la Figura 10, se observa la fibra de algodón.



Figura 10. Planta de algodón [27].

Propiedades

- Resistencia: de 3.5 a 4 g/d aumenta con la humedad en 20%
- Finura: varía entre 16 y 20 micras.
- Higroscopicidad: absorbencia del agua a 21 °C y 65 % de humedad.
- Elongación: de 3 a 7%
- Elasticidad: de 10 a 50 % de alargamiento.

B. Abacá

Es nativa de Filipinas, sus fibras provienen de las hojas que componen la planta, las cuales están comprendidas por celulosas largas y delgadas, las que brindan soporte estructural. En la Figura 11, se observa la fibra de abacá.



Figura 11. Fibras de abacá [28].

Propiedades

- Color habano claro
- Resistencia mecánica, flotabilidad, resistencia al agua salada.
- Longitud puede superar los 3 m con 5 grados de calidad que van desde el grano 1 en fibras finas.

C. Yute

Es una planta herbácea de tronco rígido y fibroso, es originaria de Bengala, actualmente concentrada en Bangladesh y la India. Existen dos especies aprovechables el yute y blanco y rojo. En la figura 12, se muestra una aplicación de esta fibra.



Figura 12. Carrocerías de Yute [20].

Propiedades

- Longitud de 2 a 4 m
- Color dorado
- Altamente aislantes, antiestáticas
- No es buena para textiles

En Brasil, el instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) ha desarrollado el primer carro de fibra de Yute. El cual redujo un 15 % de consumo de combustible por la disminución de peso con relación al metal. En la Figura 12 se presenta la carrocería realizada con un refuerzo de fibra de Yute.

D. Mora de castilla (*Rubus Glaucus Benth*)

La mora es cultivada por pequeños y medianos productores de la sierra, es un producto de alta demanda en el país. Actualmente el Ecuador cuenta con una variedad sin espinas, como se presenta en la Figura 13, [29]. Posee buenas características y calidad, debido a que no presenta espinas es tomada como tipo de fibra para el desarrollo de materiales compuestos.

Al ser una fibra nueva no se cuenta con las propiedades de la misma, pero en la presente investigación se determinará su densidad mediante la ecuación 2.1.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Donde:

ρ : Densidad (gr/cm^3)

m : Masa (gr)

V : Volumen (cm^3)



Figura 13. Mora de castilla (Rubus Glaucus Benth) [30].

En la Tabla 1, se observan las fibras vegetales más empleadas en la industria y la ubicación en las plantas.

Tabla 1. Fibras vegetales [10].

Fibras Blandas	Fibras duras	Fibras superficie	Otras	
Tallo	Hojas	Semillas	Fruto	Caña
Cáñamo	Abacá	Algodón	Palma aceitera	Esparto Bejuco
Ramio	Sisal	kapok	Coco	Bambú
Lino	Cuaruá	Algodoncillo		Bagazo
Kenaf	Formio			
Yute				
Mora				

2.1.5.3 Propiedades de las fibras vegetales

Las fibras vegetales presentan características, las cuales les permiten ser utilizadas como refuerzo en matrices poliméricas, las mismas que están relacionadas con las propiedades finales del material compuesto. Siendo resistentes a esfuerzos de

tracción, compresión, flexión e impacto. En la Tabla 2, se muestran las ventajas y desventajas del uso de fibras naturales como refuerzos.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de fibras naturales [10].

Ventajas	Desventajas
Sostenibilidad	Baja resistencia al agua
Generan un bajo consumo de CO ₂	Alta absorción de agua
Son Biodegradables	Baja estabilidad dimensional
Requieren un bajo consumo de energía	Pobre interfaz
No quedan residuos tóxicos al quemarlas	Dureza
Su densidad es baja	Dificultad en su procesamiento
Poseen buenas propiedades mecánicas	Calidad heterogénea
No son tóxicas ni abrasivas	demanda y ciclos de suministro variables
Tienen bajo costo	Son altamente flamables

Las fibras vegetales han ido reemplazando a las artificiales, ya que tiene ventajas que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Ventajas de las fibras naturales [10].

Cualidades	Fibras naturales "FN"	Fibra de vidrio
Densidad	Baja	Doble que las FN
Costo	Bajo	Bajo, Mayor a las FN
Renovable	Si	No
Reciclable	Si	No
Consumo de energía	Bajo	Alto
Abrasión a maquinas	No	Si
Riesgo a la inhalación	No	Si
Eliminación	Biodegradable	No biodegradable

2.1.6 INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN Y CANTIDAD DE FIBRA

Los materiales compuestos reforzados con fibras son generalmente anisótropos, es decir que sus propiedades dependen del eje geométrico en el cual se realiza su

ensayo. Para que un compuesto sea isótropo todos los refuerzos sean fibras o partículas deben estar orientados de forma aleatoria. Siendo muy complicado para fibras discontinuas, pues los métodos de fabricación las orientan de alguna manera. Generalmente para aumentar la eficiencia del refuerzo en un material anisotrópico se ubica sobre el plano principal de carga y así se ubican las fibras de forma que tienen mayor rigidez en una sola dirección.

La alineación de la fibra puede estar de dos maneras:

- Alineación en la dirección paralela al eje longitudinal de las fibras
- Alineación al azar

En la Figura 14, se muestran los tipos de alineación presentes en materiales compuestos.

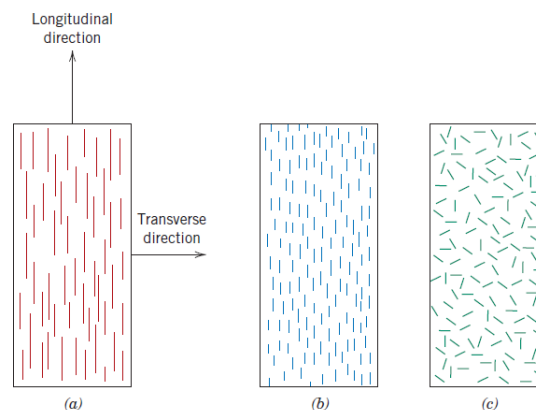


Figura 14. Alineación de las fibras refuerzo [31].

La orientación de la fibra es primordial para las propiedades del material compuesto. Cuando esta se encuentra alineada las propiedades mecánicas estarán relacionadas con el ángulo formado entre la dirección de la aplicación de la carga y la dirección de la fibra.

2.1.7 PROCESOS DE FABRICACIÓN

En la fabricación de materiales compuestos, se debe tomar en cuenta los requerimientos del producto final, el que debe cumplir en trabajo determinado, ya

que el costo total del producto. La selección del proceso depende de factores como son: el tipo de matriz, geometría y tipo de refuerzo, aplicaciones del producto final, entre otros. Existen dos procesos que son más empleados, la estratificación manual y moldeo por compresión.

2.1.7.1 Estratificación manual

Es llamada también hand lay up es un proceso simple emplea una matriz termoestable, estas resinas favorecen la unión con los refuerzos de fibras porque a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido. Deben tener una estructura de monómero reactivo, las cuales forman entrecruzamientos en el proceso de curado y brindan una viscosidad adecuada. En el proceso de curado se emplea un iniciador, la cual se encarga de empezar y acelerar la reacción, la más empleada por su costo es el octoato de cobalto.

En este proceso las fibras pueden ser cortas, continuas, tejidas o no tejidas y alcanzando un 40% de volumen máximo como adición para evitar espacios vacíos e inclusiones. En la Figura 15, se observa el proceso de estratificación manual.

A. Etapas del proceso de estratificación manual

- Adicionar al molde un agente de desmoldeo para la extracción del material compuesto.
- Aplicar una resina gelcoat que proteja el material compuesto de la humedad y efectos de la intemperie.
- Cuando exista curado parcial, ubicar el refuerzo y aplicar la resina catalizadora con un rodillo, favoreciendo a la unión del refuerzo con el polímero, eliminando el aire atrapado por el laminado.
- Curar la pieza a temperatura ambiente dependiendo el tiempo de secado del catalizador empleado y el iniciador.
- Retirar la pieza del molde.

Con este proceso es favorable la fabricación de piezas de gran tamaño como piscinas, cascos de embarcaciones, yates, componentes aeroespaciales, etc.



Figura 15. Estratificación manual [10].

2.1.7.2 Moldeo por compresión

Es un proceso de fabricación que ha sido empleado y perfeccionado a través de los años, utilizando dos placas metálicas que realizan un estampado. Las técnicas utilizadas son del tipo macho y hembra, esta técnica se utiliza para materiales termoplásticos y termoestables, consiste en intercalar láminas de matriz y refuerzo en forma de preimpregnados en un molde que es posteriormente prensado como se muestra en la Figura 16.

A. Pasos del proceso de compresión

- En la fase de precalentamiento disponer alternadamente fibra de refuerzo y polímero con la correcta orientación sobre un molde con un agente desmoldante.
- Cerrar el molde y ubicar sobre una prensa calefactora aplicando una presión baja hasta que la temperatura de moldeo alcance la temperatura de fusión de la resina.
- Cuando se encuentre en equilibrio térmico inicia la fase de moldeo, donde se coloca una presión denominada de moldeo.
- Inicia la fase de enfriamiento, ubicando el material en una prensa con sistema de refrigeración
- Extraer la pieza del molde.

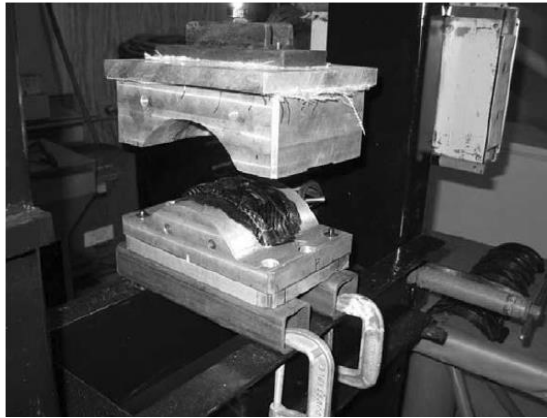


Figura 16. Moldeo por compresión [10].

2.1.8 ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA MATERIALES COMPUESTOS

Para realizar la evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos, se realizan ensayos mecánicos mediante la utilización de máquinas especializadas y normas respectivas aprobadas a nivel mundial. Las instituciones normalizadoras son la ASTM, ASME, ISO, UNE, INCOTEC, INEN, entre otros.

La ASTM ha desarrollado normas para los ensayos de tracción, flexión e impacto para materiales compuestos mediante probetas aprobadas y empleadas en el laboratorio de análisis de esfuerzos.

2.1.8.1 Ensayo de tracción

Este ensayo consiste en evaluar una probeta de material compuesto mediante la aplicación de una fuerza axial a lo largo del eje principal, el que aumenta paulatinamente.

Según la norma ASTM D 3039 para materiales compuestos, se emplea una máquina universal de ensayos la que sujeta de un extremo a la probeta mediante mordazas para evitar el deslizamiento en el momento de aplicar las cargas. Los ensayos se realizaron en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero (CFPMC), en la máquina universal MTE -50 que se observa en la Figura 17.



Figura 17. Máquina universal MTE-50.

Fuente: Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

Según los datos recogidos en el ensayo de tracción, se pueden realizar los siguientes cálculos de propiedades mecánicas [32].

A. Resistencia máxima de tracción

La resistencia máxima de tracción se calcula mediante la ecuación 2.2.

$$F^{tu} = \frac{p^{max}}{A} \quad (2.2)$$

Donde:

F^{tu} : Esfuerzo último de tracción (MPa)

p^{max} : Fuerza máxima antes de la ruptura (N)

A : Área promedio de la sección transversal de la probeta (mm^2)

B. Deformación plástica (%)

La deformación plástica se calcula mediante la ecuación 2.3.

$$\%E = (l_f - l_i/l_f) \times 100 \quad (2.3)$$

Donde:

$\%E$: Porcentaje de deformación plástica.

l_i : Longitud inicial de la probeta.

l_f : Longitud final de la probeta.

2.1.8.2 Ensayo de flexión

Este ensayo es realizado mediante la norma ASTM D7264, determina la rigidez bajo cargas a flexión y la resistencia de un material compuesto. La técnica empleada para este ensayo destructivo es mediante tres puntos de carga uno central con apoyos simples, de igual manera los ensayos fueron realizados en el CFPMC, en la máquina universal MTE -50 que se observa en la Figura 18.



Figura 18. Equipo para ensayos a flexión en máquina universal MTE-50.

Fuente: Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

Las propiedades a flexión varían dependiendo de la superficie de la probeta, ya que no existe un laminado simétrico. También pueden variar por el espesor de la probeta, ambientes condicionantes o de ensayo y velocidad de aplicación del esfuerzo.

A partir de los datos de carga y deformación se realiza el cálculo de las siguientes propiedades.

A. Resistencia máxima de flexión

La resistencia máxima de flexión se calcula mediante la ecuación 2.4.

$$\sigma = 3PL/2bh^2 \quad (2.4)$$

Donde:

σ : Resistencia máxima a flexión

P: Fuerza máxima aplicada (N)

L: Longitud entre apoyos (mm)

b: Ancho de probeta (mm)

h: Espesor de probeta (mm)

B. Deformación unitaria

La deformación unitaria en las probetas de material compuesto se calcula mediante la ecuación 2.5 [21].

$$\epsilon = 6\delta h/L^2 \quad (2.5)$$

Donde:

ϵ : Deformación unitaria máxima (mm/mm)

δ : Deflexión de la probeta (mm)

h: Espesor de probeta (mm)

L: Longitud entre apoyos (mm)

C. Módulo de elasticidad o Módulo de Young

El módulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación 2.6.

$$E = PL^3/4bh^3\delta \quad (2.6)$$

Donde:

E: módulo de elasticidad o módulo de Young (MPa)

P: Fuerza máxima aplicada (N)

L: Longitud entre apoyos (mm)

b: Ancho de probeta (mm)

h: Espesor de probeta (mm)

δ : Deflexión de la probeta (mm)

2.1.8.3 Ensayos de Impacto

Ensayo de impacto mediante caída de dardo

Este ensayo se realiza mediante la norma técnica ASTM D5628. Con este método se determina la energía de falla del material, donde se presentan fisuras por caída del dardo en la probeta.

La probeta de material compuesto se coloca en la máquina, se deja caer el dardo teniendo cuidado de que la misma no golpee dos veces la probeta, es decir evitar el rebote. Posteriormente se retira y se observa si existió daño. Si existe fisura se considera una falla en la probeta.

La fisura debe ser detectada a simple vista, bajo condiciones de luz normal. Considerando que la energía de impacto será aquella necesaria para producir fallas en al menos 50 % de las probetas [10].

Para calcular la cantidad de energía que absorbe el material se utiliza la ecuación 2.7.

$$MEF = h \cdot w \cdot f \quad (2.7)$$

Donde:

MEF: Resistencia máxima al impacto o Energía máxima de ruptura (J).

h: Altura máxima de ruptura (mm).

w: Masa máxima de ruptura (Kg).

f: Factor para conversión a Joules.

Para los ensayos de impacto se utilizó la máquina de impacto del laboratorio de Materiales de la FICM, mostrada en la Figura 19.



Figura 19. Máquina de impacto por caída de dardo.

Fuente: Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

2.2 HIPÓTESIS

El material compuesto con matriz polimérica reforzado con fibras de planta de mora ofrecerá mínimas propiedades mecánicas requeridas en partes interiores de carrocerías.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Material compuesto con matriz polimérica reforzado con fibras de planta de mora.

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Propiedades mecánicas.

2.3.3 TÉRMINO DE RELACIÓN

Ofrecerá.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La metodología está basada en el análisis cuantitativo de los datos obtenidos una vez realizado los ensayos propuestos, con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas del nuevo material y demostrar su aplicabilidad en partes interiores de las carrocerías de la industria Carrocera de Tungurahua.

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 EXPLORATORIA

Este nivel de investigación se utilizó para determinar las fracciones volumétricas y evaluar la influencia de la orientación de las fibras del tallo de la planta de Mora, así como también el tipo de estratificación que se usó en la fabricación del material compuesto.

3.1.2 DESCRIPTIVA

El método descriptivo se aplicó para describir las propiedades físicas y mecánicas que posee el material compuesto, mediante la ejecución de los ensayos destructivos propuestos y la observación de los resultados utilizando fichas técnicas.

3.1.3 BIBLIOGRÁFICA

La investigación se realizó mediante la recolección de información en libros, tesis, páginas web, catálogos y revistas científicas. Los cuales sirven para la comprobación de la hipótesis.

3.1.4 EXPERIMENTAL

La investigación experimental se ve sustentada en la fabricación de probetas para ensayos destructivos y mediante pruebas con los mismos se obtuvo la aplicabilidad en la industria carrocera de Tungurahua.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

En la presente investigación, la población contó con probetas de matriz polimérica reforzada con fibra del tallo de la planta mora (*Rubus Glaucus*), las cuales se evalúan mediante configuraciones con diferentes porcentajes de matriz y refuerzo detallado en la Tabla 4, que se muestra a continuación.

Tabla 4. Fracción volumétrica, tipo de fibra, orientación de las fibras y método de fabricación.

Fracción Volumétrica	No tejido. Tipo de Fibra	Orientación de las Fibras	Método de Fabricación
Tipo (A): 80% de resina polimérica, 20% de la fibra del tallo de la planta de mora.	Fibra Larga (> a 10cm)	Longitudinal al eje	Estratificación
			Manual
	Fibra corta (< a 1cm)	Al azar	Moldeo por Compresión
			Estratificación
Tipo (B): 70% de resina polimérica, 30% de la fibra del tallo de la planta de mora	Fibra Larga (> a 10cm)	Longitudinal al eje	Manual
			Estratificación
	Fibra corta (< a 1cm)	Al azar	Moldeo por Compresión
			Manual

Fuente: La autora.

3.2.2 MUESTRA

Para esta investigación mediante el análisis con ensayos destructivos se realizaron 152 de las cuales se utilizaron 120, distribuidas de la siguiente manera: 56 probetas

con la norma ASTM D3039 para el ensayo de tracción, 7 por cada grupo (5 ensayadas y 2 por alguna anomalía), 56 probetas con norma ASTM D7264 para el ensayo de flexión, 7 por cada grupo (5 ensayadas y 2 por alguna anomalía), y 40 probetas con la norma ASTM D5628 para el ensayo de Impacto, en la Tabla 5, se presenta las muestras de las probetas realizadas:

Tabla 5. Muestra para ensayos mecánicos.

Fracción Volumétrica	No tejido Tipo de Fibra	Orientación de las Fibras	Método de Fabricación	Número de Probetas		
				E. Tracción ASTM D3039	E. Flexión ASTM D7264	E. Impacto ASTM D5628
Tipo (A)	Fibra Larga (> a 10cm)	Longitudinal al eje	Estratificación Manual	7	7	5
			Moldeo por Compresión	7	7	5
	Fibra corta (< a 1cm)	Al azar	Estratificación Manual	7	7	5
			Moldeo por Compresión	7	7	5
Tipo (B)	Fibra Larga (> a 10cm)	Longitudinal al eje	Estratificación Manual	7	7	5
			Moldeo por Compresión	7	7	5
	Fibra corta (< a 1cm)	Al azar	Estratificación Manual	7	7	5
			Moldeo por Compresión	7	7	5
TOTAL DE PROBETAS				56	56	40

Fuente: La autora.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Material compuesto con matriz polimérica reforzado con fibras de planta de mora.

Tabla 6. Variable independiente.

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Un material compuesto con matriz polimérica y refuerzo con fibras vegetales se obtiene por adhesión de componentes dando como resultado un material de mayores propiedades que los elementos que lo componen.	Material compuesto	Tipos de fibra	Fibra larga longitudinal al eje.	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de datos. • Observación directa. • Normas ASTM D. • Cuaderno de notas. • Bibliografías.
			Fibra corta distribuida al azar.	
		Fracción volumétrica	Tipo (A): 80% de resina polimérica, 20% de la fibra del tallo de la planta de mora.	
			Tipo (B): 70% de resina polimérica, 30% de la fibra del tallo de la planta de mora.	
		Proceso de fabricación	Estratificación manual.	
			Moldeo por compresión.	

Fuente: La autora.

3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Propiedades mecánicas.

Tabla 7. Variable dependiente.

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El comportamiento de un material a diferentes solicitaciones mecánicas se puede medir mediante ensayos específicos realizados en la máquina universal de ensayos.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la tracción	MPa	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina universal de Ensayos • Ensayos de laboratorio • Normas ASTM D • Fichas técnicas de resultados.
		Módulo elástico a tracción	MPa	
		Esfuerzo a flexión	MPa	
		Módulo elástico a flexión	MPa	
		Resistencia al impacto	J	

Fuente: La autora.

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El registro de datos se realiza de forma estructurada mediante investigación, se emplean archivos de textos científicos, proyectos de investigación (Tesis) y artículos científicos, con la debida práctica de laboratorio y así se verificó que la teoría es correcta para este tipo de materiales compuestos.

Tabla 8. Plan de recolección de información.

Preguntas básicas	Explicación
¿Para qué?	Obtener las propiedades mecánicas de los materiales compuestos con refuerzos de fibra del tallo de la planta mora para observar su aplicabilidad en carrocerías automotrices
¿De qué objetos?	Mediante probetas realizadas con Normas ASTM de Ensayos destructivos (Tracción, Flexión e Impacto)
¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none">- Peso de la probeta a ensayar con diferente cantidad de matriz polimérica.- Carga máxima permisible de la probeta.- Orientación y porcentaje del refuerzo de fibra del tallo de la planta mora.
¿Quién?	El presente estudio fue realizado por el investigador (Morayma Balladares) y los ensayos a Tracción y Flexión fue realizado por el Ing. Fernando Galarza (Analista Técnico de Pruebas e Inspecciones CFPMC)
¿Dónde?	Se realizó en la Universidad Técnica de Ambato en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y en el CFPMC.

¿Cómo?	Investigación bibliográfica Normas ASTM ASTM D3039 Ensayo de tracción ASTM D7264 Ensayo de Flexión ASTM D5628 Ensayo de Impacto
--------	---

Fuente: La autora.

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

La presente investigación se desarrolló bajo los siguientes pasos:

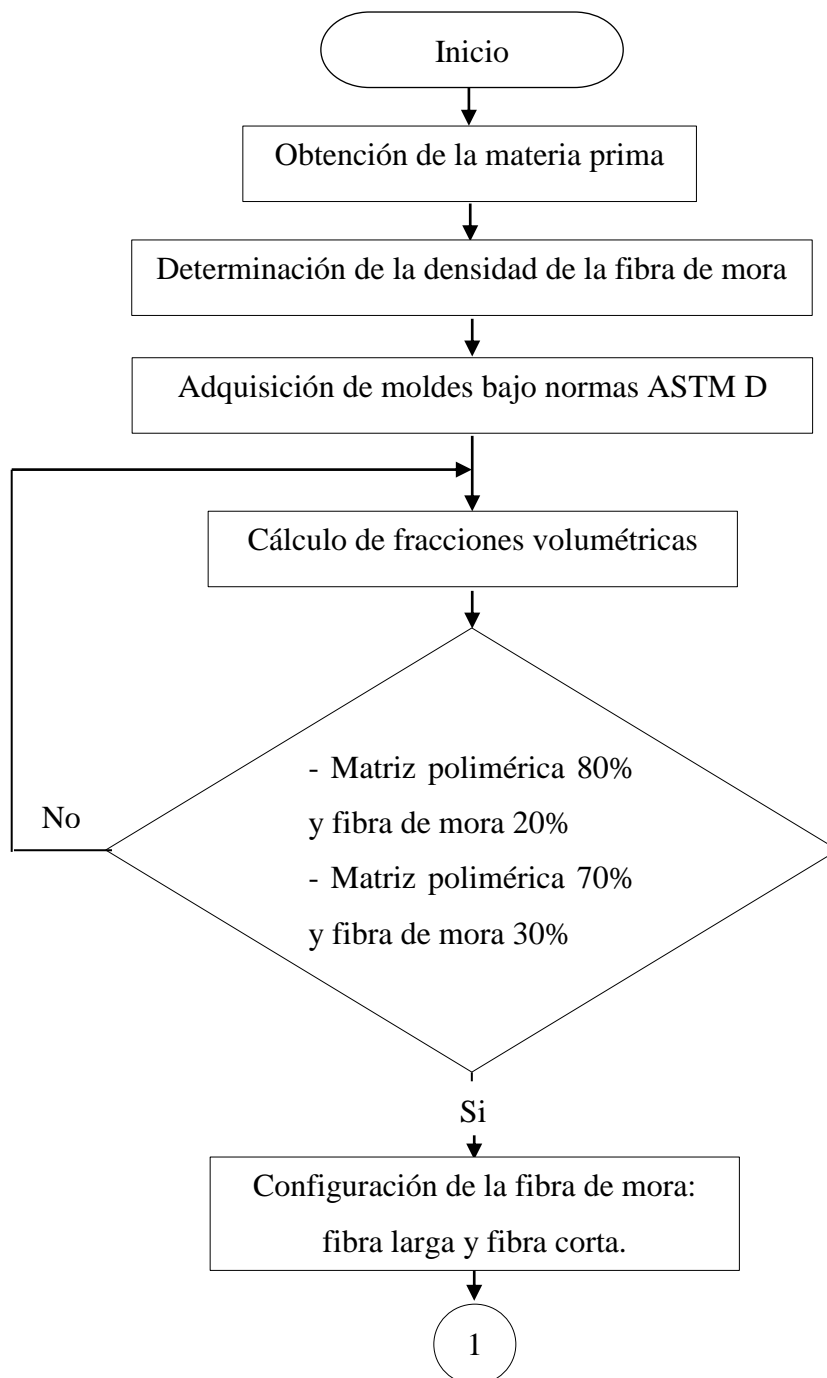
- Revisión meticulosa de la información, de tal manera que se obtenga información concisa y pertinente.
- Elaboración de probetas y ejecución de los ensayos bajo normas especificadas previamente.
- Revisión de resultados: los datos obtenidos fueron clasificados y ordenados para posteriormente ser tabulados en fichas técnicas.
- Presentación de información: los datos tabulados fueron representados mediante gráficas que muestran el comportamiento del nuevo material compuesto.
- Análisis e interpretación de resultados: con los resultados conseguidos de cada probeta se analizó mediante gráficas y tablas el grupo con mejores propiedades mecánicas y la posterior verificación de la hipótesis

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 DIAGRAMA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO.



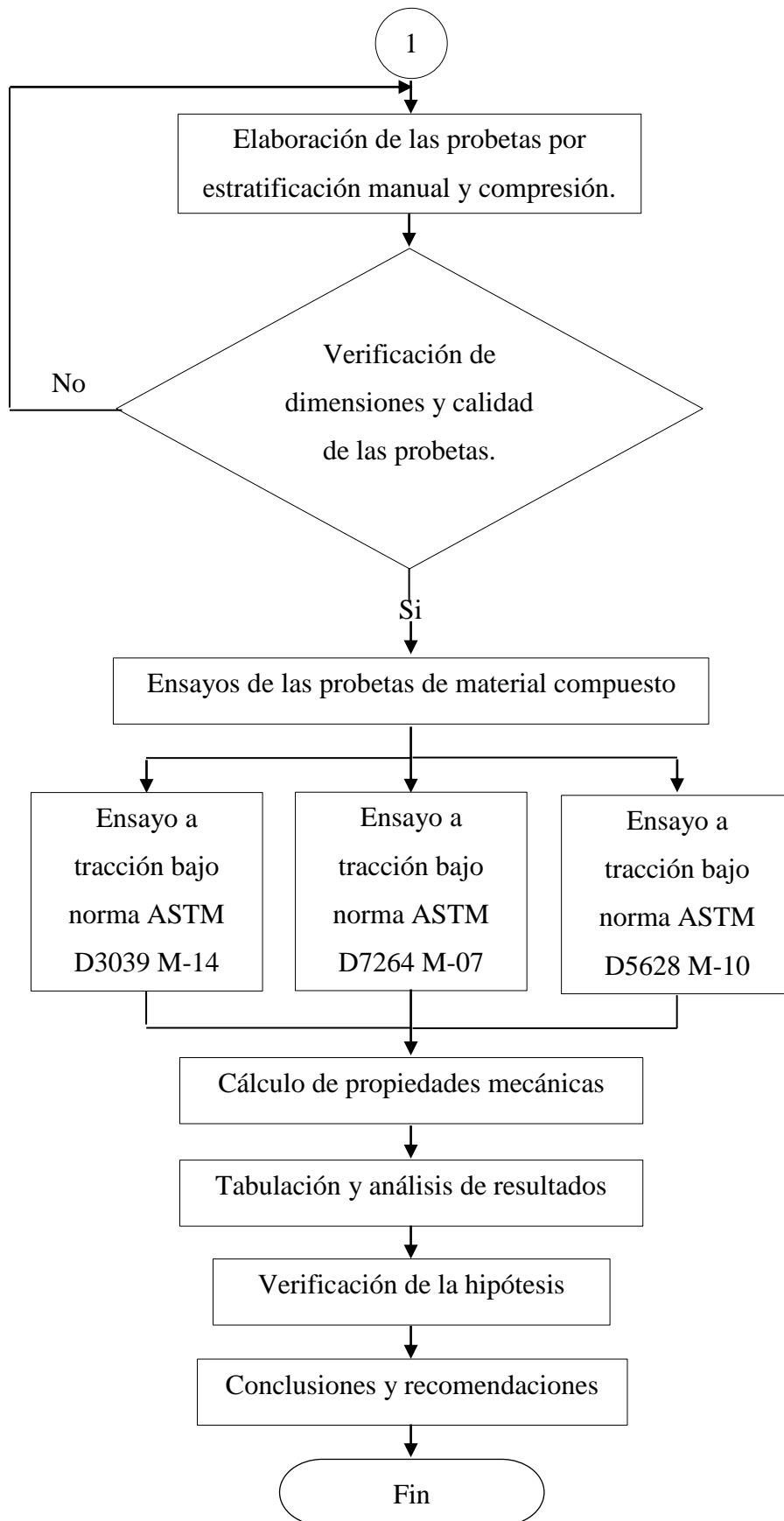


Figura 20. Diagrama del proceso de obtención del material compuesto.

Fuente: La autora.

4.1.2 OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE PLANTA DE MORA

A. Recolección de los tallos de la planta de mora.

Se recolectó los tallos de la planta de mora previamente podados y arrojados en los terrenos. Los mismos que se encuentran ubicados en la parroquia Huachi Grande del Cantón Ambato. Como se indica en la Figura 21.



Figura 21. Tallos y ramas podadas.

Fuente: La autora.

B. Extracción de la fibra.

La extracción de la fibra se realizó manualmente mediante la extracción de la corteza de los tallos con la ayuda de un estilete. Estos al ser desperdicios agrícolas necesitan un secado mediante un horno a 130°C por tres horas para obtener una fibra deshidratada. Como se puede observar en la Figura 22.









Figura 22. Colocación de la fibra en el horno.

Fuente: La autora.

C. Cálculo de la densidad de la fibra.

Al ser una fibra nueva fue de importancia conocer la densidad usando la fórmula 2.1, para lo cual se utilizó el principio de Arquímedes y la toma de 5 muestras diferentes como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Ficha técnica de recolección de datos para la obtención de la densidad.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE DENSIDADES			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	15-02-2017	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica		
Realizado por:	Morayma Balladares	Revisado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Método:	Gravimétrico	Principio:	Arquímedes
Tipo de fibra	Fibra del tallo de la planta de Mora	Temperatura:	Ambiente
Substancia:	Resina Poliéster	Densidad teórica:	----
PROCEDIMIENTO			
1. Pesar la fibra del tallo de planta de mora, para la determinación de su densidad.			
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Muestra 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Muestra 2</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Muestra 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Muestra 4</p> </div> </div>			
2. Medir 90 ml o cc de resina			



3. Introducir la fibra en la resina y ver el aumento del volumen



Muestra 1



Muestra 2



Muestra 3



Muestra 4

RESULTADOS

Muestra	Masa gr	Vol. inicial cm ³	Vol. final cm ³	Variación cm ³	Densidad g/cm ³
1	7.9	90	97	7	1.13
2	4.8	90	94	4	1.2
3	3.8	90	93	3	1.27
4	3	90	93.6	3.6	1.2
Promedio					1.2
La densidad calculada es 1.2 g/cm ³					

Fuente: La autora.

4.1.3 DETERMINACIÓN DE LAS FRACCIONES VOLUMÉRICAS DEL REFUERZO Y LA MATRIZ

Para determinar las fracciones volumétricas del refuerzo y la matriz es necesario realizar el cálculo del área y el volumen de los moldes para cada tipo de probeta, los mismos que fueron comprados al Ing. Gabriel Mazón previamente examinados y verificados que cumplen con las normas ASTM D 3039 para el ensayo a tracción, ASTM D7264 para ensayo a flexión y ASTM D5628 para ensayo de impacto.

Además se calculó la cantidad de masa de la fibra necesaria para cada probeta, una vez que se obtuvieron los datos sobre el volumen de las mismas y quedaron establecidas las fracciones volumétricas en la Tabla 5. Se utilizó el 50% de la densidad calculada, es decir $0.6 \frac{gr}{cm^3}$, debido a que con ese valor se obtuvo la cantidad de masa que llenó el molde.

A. Para probetas a tracción.

De acuerdo con la norma ASTM D3039 se tiene las medidas mostradas en la Figura 23:

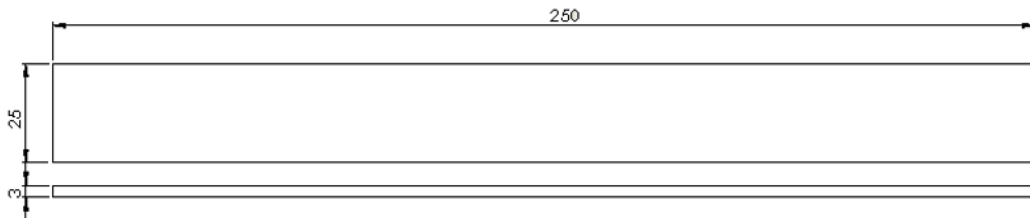


Figura 23. Dimensiones de la Probeta para el ensayo a Tracción [5].

- Cálculo del área.

$$A = l * a \quad (4.8)$$

$$A = 250 \text{ mm} * 25 \text{ mm}$$

$$A = 6250 \text{ mm}^2$$

Donde:

A: Área de la probeta (mm^2)

l: Largo de la probeta (mm)

a: Ancho de la probeta (mm)

- Cálculo del volumen.

$$V_T = A * e \quad (4.9)$$

$$V_T = 62.50 \text{ cm}^2 * 0.3 \text{ cm}$$

$$V_T = 18.750 \text{ cm}^3$$

Donde:

V_T : Volumen total de la probeta (cm^3)

A : Área de la probeta (cm^2)

e : Espesor de la probeta (cm)

$$V_T = V_f + V_M \quad (4.10)$$

Donde:

V_T : Volumen total de la probeta (cm^3)

V_f : Volumen del refuerzo (cm^3)

V_M : Volumen de la matriz (cm^3)

- Probetas Tipo (A):

Fracción volumétrica de la matriz: 80% de resina polimérica

$$\begin{array}{l} 18.750 \text{ cm}^3 \longrightarrow 100\% \\ V_M \longrightarrow 80\% \end{array}$$

$$V_M = 15 \text{ cm}^3$$

Fracción volumétrica del refuerzo: 20% de fibra de planta de mora.

$$V_f = V_T - V_M$$

$$V_f = 18.750 \text{ cm}^3 - 15 \text{ cm}^3$$

$$V_f = 3.75 \text{ cm}^3$$

Para obtener la masa del refuerzo se utilizó la ecuación 2.1, despejando m_f

$$m_f = \rho * V_f$$

$$m_f = 0.6 \frac{gr}{cm^3} * 3.75 cm^3$$

$$m_f = 2.25 gr$$

$$m_f \approx 2.3 gr$$

Al ser 28 probetas la masa total necesaria para las probetas Tipo (A) fue:

$$m_{T_{Tipo(A)T}} = 28 * m_f$$

$$m_{T_{Tipo(A)T}} = 28 * 2.3 gr$$

$$m_{T_{Tipo(A)T}} = 64.4 gr$$

- Probetas Tipo (B):

Fracción volumétrica de la matriz: 70% de resina polimérica

$$\begin{array}{ccc} 18.750 cm^3 & \longrightarrow & 100\% \\ V_M & \longrightarrow & 70\% \end{array}$$

$$V_M = 13.125 cm^3$$

Fracción volumétrica del refuerzo: 30% de fibra de planta de mora.

$$V_f = V_T - V_M$$

$$V_f = 18.750 cm^3 - 13.125 cm^3$$

$$V_f = 5.625 cm^3$$

Para obtener la masa se utilizó la ecuación 2.1, despejando m_f

$$m_f = \rho * V_f$$

$$m_f = 0.6 \frac{gr}{cm^3} * 5.625 cm^3$$

$$m_f = 3.375 gr$$

$$m_f \approx 3.4 gr$$

Al ser 28 probetas la masa total necesaria para las probetas Tipo (B) fue:

$$m_{T_{Tipo(B)T}} = 28 * m_f$$

$$m_{T_{Tipo(B)T}} = 28 * 3.4 gr$$

$$m_{T_{\text{Tipo(B)T}}} = 95.2 \text{ gr}$$

B. Para probetas a flexión.

Para realizar las probetas a flexión se utilizó la norma ASTM D7268 con las dimensiones mostradas en la Figura 24:

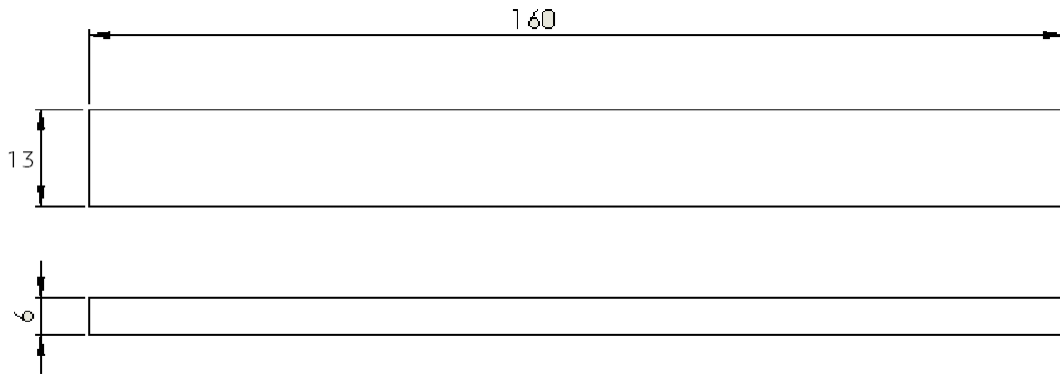


Figura 24. Dimensiones de la Probeta para el ensayo a Flexión [5].

- Cálculo del área con la ecuación 4.8.

$$A = 20.80 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del volumen con la ecuación 4.9.

$$V_T = 12.480 \text{ cm}^3$$

- Probetas Tipo (A):

Fracción volumétrica de la matriz: 80% de resina polimérica

$$\begin{array}{l} 12.480 \text{ cm}^3 \longrightarrow 100\% \\ V_M \longrightarrow 80\% \end{array}$$

$$V_M = 9.984 \text{ cm}^3$$

Fracción volumétrica del refuerzo: 20% de fibra de planta de mora.

$$V_f = V_T - V_M$$

$$V_f = 12.480 \text{ cm}^3 - 9.984 \text{ cm}^3$$

$$V_f = 2.496 \text{ cm}^3$$

Para obtener la masa se utilizó la ecuación 2.1, despejando m_f

$$m_f = \rho * V_f$$

$$m_f = 0.6 \frac{gr}{cm^3} * 2.496 cm^3$$

$$m_f = 1.4976 gr$$

$$m_f \approx 1.5 gr$$

Al ser 28 probetas la masa total necesaria para las probetas Tipo (A) fue:

$$m_{T_{Tipo(A)F}} = 28 * m_f$$

$$m_{T_{Tipo(A)F}} = 28 * 1.5 gr$$

$$m_{T_{Tipo(A)F}} = 42gr$$

- Probetas Tipo (B):

Fracción volumétrica de la matriz: 70% de resina polimérica

$$\begin{array}{ccc} 12.480 cm^3 & \longrightarrow & 100\% \\ V_M & \longrightarrow & 70\% \end{array}$$

$$V_M = 8.736 cm^3$$

Fracción volumétrica del refuerzo: 30% de fibra de planta de mora.

$$V_f = V_T - V_M$$

$$V_f = 12.480 cm^3 - 8.736 cm^3$$

$$V_f = 3.744 cm^3$$

Para obtener la masa se utilizó la ecuación 2.1, despejando m_f

$$m_f = \rho * V_f$$

$$m_f = 0.6 \frac{gr}{cm^3} * 3.744 cm^3$$

$$m_f = 2.2464 gr$$

$$m_f \approx 2.3 gr$$

Al ser 28 probetas la masa total necesaria para las probetas Tipo (B) fue:

$$m_{T_{Tipo(B)F}} = 28 * m_f$$

$$m_{T_{Tipo(B)F}} = 28 * 2.3 \text{ gr}$$

$$m_{T_{Tipo(B)F}} = 64.4 \text{ gr}$$

C. Para probetas de impacto.

Para las probetas de impacto se utilizó la norma ASTM D5628-10 con las dimensiones mostradas en la Figura 25, en la fabricación de estas probetas se utilizó un molde de largo 290mm , es decir el valor de 5 probetas.

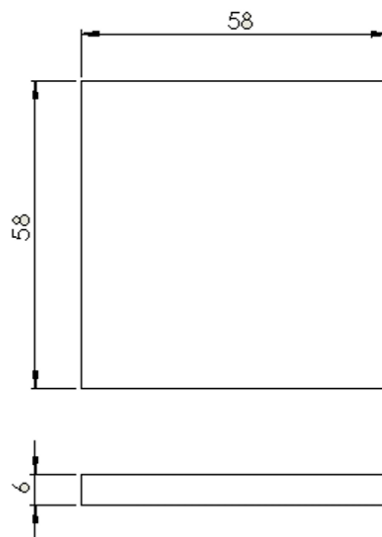


Figura 25. Dimensiones de la Probeta para el ensayo de Impacto [5].

- Cálculo del área con la ecuación 4.8.

$$A = 168.20 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del volumen con la ecuación 4.9.

$$V_T = 100.920 \text{ cm}^3$$

- Probetas Tipo (A):

Fracción volumétrica de la matriz: 80% de resina polimérica

$$\begin{array}{l} 100.920 \text{ cm}^3 \longrightarrow 100\% \\ V_M \longrightarrow 80\% \end{array}$$

$$V_M = 80.736 \text{ cm}^3$$

Fracción volumétrica del refuerzo: 20% de fibra de planta de mora.

$$V_f = V_T - V_M$$
$$V_f = 100.920 \text{ cm}^3 - 80.736 \text{ cm}^3$$
$$V_f = 20.184 \text{ cm}^3$$

Para obtener la masa se utilizó la ecuación 2.1, despejando m_f

$$m_f = \rho * V_f$$
$$m_f = 0.6 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 20.184 \text{ cm}^3$$
$$m_f = 12.11 \text{ gr}$$

Al ser 2 planchas para las probetas la masa total necesaria para las probetas Tipo (A) fue:

$$m_{T_{\text{Tipo(A)}}} = 2 * m_f$$
$$m_{T_{\text{Tipo(A)}}} = 28 * 12.11 \text{ gr}$$
$$m_{T_{\text{Tipo(A)}}} = 24.22 \text{ gr}$$

• Probetas Tipo (B):

Fracción volumétrica de la matriz: 70% de resina polimérica

$$\begin{array}{ccc} 100.920 \text{ cm}^3 & \longrightarrow & 100\% \\ V_M & \longrightarrow & 70\% \end{array}$$

$$V_M = 70.644 \text{ cm}^3$$

Fracción volumétrica del refuerzo: 30% de fibra de planta de mora.

$$V_f = V_T - V_M$$
$$V_f = 100.920 \text{ cm}^3 - 70.644 \text{ cm}^3$$
$$V_f = 30.276 \text{ cm}^3$$

Para obtener la masa se utilizó la ecuación 2.1, despejando m_f

$$m_f = \rho * V_f$$

$$m_f = 0.6 \frac{gr}{cm^3} * 30.27 cm^3$$

$$m_f = 18.16 gr$$

Al ser 2 planchas para las probetas la masa total necesaria para las probetas Tipo (B) fue:

$$m_{T_{Tipo(B)I}} = 2 * m_f$$

$$m_{T_{Tipo(B)I}} = 2 * 18.16 gr$$

$$m_{T_{Tipo(B)I}} = 36.32 gr$$

La cantidad de masa total que fue requerida para la elaboración de todas las probetas fue:

$$m_T = m_{T_{Tipo(A)T}} + m_{T_{Tipo(B)T}} + m_{T_{Tipo(A)F}} + m_{T_{Tipo(B)F}} + m_{T_{Tipo(A)I}} + m_{T_{Tipo(B)I}}$$

$$m_T = 64.4 gr + 95.2 gr + 42 gr + 64.4 gr + 24.22gr + 36.32gr$$

$$m_T = 326.54 gr$$

Donde:

m_T : Cantidad total de masa (*gr*)

$m_{T_{Tipo(A)T}}$: Cantidad total de masa de las probetas Tipo (A) para ensayos a Tracción (*gr*)

$m_{T_{Tipo(B)T}}$: Cantidad total de masa de las probetas Tipo (B) para ensayos a Tracción (*gr*)

$m_{T_{Tipo(A)F}}$: Cantidad total de masa de las probetas Tipo (A) para ensayos a Flexión (*gr*)

$m_{T_{Tipo(B)F}}$: Cantidad total de masa de las probetas Tipo (B) para ensayos a Flexión(*gr*)

$m_{T_{Tipo(A)I}}$: Cantidad total de masa de las probetas Tipo (A) para ensayos a Impacto (*gr*)

$m_{T_{Tipo(B)I}}$: Cantidad total de masa de las probetas Tipo (B) para ensayos a Impacto (*gr*)

4.1.4 ELABORACIÓN DE LA PROBETAS

A. Fabricación de probetas a Tracción.

- 1) Limpiar el molde, como se indica en la Figura 26, con el fin de eliminar las impurezas del área donde va a ser fabricado el material compuesto.



Figura 26. Limpieza del molde.

Fuente: La autora.

- 2) Encerar el molde con cera para desmoldar polímeros y esperar a que seque el tiempo necesario, dependiendo de la cantidad de la cera colocada para no tener dificultades al momento de extraer la probeta. En la Figura 27, se observa el molde encerrado.



Figura 27. Molde encerado.

Fuente. La autora

- 3) Pesar la cantidad de masa calcula anteriormente tanto para fibra larga como para fibra corta y para las probetas Tipo (A) y Tipo (B), como se aprecia en la Figura 28.

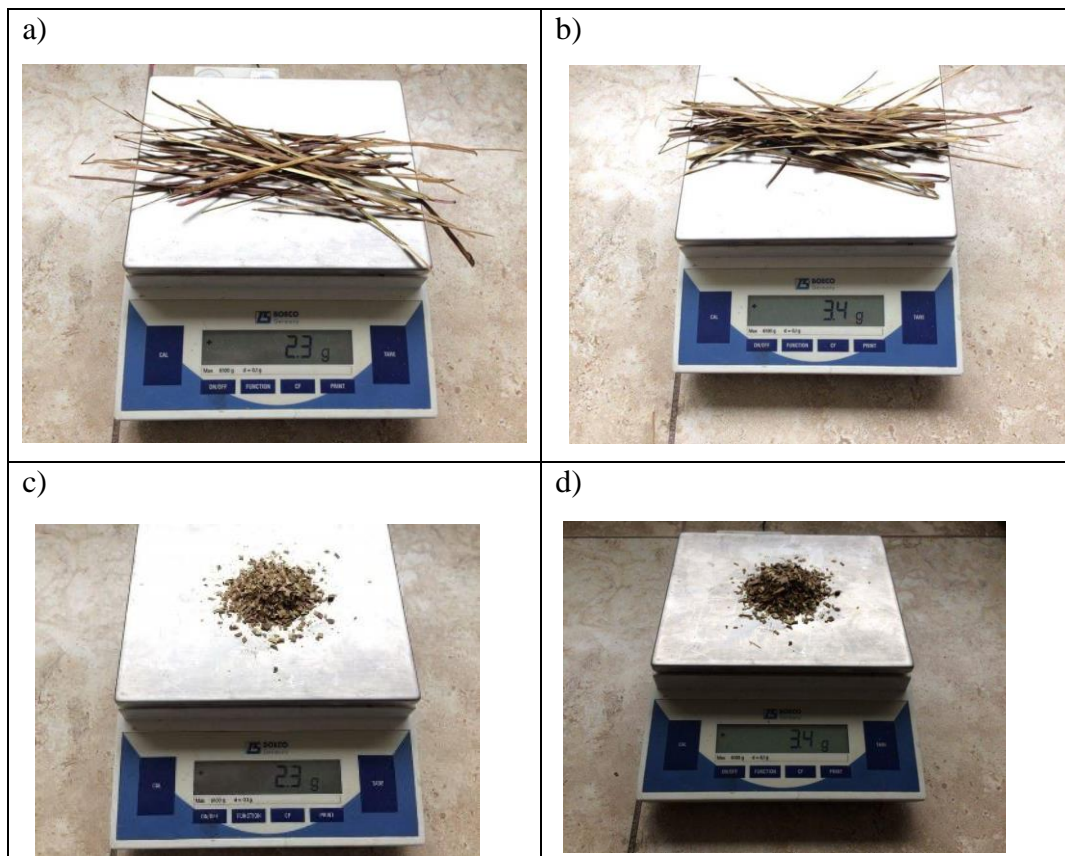


Figura 28. Cantidad de fibras pesadas: a) Fibra larga Tipo (A), b) Fibra Larga Tipo (B), c) Fibra Corta Tipo (A) y d) Fibra Corta Tipo (B).

Fuente: La autora.

4) Colocar la fibra en el molde, como se indica en la Figura 29.



Figura 29. Fibra colocada en el molde.

Fuente: La autora.

5) Mezclar la resina con el MEK al 2% del mismo, como se muestra en la Figura 30.



Figura 30. Colocación del MEK en la resina.

Fuente: La autora.

- 6) Elaborar la probeta vaciando la resina preparada de manera que ninguna fibra quede sin resina y no se formen burbujas de aire. Como se muestra en la Figura 31.



Figura 31. Preparación de la Probeta.

Fuente: La autora.

- 7) Colocar la tapa del molde, como se indica en la Figura 32, cuando se preparen las probetas por compresión.



Figura 32. Colocación de la tapa del molde.

Fuente: La autora.

- 8) Esperar el tiempo de curado (35-40 minutos), como se muestra en la Figura 33 y proceder a extraer la probeta, como se observa en la figura 34.



Figura 33. Probetas en el tiempo de curación.

Fuente: La autora.



Figura 34. Probeta extraída.

Fuente: La autora.

- 9) Realizar un control de calidad a cada probeta para seleccionar las cinco mejores de cada grupo y colocar los códigos para identificarlas.
- 10) Preparar las probetas colocando lijas N°30 en los extremos para la sujeción de las mordazas, como se observa en las Figuras 35 y 36, para que sean ensayadas posteriormente.



Figura 35. Probetas terminadas, fibra larga.

Fuente: La autora.



Figura 36. Probetas terminadas, fibra corta.

Fuente: La autora.

B. Fabricación de probetas de Flexión.

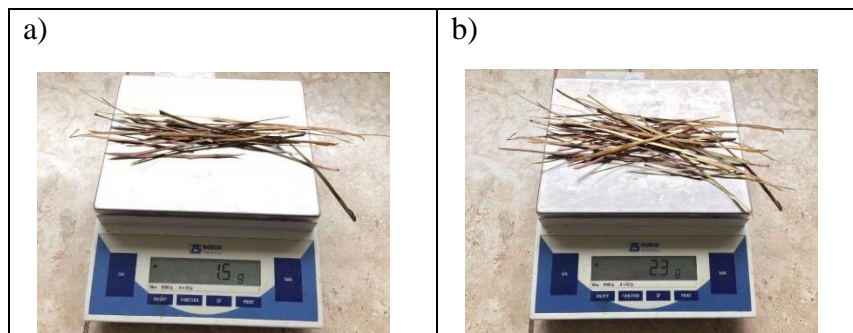
- 1) Limpiar el molde, como se muestra en la Figura 37, para dejar sin impurezas el área donde va a ser fabricado el material compuesto.



Figura 37. Limpieza del molde.

Fuente: La autora.

- 2) Encerar el molde con cera para desmoldar polímeros y esperar a que seque el tiempo necesario, dependiendo de la cantidad de la cera colocada, para no tener dificultades al momento de extraer la probeta.
- 3) Pesar la cantidad de masa calculada tanto para fibra larga, fibra corta y para las probetas Tipo (A) y Tipo (B). Como se aprecia en la Figura 38.



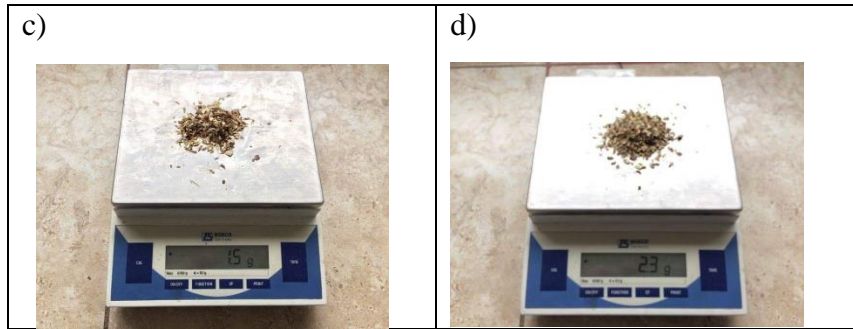


Figura 38. Cantidad de fibras pesadas: a) Fibra larga Tipo (A), b) Fibra Larga Tipo (B), c) Fibra Corta Tipo (A) y d) Fibra Corta Tipo (B).

Fuente: La autora.

- 4) Colocar la fibra en el molde. Como se muestra en la Figura 39.



Figura 39. Colocación de la fibra en el molde.

Fuente: La autora.

- 5) Mezclar la resina con el MEK al 2% del mismo. Como se indica en la Figura 40.



Figura 40. Colocación del MEK en la resina.

Fuente: La autora.

- 6) Elaborar la probeta vaciando la resina preparada, de manera que ninguna fibra quede sin resina y no se formen burbujas de aire. En la Figura 41 se aprecia la elaboración de la probeta.



Figura 41. Verter la resina en la fibra colocada en el molde.

Fuente: La autora.

- 7) Colocar la tapa del molde, como se observa en la Figura 42, cuando se preparen las probetas por compresión.



Figura 42. Colocación de la tapa en el molde.

Fuente: La autora.

- 8) Esperar el tiempo de curado (35-40 minutos) y proceder a extraer la probeta. Como se indica en la Figura 43.



Figura 43. Probetas extraídas.

Fuente: La autora.

- 9) Controlar el estado de las probetas, escoger las cinco mejores de cada grupo que van a ser ensayadas y escribir los códigos que les identifica a cada una de ellas, como se indica en la Figura 44 y 45.



Figura 44. Probetas terminadas, fibra larga.

Fuente: La autora.



Figura 45. Probetas terminadas, fibra corta.

Fuente: La autora.

C. Fabricación de probetas de Impacto.

- 1) Limpiar el molde. Para dejar sin impurezas el área donde va a ser fabricado el material compuesto.
- 2) Encerar el molde. Con cera para desmoldar polímeros y esperar a que seque el tiempo necesario dependiendo de la cantidad de la cera colocada, como se muestra en la Figura 46, para no tener dificultades al momento de extraer la probeta.



Figura 46. Molde encerado.

Fuente: La autora.

- 3) Pesar la cantidad de masa calculada. Tanto para fibra larga, fibra corta y para las probetas Tipo (A) y Tipo (B). Como se indica en la Figura 47.

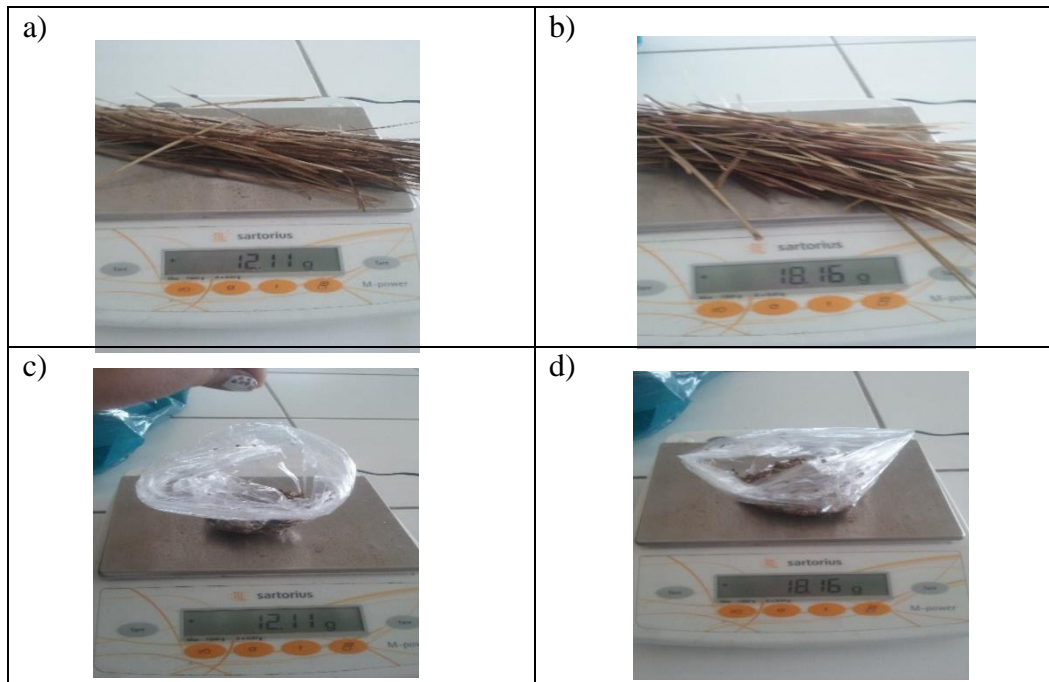


Figura 47. Cantidad de fibras pesadas: a) Fibra larga Tipo (A), b) Fibra Larga Tipo (B), c) Fibra Corta Tipo (A) y d) Fibra Corta Tipo (B).

Fuente: La autora.

- 4) Colocar la fibra en el molde, como se observa en la Figura 48.



Figura 48. Colocación de la fibra pesada en el molde.

Fuente: La autora.

- 5) Mezclar la resina con el MEK al 2%.
- 6) Elaborar la probeta vaciando la resina preparada, de manera que ninguna fibra quede sin el aglutinante. Además, que no se formen burbujas de aire. Como se muestra en la Figura 49.



Figura 49. Probeta lista para entrar en el tiempo de curado.

Fuente: La autora.

- 7) Colocar la tapa del molde cuando se preparen las probetas por compresión.
- 8) Esperar el tiempo de curado (35-40 minutos) y proceder a extraer la probeta.
- 9) Cortar a láser las cinco probetas que se obtiene de cada plancha, como se indica en la Figura 50.

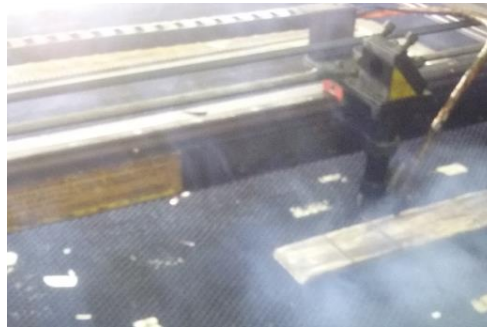


Figura 50. Máquina láser cortando las planchas para obtener las probetas de impacto.

Fuente: La autora.

- 10) Controlar la calidad de cada probeta y colocar los códigos en cada una, como se muestra en la Figura 51.






Figura 51. Probetas terminadas, fibra larga.

Fuente: La autora.

4.1.5 TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

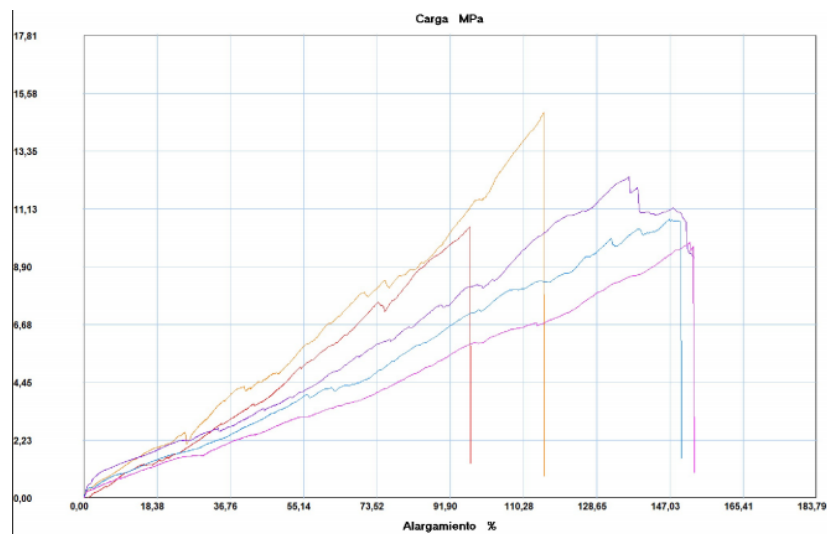
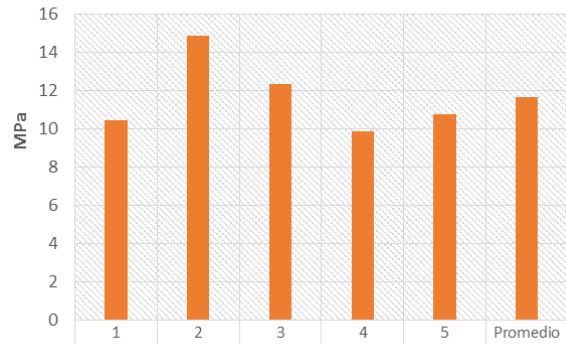
4.1.5.1 Tabulación de datos de las probetas ensayadas a tracción.

Tabla 10. Ficha técnica de las probetas del Grupo 1 ensayadas a tracción.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%		
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Manual		
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Larga		
Espesor promedio:	4.65 mm	Número de Probetas:	5		
Temperatura:	18°C	Humedad:	75%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	1111.68	10.44	538.11	1.94	LGM
2	1563.88	14.84	645.15	2.3	LAT
3	1322.00	12.36	452.66	2.73	LAT
4	1161.03	9.85	323.94	3.04	LGM
5	1397.03	10.74	365.27	2.94	LGM
Promedio \bar{x}	1311.12	11.64	465.03	2.59	
Desviación estándar S_{n-1}	182.81	2.01	130.18	0.46	
Coefficiente de variación CV	13.94	17.28	27.99	17.81	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de tracción



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	1111,68	61,77	1111,68	10,44	0,58	10,44
2	1563,88	102,22	1563,88	14,84	0,97	14,84
3	1322,00	140,16	1136,86	12,36	1,31	10,63
4	1161,03	91,48	1161,03	9,85	0,78	9,85
5	1397,03	120,52	1381,76	10,74	0,93	10,62
Media	1311,124	103,230	1271,042	11,645	0,913	11,275
Desv. Std	182,818	29,668	195,906	2,013	0,270	2,017
Coef. V.	0,139	0,287	0,154	0,173	0,295	0,179

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio del primer grupo fue 4.65 mm.
- El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 465.03 MPa.
- El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 11.64 MPa.

OBSERVACIÓN

- En el primer caso la primera, cuarta y quinta probeta presentaron falla lateral en la mitad de la misma.
- La segunda y tercera probeta mostraron falla lateral en el área del agarre.

Elaborado por:

Morayma Balladares

Aprobado por:

Ing. Mg. Segundo Espín

Revisado por:




Ing. Esteban López

Validado por:

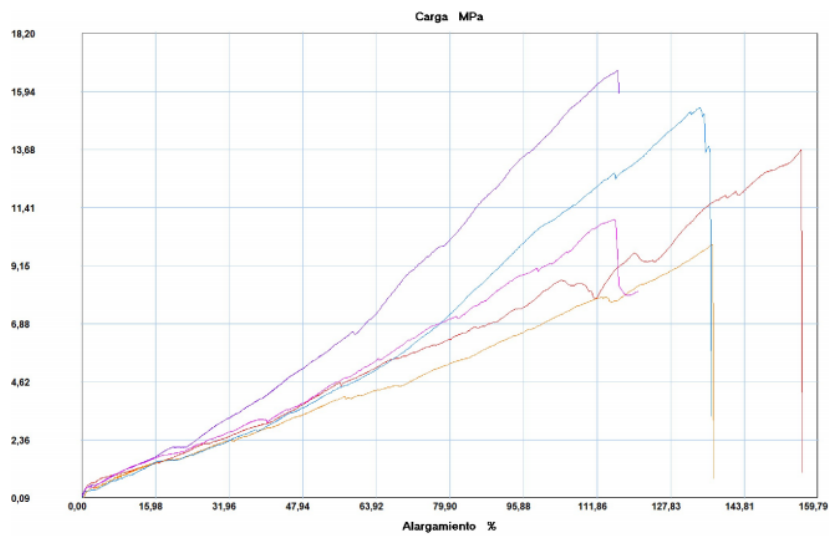
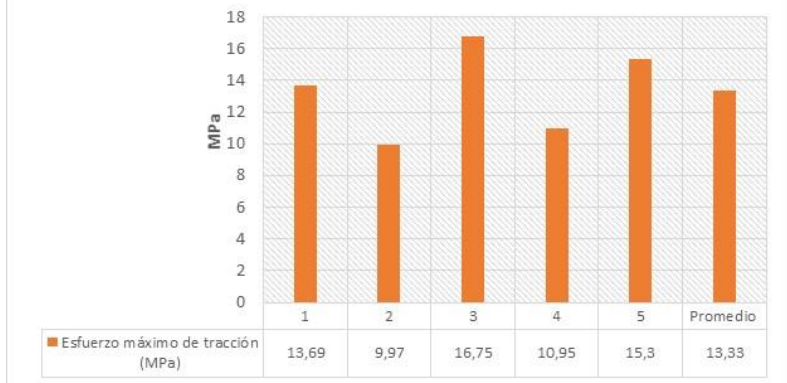
Ing. Mg. Segundo Espín

Fuente: La autora.

Tabla 11. Ficha técnica de las probetas del Grupo 2 ensayadas a tracción.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%		
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Manual		
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Larga		
Espesor promedio:	4.8 mm	Número de Probetas:	5		
Temperatura:	18°C	Humedad:	77%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	1430.94	13.69	705.44	1.94	LGM
2	1404.92	9.97	433.39	2.3	LGM
3	1796.52	16.75	613.49	2.73	LGM
4	1341.47	10.95	360.19	3.04	LGM
5	1814.81	15.30	520.41	2.94	LGM
Promedio \bar{x}	1557.73	13.33	526.59	2.59	
Desviación estándar S_{n-1}	228.74	2.85	137.79	0.46	
Coficiente de variación CV	14.68	21.43	26.16	17.81	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					
GRÁFICAS					

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	1430,94	113,47	1430,94	13,69	1,09	13,69
2	1404,92	138,98	1404,92	9,97	0,99	9,97
3	1796,52	114,31	1796,52	16,75	1,07	16,75
4	1341,47	130,59	1333,25	10,95	1,07	10,88
5	1814,81	101,38	1803,73	15,30	0,85	15,21
Media	1557,732	119,746	1553,872	13,330	1,012	13,298
Desv. Std	228,750	14,948	227,640	2,857	0,096	2,856
Coef. V.	0.147	0.125	0.146	0.214	0.095	0.215

EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> El espesor real promedio del primer grupo fue 4.8mm. El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 526.59MPa. El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 13.33MPa. 		<ul style="list-style-type: none"> Para el segundo caso todas las probetas presentaron falla lateral en la mitad de las mismas. 	
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

Fuente: La autora.

Tabla 12. Ficha técnica de las probetas del Grupo 3 ensayadas a tracción.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Manual
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Corta
Espesor promedio:	3.68 mm	Número de Probetas:	5
Temperatura:	19°C	Humedad:	72%

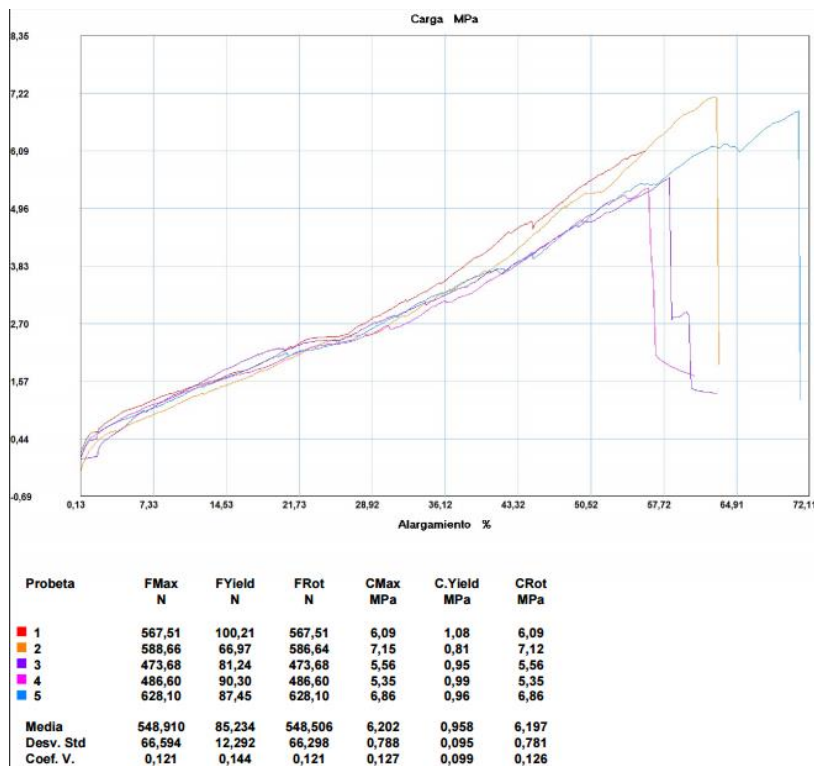
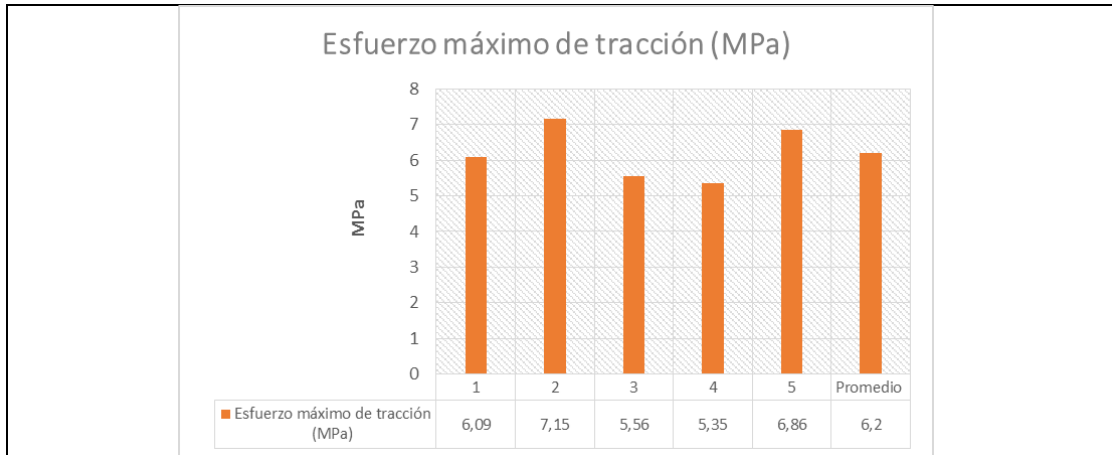
RESULTADOS

Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	567.51	6.09	548.72	1.11	LGM
2	588.66	7.15	571.77	1.25	LGM
3	473.68	5.56	479.17	1.16	LGM
4	486.60	5.35	477.64	1.12	LGM
5	628.10	6.86	486.76	1.41	LGM
Promedio \bar{x}	548.91	6.20	512.81	1.21	
Desviación estándar S_{n-1}	66.59	0.78	44.19	0.12	
Coefficiente de variación CV	12.13	12.70	8.61	10.30	

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> El espesor real promedio del primer grupo fue 3.68mm. El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 512.81MPa. El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 6.20MPa. 		<ul style="list-style-type: none"> Todas las probetas del tercer caso presentaron falla lateral en la mitad de las mismas. 	
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

Fuente: La autora.

Tabla 13. Ficha técnica de las probetas del Grupo 4 ensayadas a tracción.



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Manual
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Corta
Espesor promedio:	4 mm	Número de Probetas:	5
Temperatura:	20°C	Humedad:	76%

RESULTADOS

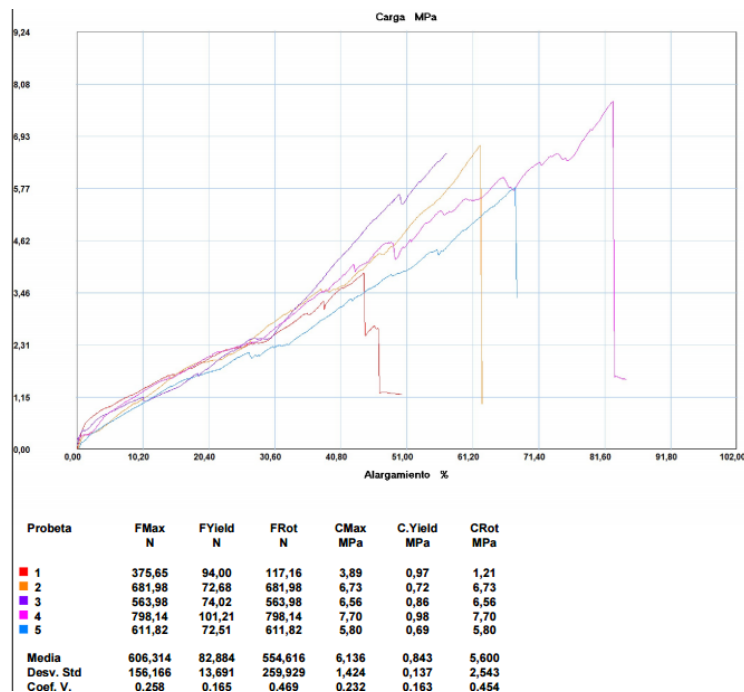
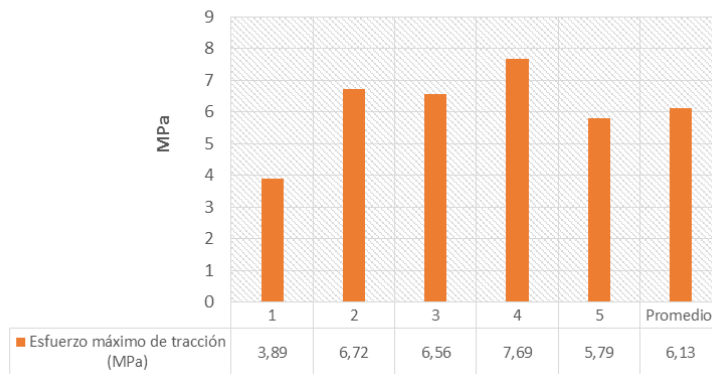
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	375.65	3.89	442.58	0.88	LAT
2	691.98	6.72	542.67	1.24	LGM
3	563.98	6.56	575.52	1.14	LAT
4	798.14	7.69	687.2	1.12	LIT
5	611.82	5.79	429.48	1.35	LGM
Promedio \bar{x}	606.31	6.13	535.51	1.14	
Desviación estándar S_{n-1}	156.16	1.42	105.55	0.17	
Coefficiente de variación CV	25.75	23.20	19.71	15.23	

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)



EVALUACIÓN

- El espesor real promedio del primer grupo fue 4mm.
- El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 535.51MPa.
- El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 6.13MPa.




OBSERVACIÓN

- En el cuarto caso la primera y la tercera probeta mostraron falla lateral en el área del agarre.
- La segunda y la quinta probeta presentaron falla lateral en la mitad de la misma.
- La cuarta probeta presentó falla lateral dentro del agarre.

Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

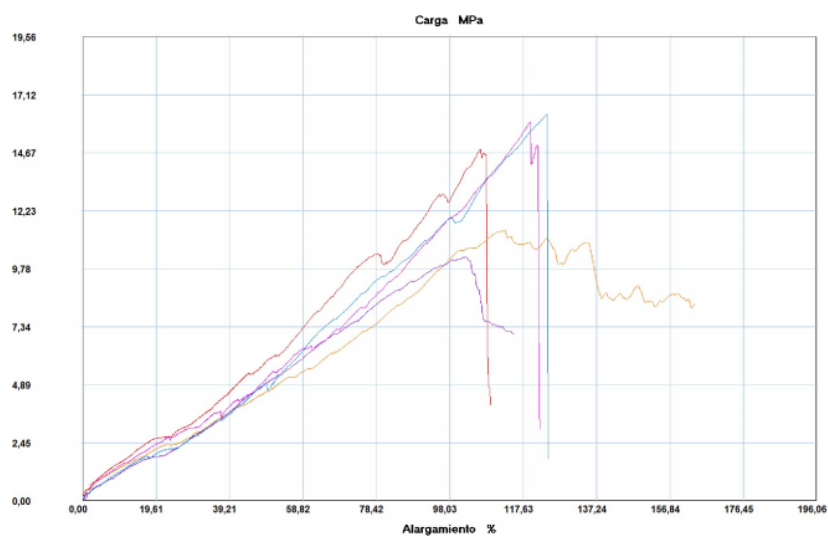
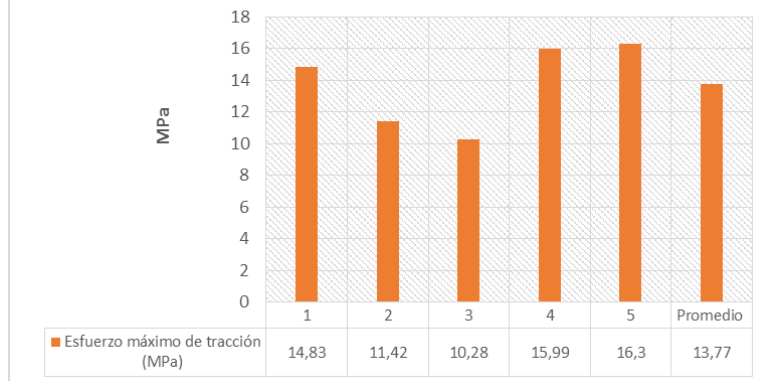
Fuente: La autora.

Tabla 14. Ficha técnica de las probetas del Grupo 5 ensayadas a tracción.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%		
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Larga		
Espesor promedio:	3.7 mm	Número de Probetas:	5		
Temperatura:	19°C	Humedad:	70%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	1163.05	14.83	699.82	2.12	LGM
2	1105.47	11.42	560.27	2.04	LGM
3	1114.54	10.28	430.28	2.39	LAT
4	1118.40	15.99	645.02	2.48	LGM
5	1556.49	16.30	953.45	1.71	LGM
Promedio \bar{x}	1211.59	13.77	657.77	2.148	
Desviación estándar S_{n-1}	194.08	2.74	194.04	0.31	
Coficiente de variación CV	16.01	19.93	29.50	14.21	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
■ 1	1163,05	107,93	1163,05	14,84	1,38	14,84
■ 2	1105,47	130,42	804,85	11,43	1,35	8,32
■ 3	1114,54	103,40	1025,57	10,28	0,95	9,46
■ 4	1118,40	88,96	1118,40	16,00	1,27	16,00
■ 5	1556,49	100,21	1556,49	16,30	1,05	16,30
Media	1211,590	106,184	1133,672	13,770	1,200	12,984
Desv. Std	194,085	15,252	273,716	2,745	0,188	3,797
Coef. V.	0,160	0,144	0,241	0,199	0,157	0,292

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio del primer grupo fue 3.7mm.
- El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 657.77MPa.
- El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 13.77MPa.




OBSERVACIÓN

- Para el quinto caso la primera, segunda, cuarta y quinta probeta presentaron falla lateral en la mitad de la misma.
- La tercera probeta mostró falla lateral en el área del agarre.

Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

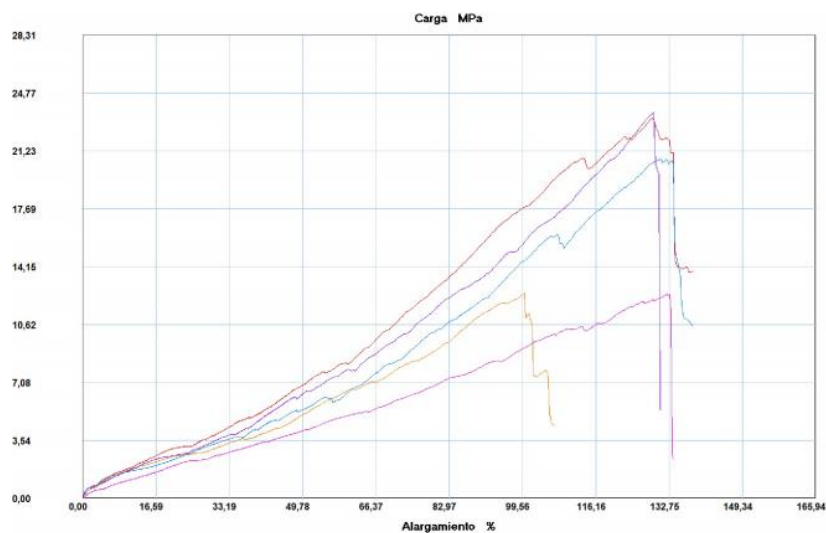
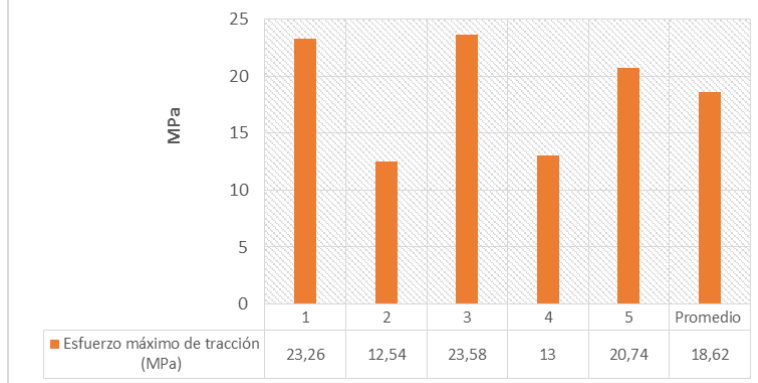
Fuente: La autora.

Tabla 15. Ficha técnica de las probetas del Grupo 6 ensayadas a tracción.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%		
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Larga		
Espesor promedio:	3.5 mm	Número de Probetas:	5		
Temperatura:	18°C	Humedad:	74%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	1611.88	23.26	905.31	2.57	LGM
2	1158.51	12.54	627.04	2.00	LGM
3	2023.62	23.58	914.32	2.58	LGM
4	1343.99	13.00	492.53	2.64	LGM
5	1506.81	20.74	794.69	2.61	LGM
Promedio \bar{x}	1528.96	18.62	746.78	2.48	
Desviación estándar S_{n-1}	325.38	5.46	183.35	0.26	
Coefficiente de variación CV	21.28	29.31	24.55	10.87	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	1611,88	112,96	1514,36	23,27	1,63	21,86
2	1158,51	132,10	1158,51	12,54	1,43	12,54
3	2023,62	123,87	2023,62	23,59	1,44	23,59
4	1343,99	101,72	1341,81	12,46	0,94	12,44
5	1506,81	110,95	1496,57	20,74	1,53	20,60
Media	1528,962	116,320	1506,974	18,520	1,395	18,206
Desv. Std	325,385	11,825	322,410	5,604	0,265	5,324
Coef. V.	0,213	0,102	0,214	0,303	0,190	0,292

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio del primer grupo fue 3.5mm.
- El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 746.78MPa.
- El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 18.62MPa.

OBSERVACIÓN

- Todas las probetas del sexto caso presentaron falla lateral en la mitad de las mismas.

Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

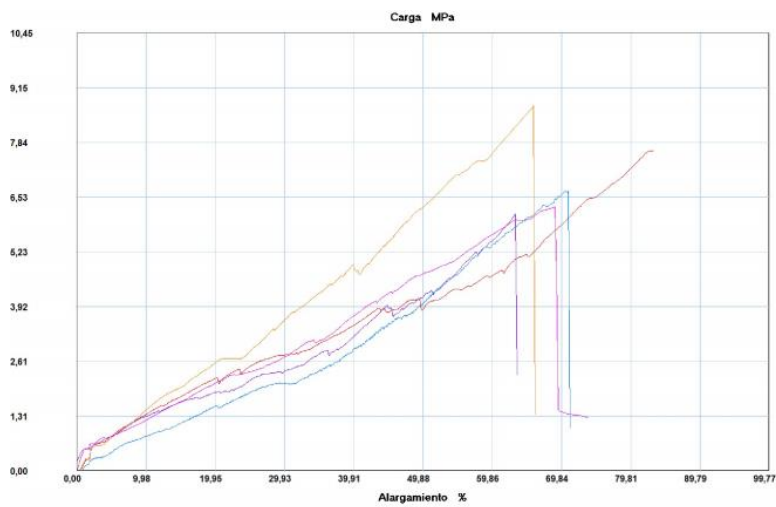
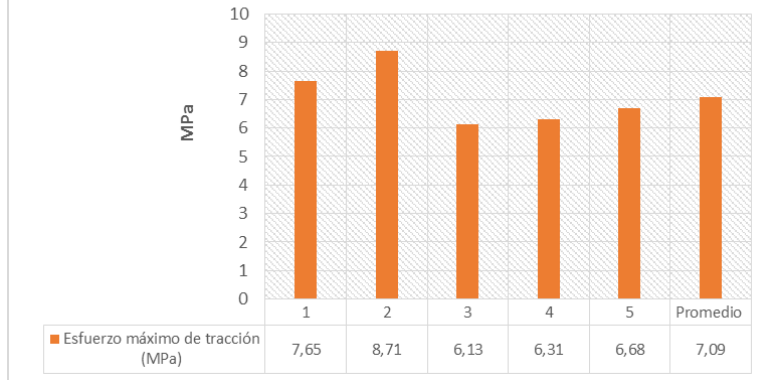
Fuente: La autora.

Tabla 16. Ficha técnica de las probetas del Grupo 7 ensayadas a tracción.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%		
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Corta		
Espesor promedio:	3.5 mm	Número de Probetas:	5		
Temperatura:	18°C	Humedad:	73%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	601.92	7.65	461.00	1.66	LGM
2	686.68	8.71	664.96	1.31	LAT
3	515.3	6.13	486.66	1.26	LIT
4	575.56	6.31	457.29	1.38	LGM
5	667.55	6.68	473.86	1.41	LGM
Promedio \bar{x}	609.40	7.09	508.75	1.41	
Desviación estándar S_{n-1}	69.65	1.07	88.08	0.15	
Coficiente de variación CV	11.43	15.16	17.31	11.01	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)



Probeta	FMax N	FYield N	FRot N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	601,92	81,24	601,92	7,65	1,03	7,65
2	686,68	74,36	686,68	8,71	0,94	8,71
3	515,30	77,04	515,30	6,13	0,92	6,13
4	575,56	84,77	575,56	6,31	0,93	6,31
5	667,55	58,58	667,55	6,68	0,59	6,68
Media	609,402	75,198	609,402	7,098	0,882	7,098
Desv. Std	69,659	10,104	69,659	1,077	0,171	1,077
Coef. V.	0,114	0,134	0,114	0,152	0,194	0,152

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio del primer grupo fue 3.5mm.
- El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 508.75MPa.
- El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 7.09MPa.


OBSERVACIÓN

- En el séptimo caso la primera, cuarta y quinta probeta mostraron falla lateral en la mitad de las mismas.
- La segunda probeta presentó falla lateral en el área del agarre.
- La tercera probeta mostró falla lateral dentro del agarre.

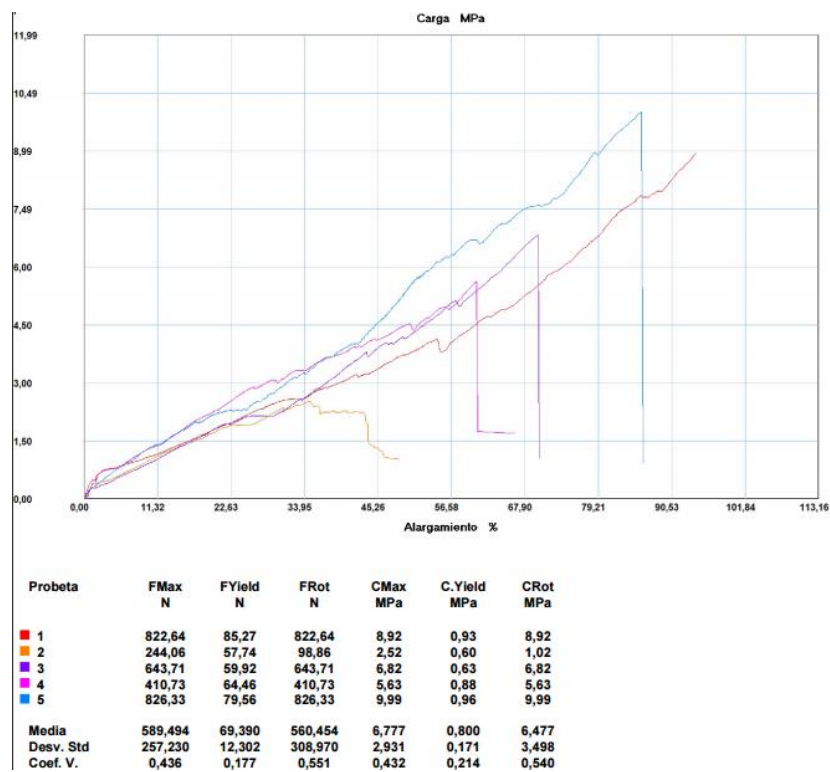
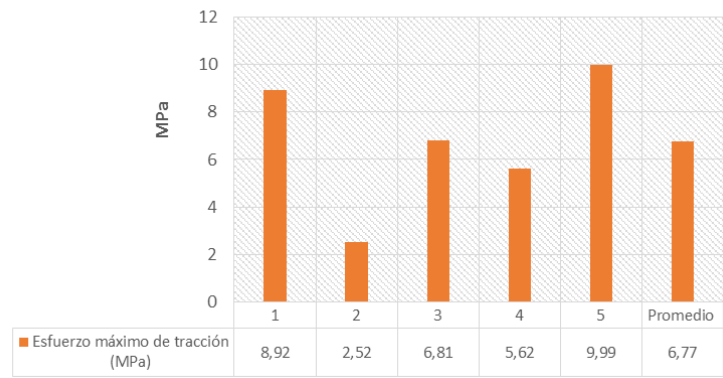
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

Fuente: La autora.

Tabla 17. Ficha técnica de las probetas del Grupo 8 ensayadas a tracción.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-04-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	TRACCIÓN	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%		
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	250*25*e	Tipo de Fibra:	Corta		
Espesor promedio:	3.5 mm	Número de Probetas:	5		
Temperatura:	18°C	Humedad:	73%		
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación	Tipo de falla evaluado
1	822.64	8.92	474.72	1.88	LAT
2	244.06	2.52	365.91	0.69	LGM
3	643.71	6.81	487.05	1.40	LGM
4	410.73	5.62	464.91	1.21	LAT
5	826.33	9.99	584.31	1.71	LAT
Promedio \bar{x}	589.49	6.77	475.38	1.378	
Desviación estándar S_{n-1}	257.22	2.93	77.61	0.46	
Coefficiente de variación CV	43.63	43.24	16.32	33.73	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
					
GRÁFICAS					

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)






EVALUACIÓN		OBSERVACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> El espesor real promedio del primer grupo fue 3.5mm. El módulo de elasticidad promedio para este caso fue 475.38MPa. El esfuerzo máximo de tracción promedio fue 6.77MPa. 		<ul style="list-style-type: none"> Para el octavo caso la primera, cuarta y quinta probeta presentaron falla lateral en el área del agarre. La segunda y tercera probeta mostraron falla lateral en la mitad de las mismas. 	
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

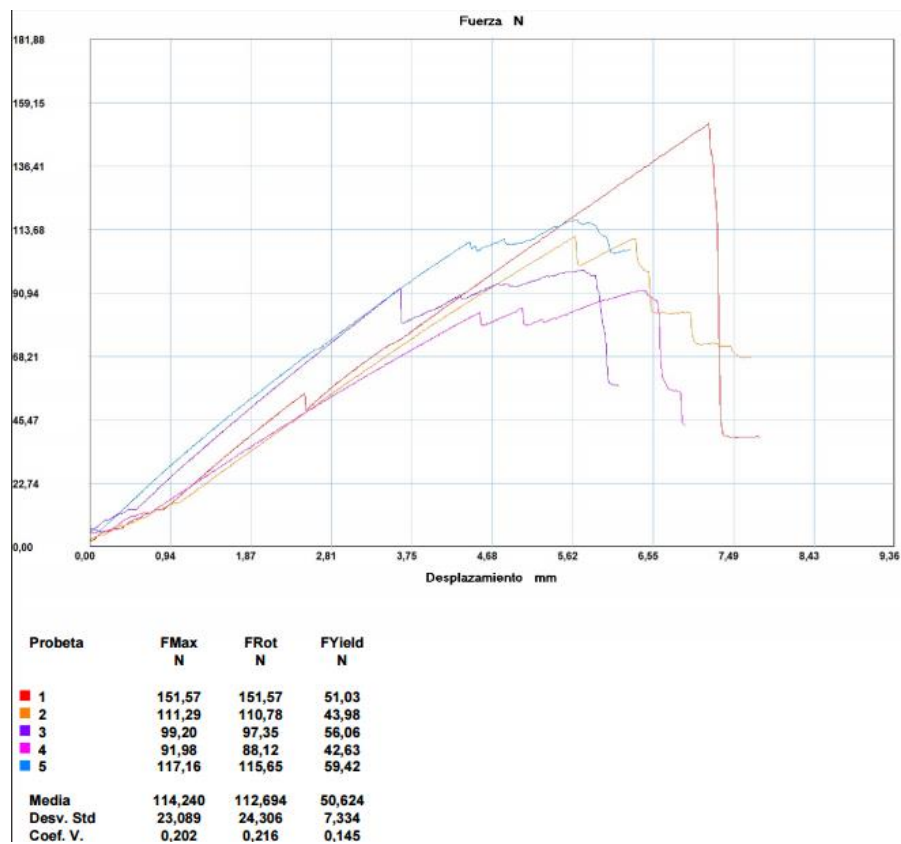
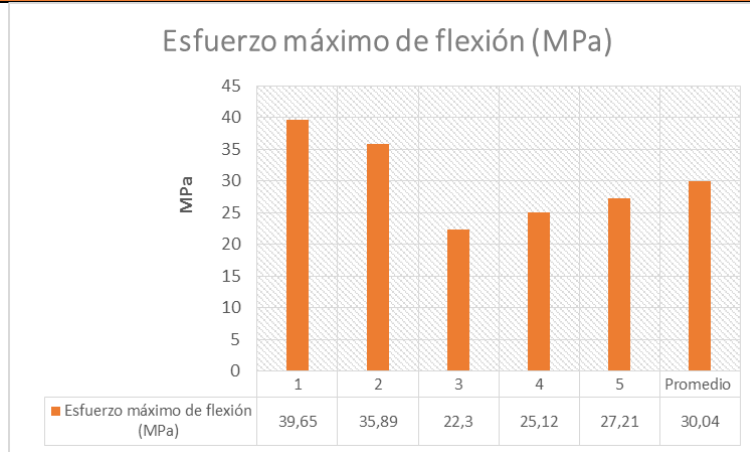
Fuente: La autora.

4.1.5.2 Tabulación de datos de las probetas ensayadas a flexión.

Tabla 18. Ficha técnica de las probetas del Grupo 1 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%			
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Manual			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Larga			
Espesor promedio:	7.7 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	19°C	Humedad:	73%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	151.57	7.205	39.65	2328.54	1.70	OAB
2	111.29	5.648	35.89	3039.05	1.18	OAB
3	99.20	5.727	22.30	1518.19	1.47	OAB
4	91.98	6.389	25.12	1705.85	1.47	OAB
5	117.16	5.652	27.21	1913.51	1.42	OAB
Promedio \bar{x}	114.24	6.12	30.04	2101.03	1.45	
Desviación estándar S_{n-1}	23.09	0.68	7.39	604.71	0.19	
Coefficiente de variación CV	20.21	11.09	24.61	28.78	12.81	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						




GRÁFICAS



EVALUACIÓN	OBSERVACIÓN								
<ul style="list-style-type: none"> El espesor real promedio fue 7.7mm. El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 30.04MPa. El módulo de flexión promedio fue 2101.03MPa. 	<ul style="list-style-type: none"> El primer grupo presentó en todas sus probetas otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga, según lo indica la norma. 								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Elaborado por:</td> <td style="width: 25%;">Morayma Balladares</td> <td style="width: 25%;">Aprobado por:</td> <td style="width: 25%;">Ing. Mg. Segundo Espín</td> </tr> <tr> <td>Revisado por:</td> <td>Ing. Esteban López</td> <td>Validado por:</td> <td>Ing. Mg. Segundo Espín</td> </tr> </table>	Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín	
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín						
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín						

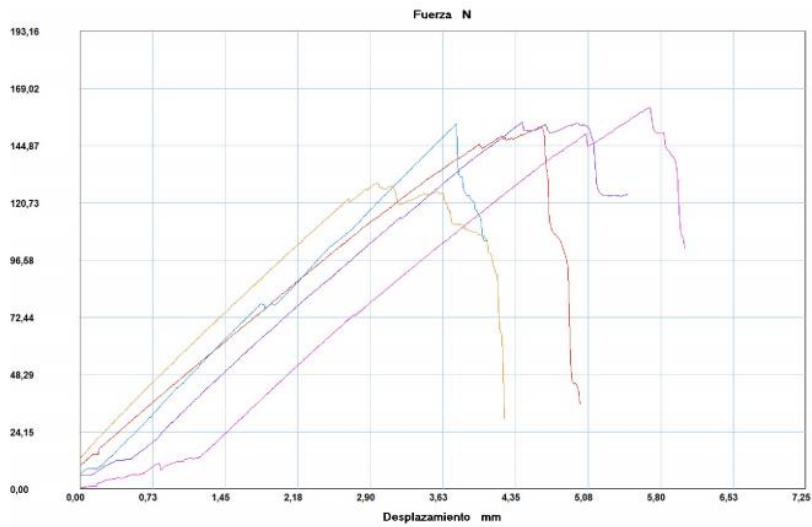
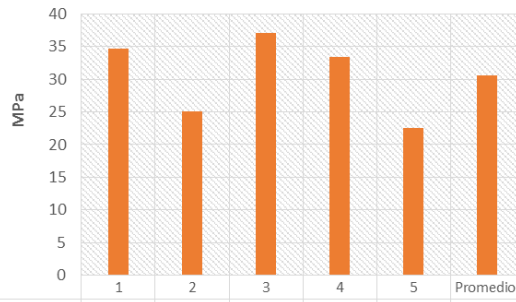
Fuente: La autora.

Tabla 19. Ficha técnica de las probetas del Grupo 2 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%			
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Manual			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Larga			
Espesor promedio:	8.8 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	19°C	Humedad:	71%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	152.91	4.613	34.70	3029.84	1.15	OAB
2	129.25	2.966	25.08	3097.06	0.81	OAB
3	154.76	4.418	37.10	3320.87	1.12	OAB
4	160.97	5.595	33.48	2254.94	1.48	OLB
5	154.09	9.461	22.60	786.62	2.87	OLB
Promedio \bar{x}	150.40	5.41	30.59	2497.87	1.49	
Desviación estándar S_{n-1}	12.23	2.45	6.36	1037.64	0.81	
Coficiente de variación CV	8.13	45.31	20.79	41.54	54.60	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de flexión (MPa)



Probeta	FMax N	F _{Rot} N	F _{Yield} N
1	152,91	150,56	80,23
2	129,25	127,57	85,94
3	154,76	152,07	71,67
4	160,97	160,97	49,35
5	154,09	154,09	72,34
Media	150,396	149,052	71,906
Desv. Std	12,227	12,652	13,922
Coef. V.	0,081	0,085	0,194

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio fue 8.8mm.
- El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 30.59MPa.
- El módulo de flexión promedio fue 2497.87MPa.

OBSERVACIÓN

- El segundo grupo la primera, segunda y tercera probeta presentaron otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga, según lo indica la norma.
- La cuarta y quinta probeta mostraron según la norma otro tipo de falla en la parte interna entre la carga y la punta del soporte.

Elaborado por:

Morayma
Balladares

Aprobado por:

Ing. Mg. Segundo Espín

Revisado por:

Ing. Esteban López

Validado por:

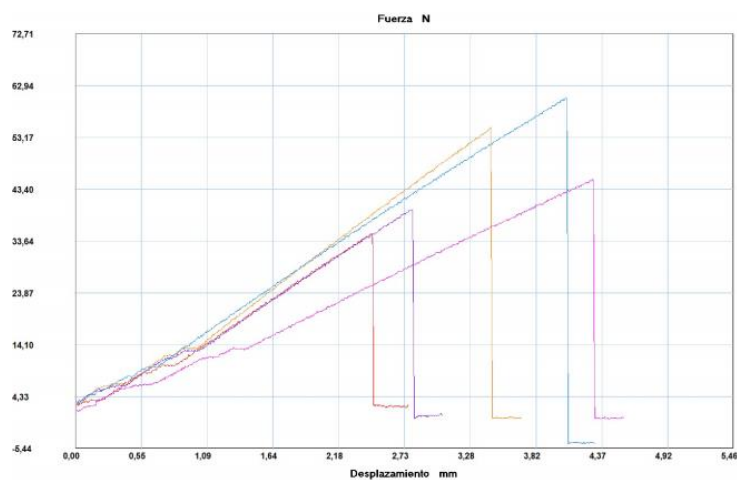
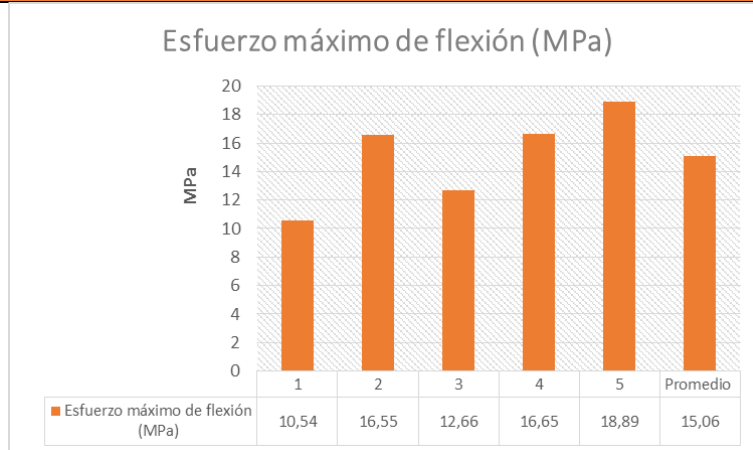
Ing. Mg. Segundo Espín

Fuente: La autora.

Tabla 20. Ficha técnica de las probetas del Grupo 3 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%			
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Manual			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Corta			
Espesor promedio:	6.9 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	19°C	Humedad:	69%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	35.08	2.455	10.54	1966.80	0.54	OAB
2	55.06	3.448	16.55	2236.35	0.74	OAB
3	39.61	2.798	12.66	2139.09	0.59	OLB
4	45.32	4.293	16.65	1955.55	0.85	OAB
5	60.59	4.069	18.89	2138.92	0.88	OLB
Promedio \bar{x}	47.13	3.41	15.06	2087.34	0.72	
Desviación estándar S_{n-1}	10.60	0.79	3.38	121.90	0.15	
Coficiente de variación CV	22.48	23.18	22.43	5.84	21.35	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N
1	35,08	35,08	14,94
2	55,06	55,06	22,16
3	39,61	39,45	16,79
4	45,32	44,98	18,46
5	60,59	60,59	27,02
Media	47,132	47,032	19,874
Desv. Std	10,596	10,640	4,800
Coef. V.	0,225	0,226	0,242

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio fue 6.9mm.
- El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 15.06MPa.
- El módulo de flexión promedio fue 2087.34MPa.

OBSERVACIÓN

- En el tercer grupo la primera, segunda y cuarta probeta presentaron otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga, según lo indica la norma.
- La tercera y quinta probeta mostraron según la norma otro tipo de falla en la parte interna entre la carga y la punta del soporte.

Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

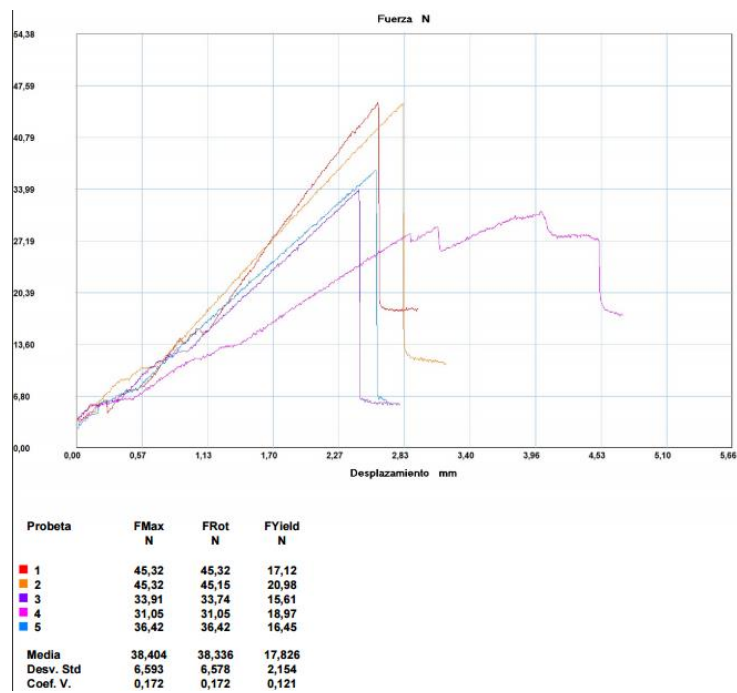
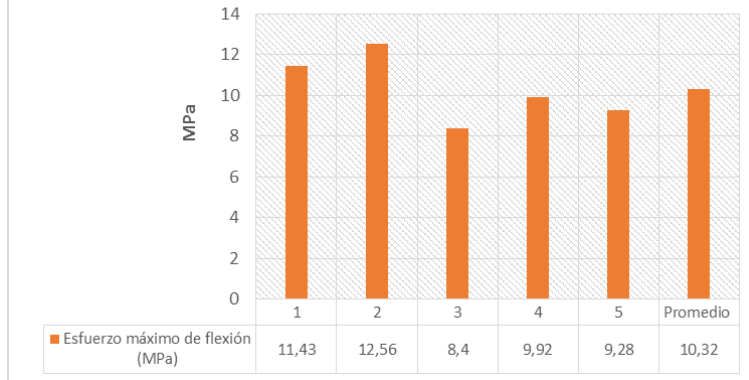
Fuente: La autora.

Tabla 21. Ficha técnica de las probetas del Grupo 4 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%			
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Manual			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Corta			
Espesor promedio:	7.5 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	19°C	Humedad:	64%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	45.32	2.598	11.43	1828.17	0.63	OAB
2	45.32	2.818	12.56	1982.85	0.63	OAB
3	33.91	2.437	8.40	1440.17	0.58	OAB
4	31.05	4.008	9.92	1174.87	0.84	OLB
5	36.42	2.573	9.28	1539.32	0.60	OAB
Promedio \bar{x}	38.40	2.89	10.32	1593.08	0.66	
Desviación estándar S_{n-1}	6.59	0.64	1.67	319.52	0.11	
Coficiente de variación CV	17.17	22.22	16.19	20.06	16.12	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de flexión (MPa)



EVALUACIÓN

- El espesor real promedio fue 7.5mm.
- El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 9.28MPa.
- El módulo de flexión promedio fue 1539.32MPa.




OBSERVACIÓN

- Para el cuarto grupo la primera, segunda, tercera y quinta probeta presentaron otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga, según lo indica la norma.
- La cuarta probeta mostró según la norma otro tipo de falla en la parte interna entre la carga y la punta del soporte.

Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

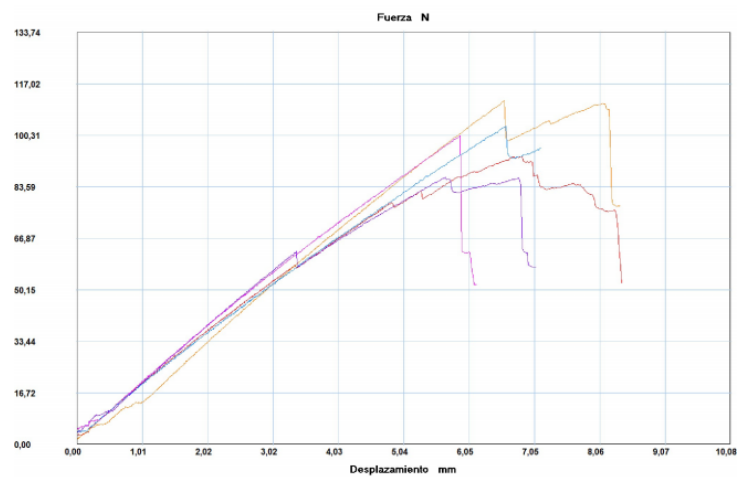
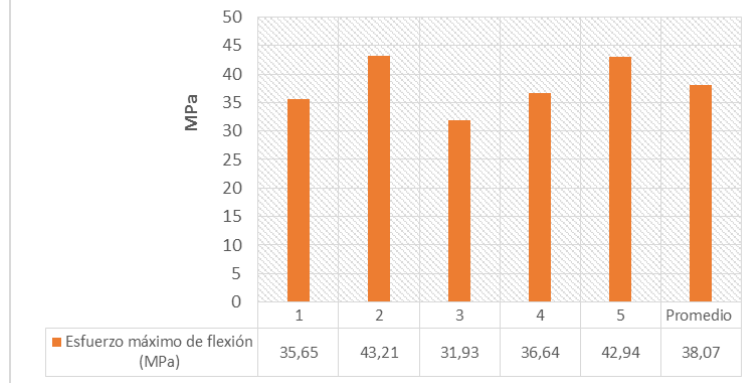
Fuente: La autora.

Tabla 22. Ficha técnica de las probetas del Grupo 5 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%			
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Compresión			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Larga			
Espesor promedio:	6.4 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	20°C	Humedad:	65%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	93.33	6.844	35.65	2650.17	1.35	OLV
2	111.45	6.588	43.21	3321.70	1.30	OAB
3	86.61	5.678	31.93	2821.98	1.13	OAB
4	100.21	5.91	36.64	3096.27	1.18	OAB
5	103.23	6.614	42.94	3454.46	1.24	OAB
Promedio \bar{x}	98.97	6.33	38.07	3068.92	1.24	
Desviación estándar S_{n-1}	9.49	6.50	4.89	335.27	0.09	
Coficiente de variación CV	9.59	7.95	12.85	10.92	6.95	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de flexión (MPa)



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N
■ 1	93,33	91,48	43,47
■ 2	111,45	110,95	40,79
■ 3	86,61	86,61	42,80
■ 4	100,21	100,21	40,28
■ 5	103,23	103,23	39,95
Media	98,966	98,496	41,458
Desv. Std	9,487	9,630	1,578
Coef. V.	0,096	0,098	0,038

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio fue 6.4mm.
- El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 38.07MPa.
- El módulo de flexión promedio fue 3068.92MPa.




OBSERVACIÓN

- El quinto grupo la segunda, tercera, cuarta y quinta probeta presentaron otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga, según lo indica la norma.
- La primera probeta mostró según la norma otro tipo de falla entre la carga y la punta del soporte y la localización de la falla está en varios.

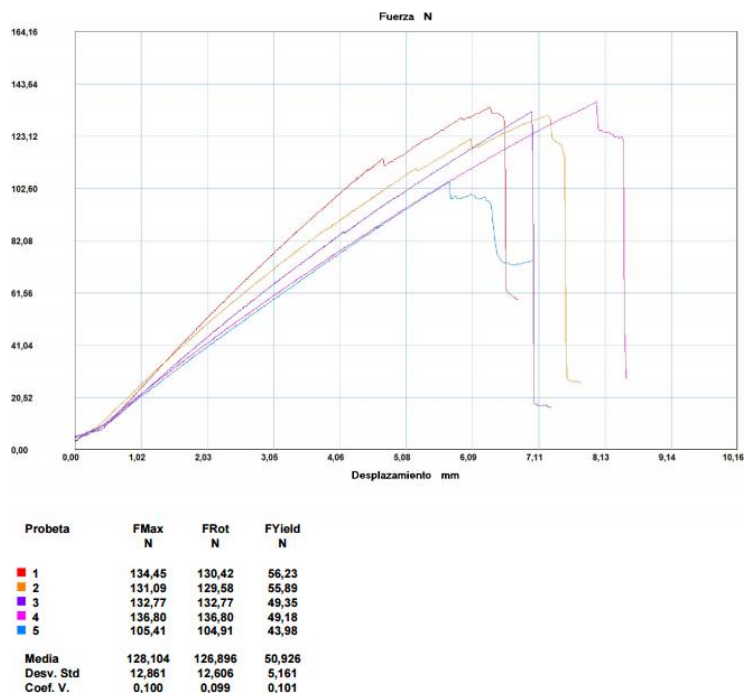
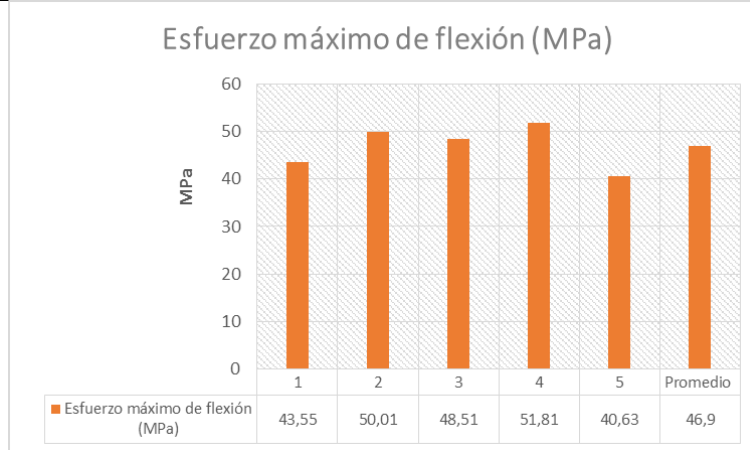
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

Fuente: La autora.

Tabla 23. Ficha técnica de las probetas del Grupo 6 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%			
Configuración:	Fibra longitudinal al eje	Estratificación:	Compresión			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Larga			
Espesor promedio:	6.5 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	20°C	Humedad:	73%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	134.45	6.357	43.55	3229.23	1.35	OAB
2	131.09	7.213	50.01	3468.26	1.44	OLB
3	132.77	7	48.51	3472.21	1.40	OAB
4	136.80	7.998	51.81	3369.49	1.54	OAB
5	105.41	5.938	40.63	3486.97	1.17	OAB
Promedio \bar{x}	128.10	6.90	46.90	3405.23	1.38	
Desviación estándar S_{n-1}	12.86	0.80	4.66	108.85	0.14	
Coficiente de variación CV	10.04	11.53	9.94	3.20	10.01	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS



EVALUACIÓN

- El espesor real promedio fue 6.5mm.
- El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 46.90MPa.
- El módulo de flexión promedio fue 3405.23MPa.




OBSERVACIÓN

- En el sexto grupo la primera, tercera, cuarta y quinta probeta presentaron otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga, según lo indica la norma.
- La segunda probeta mostró según la norma otro tipo de falla en la parte interna entre la carga y la punta del soporte.

Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

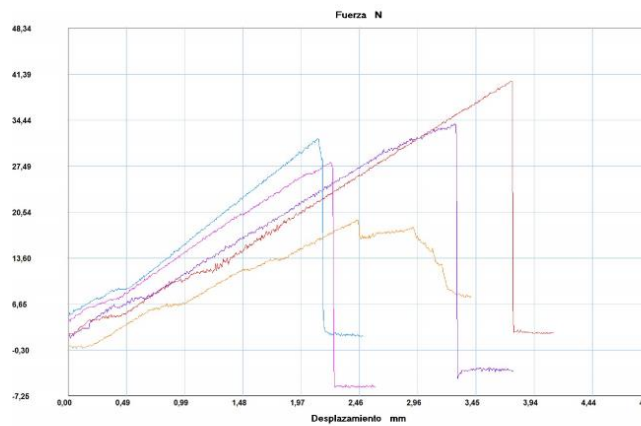
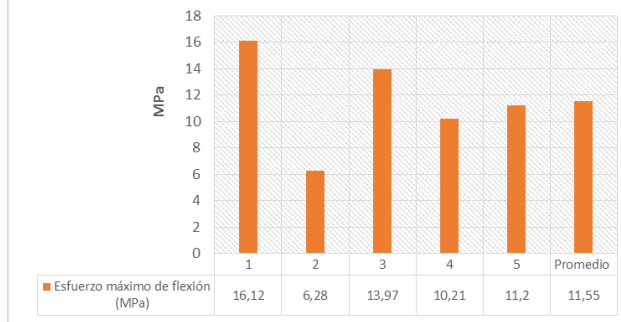
Fuente: La autora.

Tabla 24. Ficha técnica de las probetas del Grupo 7 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%			
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Compresión			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Corta			
Espesor promedio:	6.5 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	17°C	Humedad:	79%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	40.28	3.738	16.12	2246.42	0.72	OAT
2	19.30	2.438	6.28	1222.55	0.51	OAB
3	33.91	3.268	13.97	2274.51	0.61	OAT
4	28.03	2.215	10.21	2287.66	0.45	OLT
5	31.72	2.111	11.20	2602.06	0.43	OLB
Promedio \bar{x}	30.65	2.75	11.55	2126.64	0.54	
Desviación estándar S_{n-1}	7.75	0.71	3.76	525.72	0.12	
Coefficiente de variación CV	25.28	25.91	32.51	24.72	22.20	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de flexión (MPa)



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N
1	40,28	40,28	17,62
2	19,30	19,30	11,08
3	33,91	33,74	17,29
4	28,03	27,86	15,61
5	31,72	31,56	16,45
Media	30,648	30,548	15,610
Desv. Std	7,749	7,741	2,850
Coef. V.	0,253	0,253	0,170

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio fue 6.5mm.
- El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 11.55MPa.
- El módulo de flexión promedio fue 2126.64MPa.




OBSERVACIÓN

- El séptimo grupo la primera y tercera probeta presentaron otro tipo de falla en la parte superior de la punta de la carga, según lo indica la norma.
- La segunda probeta mostró según la norma otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga.
- La cuarta probeta presentó otro tipo de falla en la parte superior entre la carga y la punta del soporte.
- La quinta probeta mostró otro tipo de falla en la parte interna entre la carga y la punta del soporte.

Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín

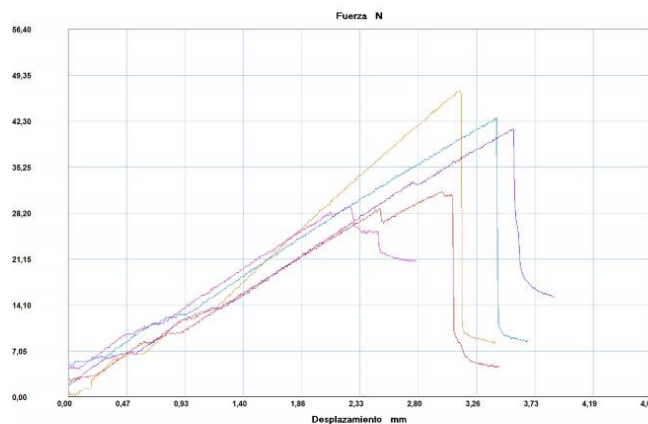
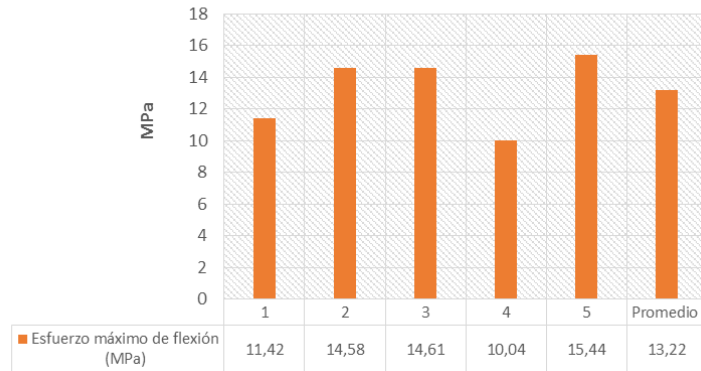
Fuente: La autora.

Tabla 25. Ficha técnica de las probetas del Grupo 8 ensayadas a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	25-04-2017	Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero					
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos Electromecánicos MTE-10/50					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de ensayo:	FLEXIÓN	Norma:	ASTM D7264			
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%			
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%			
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Compresión			
Dimensión (mm):	160*13*e	Tipo de Fibra:	Corta			
Espesor promedio:	6.7 mm	Número de Probetas:	5			
Temperatura:	21°C	Humedad:	72%			
RESULTADOS						
Probeta	Carga Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	31.56	2.9	11.42	1949.52	0.59	OAT
2	47.00	2.95	14.58	2305.67	0.63	OLB
3	41.12	1.95	14.61	3707.93	0.39	OLB
4	29.37	3.52	10.04	1380.65	0.73	OAB
5	42.80	3.32	15.44	2267.07	0.68	OAB
Promedio \bar{x}	38.37	2.93	13.22	2322.17	0.60	
Desviación estándar S_{n-1}	7.57	0.60	2.35	858.63	0.13	
Coficiente de variación CV	19.72	20.65	17.75	36.98	21.32	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO						
						

GRÁFICAS

Esfuerzo máximo de flexión (MPa)



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N
1	31,56	31,39	16,11
2	47,00	46,83	17,62
3	41,12	40,96	17,96
4	29,37	29,21	16,45
5	42,80	42,80	19,81
Media	38,370	38,238	17,590
Desv. Std	7,567	7,590	1,463
Coef. V.	0,197	0,198	0,083

EVALUACIÓN

- El espesor real promedio fue 6.7mm.
- El esfuerzo máximo de flexión promedio fue 13.22MPa.
- El módulo de flexión promedio fue 2322.17MPa.

OBSERVACIÓN





- En el octavo grupo la primera probeta presentó otro tipo de falla en la parte superior de la punta de la carga, según lo indica la norma.
- La segunda y tercera probeta mostraron según la norma otro tipo de falla en la parte interna entre la carga y la punta del soporte.
- La cuarta y quinta probeta presentaron otro tipo de falla en la parte interna de la punta de la carga.





Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín





Fuente: La autora.

4.1.5.3 Tabulación de datos de las probetas ensayadas a impacto.

Tabla 26. Ficha técnica de las probetas del Grupo 1 ensayadas a impacto.


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%		
Configuración:	Longitudinal al eje	Estratificación:	Manual		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Larga		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	400	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.6398	FB
2	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
3	600	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.9597	FB
4	800	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.2796	FB
5	1000	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.5995	FB
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					





Probeta:	2	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).





Cara Frontal:				Cara Posterior:			
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg		
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).		
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES							
Energía promedio absorbida:		1.056 J					
Inicio de falla:		La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron.					
Observaciones:		El primer grupo presentó facturas en la parte central de las probetas y éstas siguen la orientación de las fibras a lo largo del espesor.					
Elaborado por:		Morayma Balladares		Aprobado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	
Revisado por:		Ing. Esteban López		Validado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	

Fuente: La autora.

Tabla 27. Ficha técnica de las probetas del Grupo 2 ensayadas a impacto.





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%		
Configuración:	Longitudinal al eje	Estratificación:	Manual		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Larga		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	300	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.4798	FB
2	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
3	600	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.9597	FB
4	800	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.2796	FB
5	1200	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.9194	FB
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					




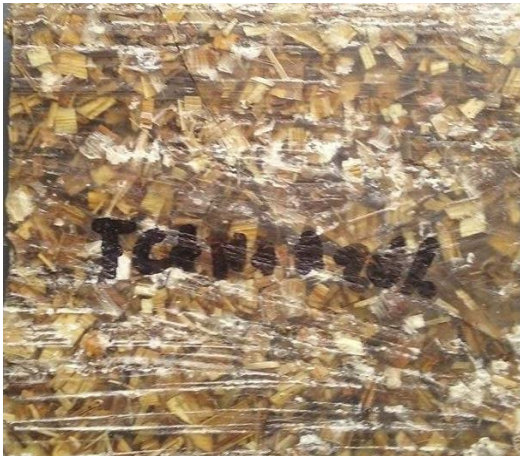
Probeta:	2	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).




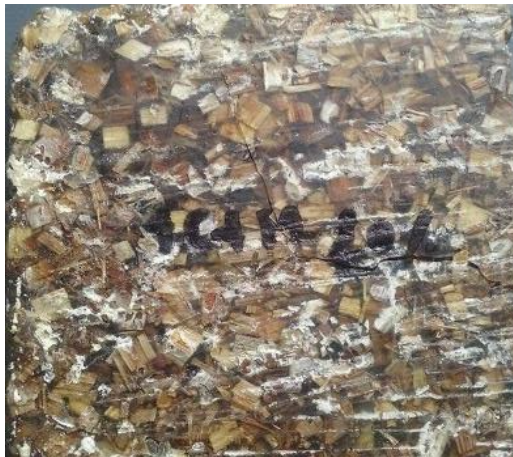
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg		
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo D : Falla dúctil, la barra es penetrada pero no destruye en partes a la probeta.		
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
EVALUACIÓN Y OBSERVACIÓN							
Energía promedio absorbida:		1.0876 J					
Inicio de falla:		La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron. No existe una destrucción total en ninguna de las probetas.					
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín				
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín				

Fuente: La autora.

Tabla 28. Ficha técnica de las probetas del Grupo 3 ensayadas a impacto.





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%		
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Manual		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Corta		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coefficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	200	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.32	FB
2	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
3	600	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.9597	FB
4	800	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.2796	FB
5	1000	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.5995	FB
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					





Probeta:	2	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).





Cara Frontal:				Cara Posterior:			
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg		
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).		
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
EVALUACIÓN Y OBSERVACIÓN							
Energía promedio absorbida:		0.9917 J					
Inicio de falla:		La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron. La fractura está distribuida de manera homogénea en la zona de impacto, no hay una destrucción total en ninguna de las probetas.					
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín				
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín				

Fuente: La autora.

Tabla 29. Ficha técnica de las probetas del Grupo 4 ensayadas a impacto.





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%		
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Manual		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Corta		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	200	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.32	FB
2	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
3	600	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.9597	FB
4	800	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.2796	FB
5	1200	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.9194	FB
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	2	Peso del	0.1631	Peso total:	0.1631 Kg





		dardo:	Kg		
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).





Cara Frontal:				Cara Posterior:			
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg		
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo D : Falla dúctil, la barra es penetrada pero no destruye en partes a la probeta.		
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
EVALUACIÓN Y OBSERVACIÓN							
Energía promedio absorbida:		1.0555 J					
Inicio de falla:		La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron. La fractura está distribuida de manera homogénea en la zona de impacto, no hay una destrucción total en ninguna de las probetas.					
Elaborado por:		Morayma Balladares		Aprobado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	
Revisado por:		Ing. Esteban López		Validado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	

Fuente: La autora.

Tabla 30. Ficha técnica de las probetas del Grupo 5 ensayadas a impacto.





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%		
Configuración:	Longitudinal al eje	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Larga		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coefficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	400	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.6398	FB
2	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
3	600	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.9597	FB
4	800	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.2796	FB
5	1200	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.9194	FB
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					





Probeta:	2	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales :	0	Tipo de Falla:	Falla tipo D : Falla dúctil, la barra es penetrada pero no destruye en partes a la probeta.





Cara Frontal:				Cara Posterior:	
					
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales :	0	Tipo de Falla:	Falla tipo C: Trizado quebradizo (la placa está en varios pedazos después del impacto).
Cara Frontal:				Cara Posterior:	
					
EVALUACIÓN Y OBSERVACIÓN					
Energía promedio absorbida:	1.1196 J				
Inicio de falla:	La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron. La fractura está distribuida de manera homogénea en la zona de impacto, hay una destrucción en la última probeta debido a que tanto su altura y su resistencia al impacto es la mayor del grupo.				
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín		
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín		

Fuente: La autora.

Tabla 31. Ficha técnica de las probetas del Grupo 6 ensayadas a impacto.





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%		
Configuración:	Longitudinal al eje	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Larga		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coefficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
2	600	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.9597	FB
3	700	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.1196	FB
4	800	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.2796	FB
5	1200	0.1631	9.80665×10^{-3}	1.9194	FB
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					





Probeta:	2	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).





Cara Frontal:				Cara Posterior:			
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg		
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).		
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
EVALUACIÓN Y OBSERVACIÓN							
Energía promedio absorbida:		1.2156 J					
Inicio de falla:		La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron. El grupo 6 presentó facturas en la parte central de las probetas y éstas siguen la orientación de las fibras a lo largo del espesor.					
Elaborado por:		Morayma Balladares		Aprobado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	
Revisado por:		Ing. Esteban López		Validado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	

Fuente: La autora.

Tabla 32. Ficha técnica de las probetas del Grupo 7 ensayadas a impacto.




 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	80%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	20%		
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Corta		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coefficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	400	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.6398	FB
2	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
3	600	0.1608	9.80665×10^{-3}	0.9461	FC
4	800	0.1608	9.80665×10^{-3}	1.2615	FC
5	1000	0.1608	9.80665×10^{-3}	1.5769	FC
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					





Probeta:	2	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo D : Falla dúctil, la barra es penetrada pero no destruye en partes a la probeta.
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1608 Kg	Peso total:	0.1608 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1608 Kg	Peso total:	0.1608 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).





Cara Frontal:				Cara Posterior:			
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1608 Kg	Peso total:	0.1608 Kg		
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).		
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
EVALUACIÓN Y OBSERVACIÓN							
Energía promedio absorbida:		1.0557 J					
Inicio de falla:		La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron. Las facturas del grupo 7 se produjeron en la parte central de las probetas y éstas siguen la orientación de las fibras a lo largo del espesor.					
Elaborado por:	Morayma Balladares	Aprobado por:	Ing. Mg. Segundo Espín				
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Segundo Espín				

Fuente: La autora.

Tabla 33. Ficha técnica de las probetas del Grupo 8 ensayadas a impacto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	08-05-2017	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Laboratorio de Materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica				
Máquina:	Máquina de impacto Laboratorio de Materiales de FICM				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	IMPACTO	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina Poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	Fibra del tallo de la planta de Mora	Fracción volumétrica:	30%		
Configuración:	Al azar	Estratificación:	Compresión		
Dimensión (mm):	58*58*e (espesor promedio en mm)	Tipo de Fibra:	Corta		
Diámetro del dardo:	20 mm	Número de Probetas:	5		
Masa del dardo:	0.1631 Kg				
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Peso (Kg)	Coefficiente	Resistencia al impacto MEF (J)	Geometría del dardo
1	400	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.6398	FB
2	500	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.7997	FB
3	600	0.1631	9.80665×10^{-3}	0.9597	FB
4	800	0.1608	9.80665×10^{-3}	1.2615	FC
5	1000	0.1608	9.80665×10^{-3}	1.5769	FC
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Probeta:	1	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	2	Peso del	0.1631	Peso total:	0.1631 Kg

		dardo:	Kg		
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	3	Peso del dardo:	0.1631 Kg	Peso total:	0.1631 Kg
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).
Cara Frontal:			Cara Posterior:		
					
Probeta:	4	Peso del dardo:	0.1608 Kg	Peso total:	0.1608 Kg
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A : Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).

Cara Frontal:				Cara Posterior:			
Probeta:	5	Peso del dardo:	0.1608 Kg	Peso total:	0.1608 Kg		
Peso adicional (Kg):	0	Piezas adicionales:	0	Tipo de Falla:	Falla tipo A: Grieta o grietas en solo una superficie, (la placa aún podría contener agua).		
Cara Frontal:				Cara Posterior:			
EVALUACIÓN Y OBSERVACIÓN							
Energía promedio absorbida:		1.0557 J					
Inicio de falla:		La falla inició en la matriz y las fibras distribuyeron el impacto y no se rompieron. El grupo 8 mostró facturas en la parte central de las probetas y éstas siguen la orientación de las fibras a lo largo del espesor.					
Elaborado por:		Morayma Balladares		Aprobado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	
Revisado por:		Ing. Esteban López		Validado por:		Ing. Mg. Segundo Espín	

Fuente: La autora.

Todas las nomenclaturas utilizadas en las fichas técnicas están especificadas en los Anexos 2, 3 y 4.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS


Se determinó el mejor grupo probetas mediante la comparación de los datos obtenidos de los ensayos a tracción, flexión e impacto del material compuesto, para posteriormente ser contrastados con las propiedades mecánicas de la pranna poliéster (corosil), textil a base de vinilo y la madera.

4.2.1 DETERMINACIÓN DEL GRUPO CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS.

A. Resultados de las probetas ensayadas a tracción.

En la tabla 34, se muestran los resultados de las probetas elaboradas por estratificación manual.

Tabla 34. Resultados de probetas ensayadas a tracción por estratificación manual.

		ESTRATIFICACIÓN MANUAL	
		TIPO DE FIBRAS	
		Fibra Larga	Fibra Corta
FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DEL REFUERZO	20%	11.64 MPa	6.20 MPa
	30%	13.33 MPa	6.13 MPa

Fuente: La autora.

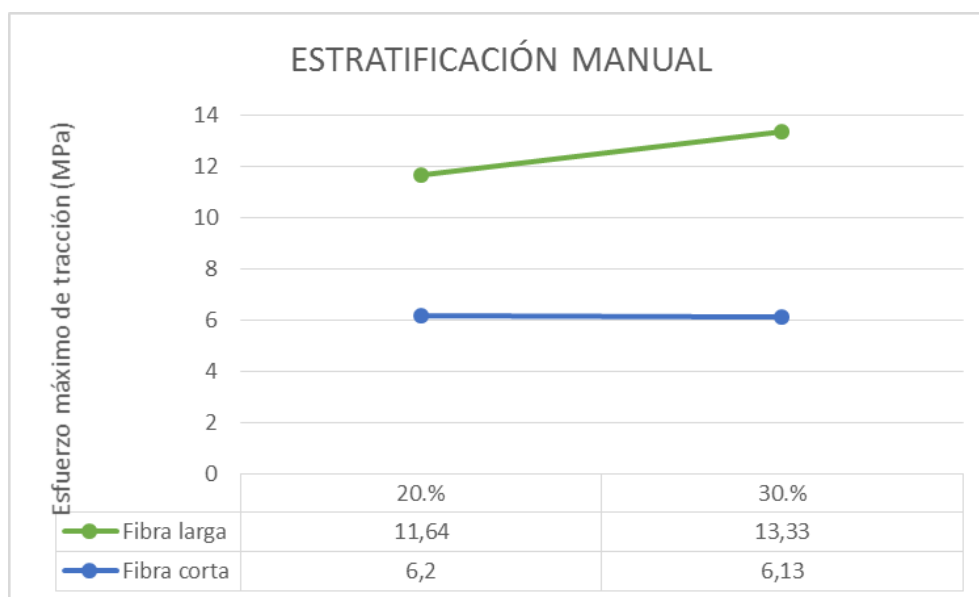



Figura 52. Grafica comparativa de las probetas a tracción elaboradas por estratificación manual.

Fuente: La autora.

En la figura 52, se aprecia que el grupo con un mayor esfuerzo a la tracción de la combinación de fibra larga es la configuración de 30% de refuerzo y 70% de matriz con un resultado de 13.33MPa y de la combinación de fibra corta es la configuración de 20% de refuerzo y 80% de matriz con un resultado de 6.20MPa.

En la tabla 35, se muestran los resultados de las probetas elaboradas por compresión.

Tabla 35. Resultados de probetas ensayadas a tracción por compresión.

		MOLDEO POR COMPRESIÓN	
		TIPO DE FIBRAS	
		Fibra Larga	Fibra Corta
FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DEL REFUERZO	20%	13.77 MPa	7.09 MPa
	30%	18.62 MPa	6.77 MPa

Fuente: La autora.

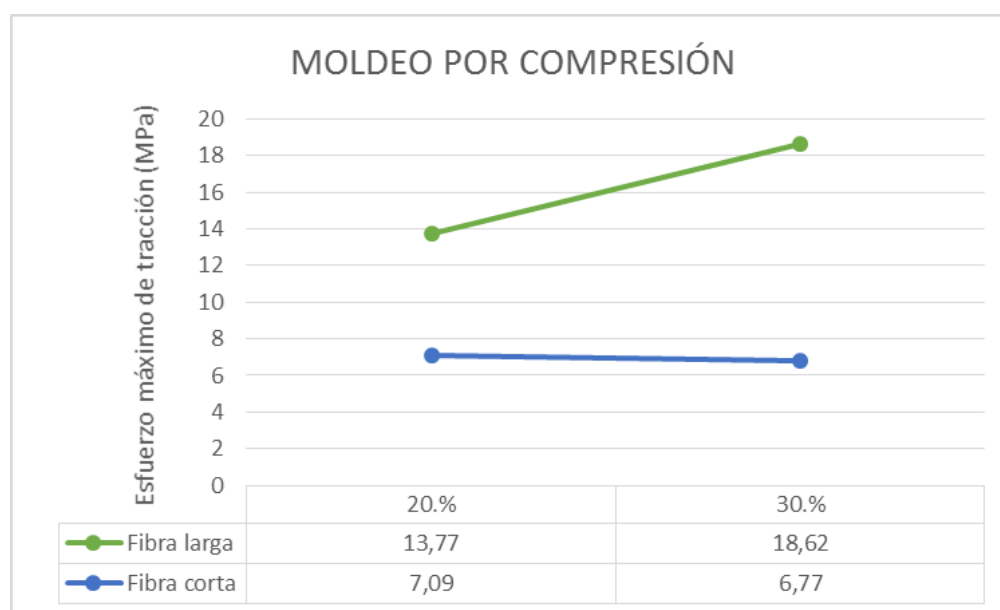


Figura 53. Grafica comparativa de las probetas a tracción elaboradas por compresión.

Fuente: La autora.

La figura 53, muestra que el grupo con el mejor esfuerzo a la tracción con la combinación de fibra larga es la configuración de 30% de refuerzo y 70% de matriz

con un resultado de 18.62MPa y de la combinación de fibra corta es la configuración de 20% de refuerzo y 80% de matriz con un resultado de 7.09MPa.

Se compararon los mejores resultados tanto por estratificación manual como por compresión.

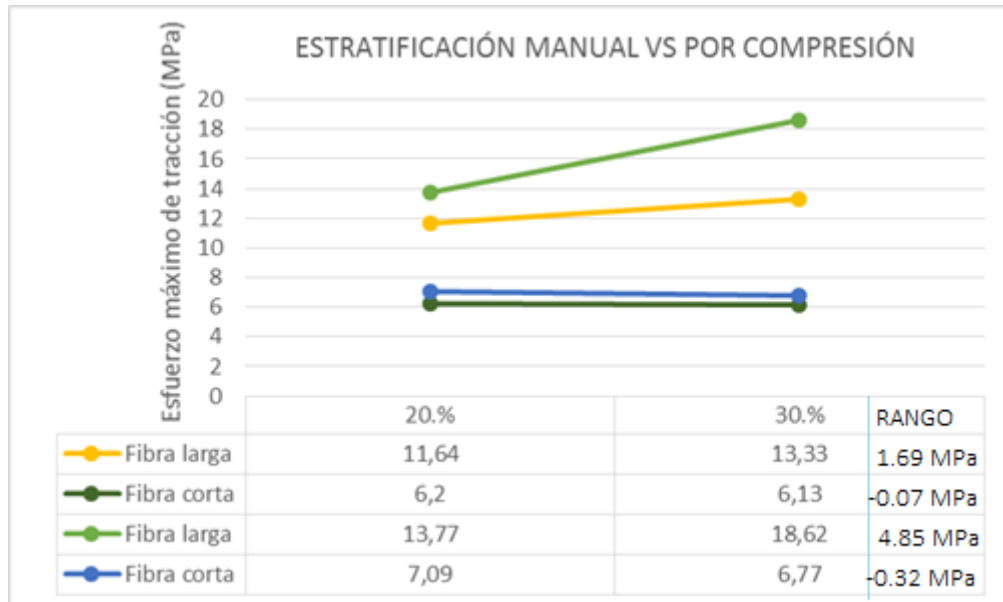


Figura 54. Grafica de las probetas a tracción elaboradas por estratificación manual vs las probetas a tracción elaboradas por compresión.

Fuente: La autora.

En la figura 54, se muestra como los resultados de las probetas elaboradas por compresión son superiores a las que son elaboradas por estratificación manual, siendo la combinación de fibra larga con la configuración de 30% de refuerzo y 70% de matriz con un resultado de 18.62MPa la mejor de los grupos propuestos. Además se puede observar como el rango en las probetas de fibra larga varían, 1.69MPa entre las elaboradas por estratificación manual y 4.85MPa en las de compresión, mientras que de las probetas con fibra corta al aumentar el porcentaje de fibra baja su resistencia a la tracción, independientemente de su proceso de fabricación.

B. Resultados de las probetas ensayadas a flexión.

En la tabla 36, se muestran los datos de las probetas ensayadas a flexión, cada uno con sus respectivas combinaciones, para seleccionar al grupo que tenga los mejores resultados.

Con la ayuda de la figura 55, se determinó que el grupo con mayor esfuerzo de flexión es el 6, con un resultado de 46.90MPa, dicho grupo son probetas de fibra larga con una fracción volumétrica de 30% de refuerzo y 70% de matriz, elaboradas por compresión.

Tabla 36. Resultados de probetas ensayadas a flexión.

				ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN
	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DEL REFUERZO	TIPO DE FIBRA	ESTRATIFICACIÓN	MPa
1.	20%	Larga	Manual	30.04
2.	30%	Larga	Manual	30.59
3.	20%	Corta	Manual	15.06
4.	30%	Corta	Manual	10.32
5.	20%	Larga	Compresión	38.07
6.	30%	Larga	Compresión	46.90
7.	20%	Corta	Compresión	11.55
8.	30%	Corta	Compresión	13.22

Fuente: La autora.

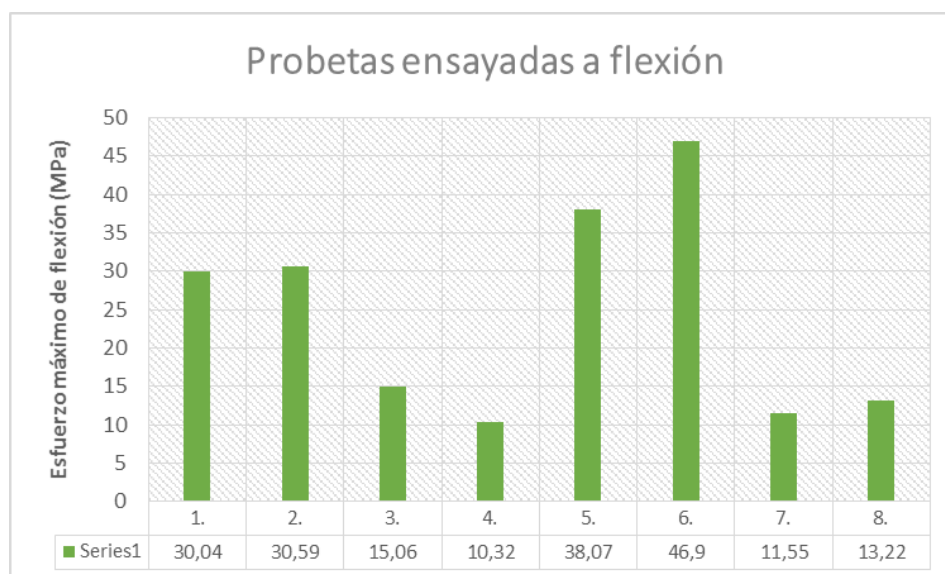


Figura 55. Grafica de las probetas ensayadas a flexión con sus respectivas combinaciones.

Fuente: La autora.

C. Resultados de las probetas ensayadas a impacto.

La tabla 37, muestra los resultados de las probetas ensayadas a impacto, con el objetivo de seleccionar al grupo que tenga mayor energía promedio absorbida.

Tabla 37. Resultados de probetas ensayadas a impacto.

 				ENERGÍA PROMEDIO ABSORBIDA
	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DEL R.	TIPO DE FIBRA	ESTRATIFICACIÓN	J
1.	20%	Larga	Manual	1.056
2.	30%	Larga	Manual	1.0876
3.	20%	Corta	Manual	0.9917
4.	30%	Corta	Manual	1.0555
5.	20%	Larga	Compresión	1.1196
6.	30%	Larga	Compresión	1.2156
7.	20%	Corta	Compresión	1.0557
8.	30%	Corta	Compresión	1.0557

Fuente: La autora.

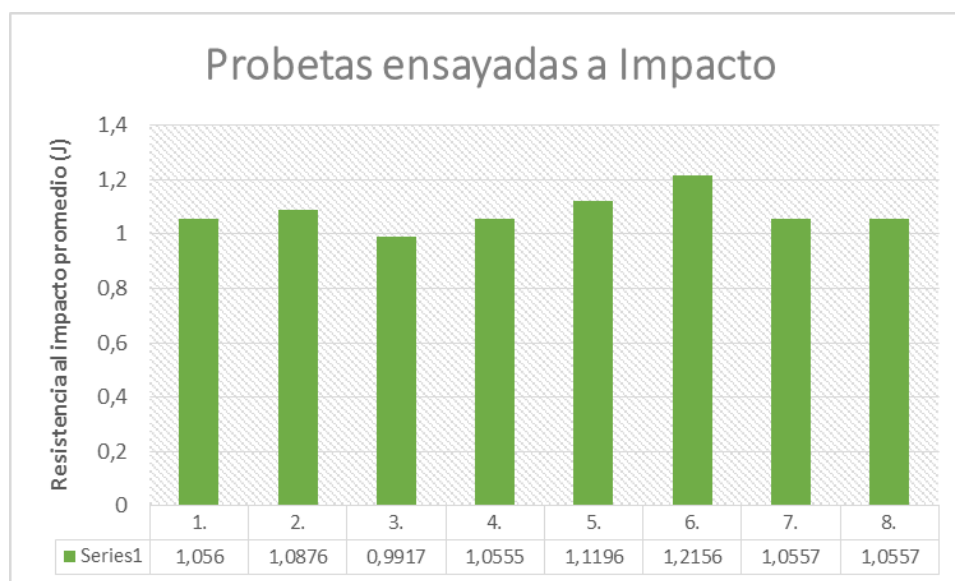


Figura 56. Grafica de las probetas ensayadas a flexión con sus respectivas combinaciones.

Fuente: La autora.

Como se observa en la Figura 56, los resultados son parejos, pero el valor más alto fue de 1.2156 J que corresponde al grupo 6, el mismo que está conformado con probetas de fibra larga con una fracción volumétrica de 30% de refuerzo y 70% de matriz, elaboradas por compresión.

• **Conclusión**

Una vez realizadas las gráficas con los datos obtenidos de los ensayos a tracción, flexión e impacto, se puede apreciar que la mejor característica presentó el grupo 6 (tracción = 18.62MPa, flexión = 46,9MPa e impacto =1.2156J), que ese conformó de 30% de refuerzo y 70% de matriz, como se observa en las figuras 57; a partir de este resultado se compararon las propiedades mecánicas de la pranna poliéster (corosil), textil a base de vinilo y la madera.

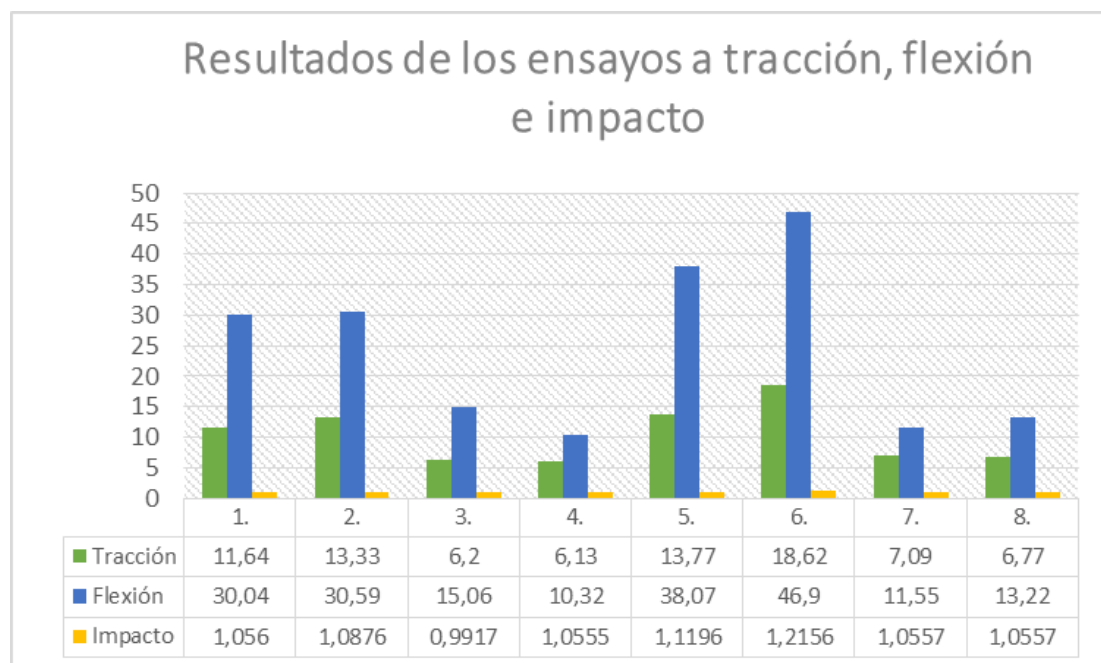


Figura 57. Grafica de resultados de las probetas ensayadas a tracción, flexión e impacto.

Fuente: La autora.

4.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA PRANNA POLIÉSTER (COROSIL), TEXTIL A BASE DE VINILO Y MADERA

De los materiales propuestos se tiene las siguientes propiedades mecánicas [33]:

- 1) Pranna poliéster
 - Esfuerzo de rotura (12,56 MPa)

- Módulo de elasticidad (9,54 MPa)
- 2) Textil a base de vinilo (forro de piso)
 - Esfuerzo de rotura (5,73 MPa)
 - Módulo de elasticidad (2,74 MPa)
- 3) Madera
 - Esfuerzo de rotura (18 MPa)
 - Resistencia a la flexión (30 MPa)

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Para la verificación de la hipótesis se determinó el proceso de fabricación por el cual deben ser fabricadas las probetas para obtener mejores propiedades mecánicas, posteriormente se compararon los resultados del grupo 6 de probetas del material compuesto con la pranna poliéster, el textil en base de vinil y la madera.

A. DETERMINACIÓN DEL MEJOR PROCESO DE FABRICACIÓN

Se utilizó el método T-Student para dos muestras diferentes, comparando así los resultados de los ensayos a tracción y flexión, para el desarrollo de lo mencionado, se establecen los siguientes parámetros:

PARA TRACCIÓN

- Hipótesis alternativa (H_a)

Se obtendrán mejores resultados en los ensayos a tracción, del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra del tallo de planta de Mora, en las probetas fabricadas por estatificación manual, que en las fabricadas a compresión.

- Hipótesis nula (H_0)

No se obtendrán mejores resultados en los ensayos a tracción, del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra del tallo de planta de Mora, en

las probetas fabricadas por estratificación manual, que en las fabricadas a compresión.

- Margen de error (α)
 $\alpha = 0.05$ (Para proyectos de investigación).
- Evidencia muestral

En la tabla 38, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos a tracción, con los que se trabajaron para la demostración de la hipótesis.

Los grupos 1, 2, 3 y 4 probetas elaboradas por estratificación manual, mientras que los grupos 5, 6, 7 y 8 son fabricados por compresión.

Tabla 38. Resultados de los ensayos a tracción.

Grupos	ESTRATIFICACIÓN	
	Manual (MPa)	Compresión (MPa)
1	11.64	
2	13.33	
3	6.20	
4	6.13	
5		13.77
6		18.62
7		7.09
8		6.77
Media aritmética	9.325	11.563

Fuente: La autora.

X: Resultados de los ensayos a tracción, por estratificación manual.

\bar{X} : Media aritmética de X.

Y: Resultados de los ensayos a tracción, por compresión.

\bar{Y} : Media aritmética de Y.

Para calcular la desviación estándar para la muestra X, se utilizó la ecuación 4.11.

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4.11)$$

Donde:

S_x : Desviación estándar de X.

n : Tamaño de muestra de X.

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{4-1} (41.373)}$$

$$S_x = 3.714$$

Para calcular la desviación estándar para la muestra Y, se utilizó la ecuación 4.12.

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4.12)$$

Donde:

S_y : Desviación estándar de Y.

m : Tamaño de muestra de Y.

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{4-1} (97.652)}$$

$$S_y = 5.705$$

- Aplicación de la distribución t de Student, para obtener el valor de estadístico calculado por medio de la ecuación 4.13.

$$t_c = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}} \quad (4.13)$$

Donde:

t_c : Valor de estadístico calculado.

$$t_c = \frac{9.325 - 11.563}{\sqrt{\frac{(4-1)13.794 + (4-1)32.547}{4+4-2}}} \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}$$

$$t_c = -0.6575$$

La regla de decisión es: aceptar H_0 si, $t_c < t_\alpha$

Donde

t_α : Valor crítico obtenido en la tabla t Student, mostrada en la figura 58.

- Grados de libertad

Para el cálculo de los grados de libertad se utilizó la ecuación 4.14.

$$gl = n + m - 2 \quad (4.14)$$

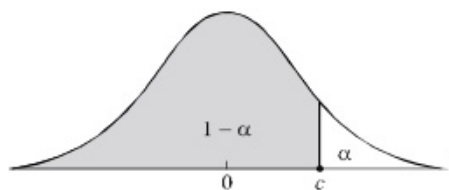
Donde:

gl : Grados de libertad.

$$gl = 4 + 4 - 2$$

$$gl = 6$$

- Obtener el valor crítico en la tabla t Student.



	1 - alpha							
r	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355

Figura 58. Distribución t-Student con n grados de libertad, primer caso [34].

$$t_{\alpha} = 1.943$$

- Resultado

$$t_c < t_{\alpha}$$

$$-0.6575 < 1.943$$

Al comprobar que t_c es menor que t_{α} , se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, de manera que se comprueba que los mejores resultados fueron de las probetas fabricadas por compresión.

PARA FLEXIÓN

- Hipótesis alternativa (H_a)

Se obtendrán mejores resultados en los ensayos a flexión, del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra del tallo de planta de Mora, en las probetas fabricadas por estratificación manual, que en las fabricadas a compresión.

- Hipótesis nula (H_0)

No se obtendrán mejores resultados en los ensayos a flexión, del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra del tallo de planta de Mora, en las probetas fabricadas por estratificación manual, que en las fabricadas a compresión.

- Margen de error (α)

$$\alpha = 0.05 \quad (\text{Para proyectos de investigación}).$$

- Evidencia muestral

En la tabla 39, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos a flexión, con los que se trabajaron para la demostración de la hipótesis.

Los grupos 1, 2, 3 y 4 probetas elaboradas por estratificación manual, mientras que los grupos 5, 6, 7 y 8 son fabricados por compresión.

Tabla 39. Resultados de los ensayos a flexión.

Grupos	ESTRATIFICACIÓN	
	Manual (MPa)	Compresión (MPa)
1	30.04	
2	30.59	
3	15.06	
4	10.32	
5		38.07
6		46.90
7		11.55
8		13.22
Media aritmética	21.503	27.435

Fuente: La autora.

X: Resultados de los ensayos a flexión, por estratificación manual.

\bar{X} : Media aritmética de X.

Y: Resultados de los ensayos a flexión, por compresión.

\bar{Y} : Media aritmética de Y.

Para calcular la desviación estándar para la muestra X, se utilizó la ecuación 4.11.

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{4-1} (322.026)}$$

$$S_x = 10.361$$

Para calcular la desviación estándar para la muestra Y, se utilizó la ecuación 4.12.

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{4-1} (946.389)}$$

$$S_y = 17.761$$

- Aplicación de la distribución t de Student, para obtener el valor de estadístico calculado por medio de la ecuación 4.13.

$$t_c = \frac{21.503 - 27.435}{\sqrt{\frac{(4-1)107.35 + (4-1)315.45}{4+4-2}} \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}}$$

$$t_c = -0.0397$$

La regla de decisión es: aceptar H_0 si, $t_c < t_\alpha$

Donde

t_α : Valor crítico obtenido en la tabla t Student, mostrada en la figura 59.

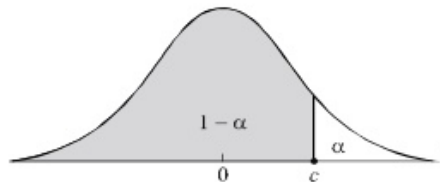
- Grados de libertad

Para el cálculo de los grados de libertad se utilizó la ecuación 4.14.

$$gl = 4 + 4 - 2$$

$$gl = 6$$

- Obtener el valor crítico en la tabla t Student.



		1 - alpha								
r	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995		
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657		
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925		
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841		
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604		
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032		
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707		
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499		
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355		

Figura 59. Distribución t-Student con n grados de libertad, segundo caso [34].

$$t_\alpha = 1.943$$

- Resultado

$$t_c < t_\alpha$$

$$-0.0397 < 1.943$$

Al comprobar que t_c es menor que t_α , se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, de manera que se comprueba que los mejores resultados fueron de las probetas fabricadas por compresión.

Por lo tanto se demostró que el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra del tallo de planta de Mora, obtiene los mejores resultados cuando su método de fabricación es por compresión.

B. COMPARACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL COMPUESTO (RESINA POLIÉSTER+FIBRA DE MORA), LA PRANNA POLIÉSTER (COROSIL), TEXTIL A BASE DE VINILO Y MADERA.

En la tabla 40, se muestran los valores de las propiedades mecánicas de los materiales mencionados para su posterior comparación.

Tabla 40. Propiedades mecánicas del material compuesto (resina poliéster+fibra de mora), la pranna poliéster (corosil), textil a base de vinilo y madera.

		PROPIEDADES MECÁNICAS		
		Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la flexión (MPa)	Energía absorbida (J)
MATERIALES	Resina poliéster+fibra de Mora (grupo 6)	18.62	46.90	1.22
	Pranna poliéster	12.56	-	-
	Textil a base de vinilo	5.73	-	-
	Madera estructural	18	30	-

Fuente: La autora.

Mediante el análisis estadístico comparativo, como muestra la figura 60, se demuestra que el material compuesto de matriz de resina poliéster reforzado con fibra de Mora (Grupo 6) cumple con las mínimas propiedades mecánicas requeridas para la fabricación de partes internas de carrocerías ya que sus resultados están dentro de los valores, y en algunos casos superiores, a los materiales que son usados comúnmente y certificados como válidos en las industrias carroceras.

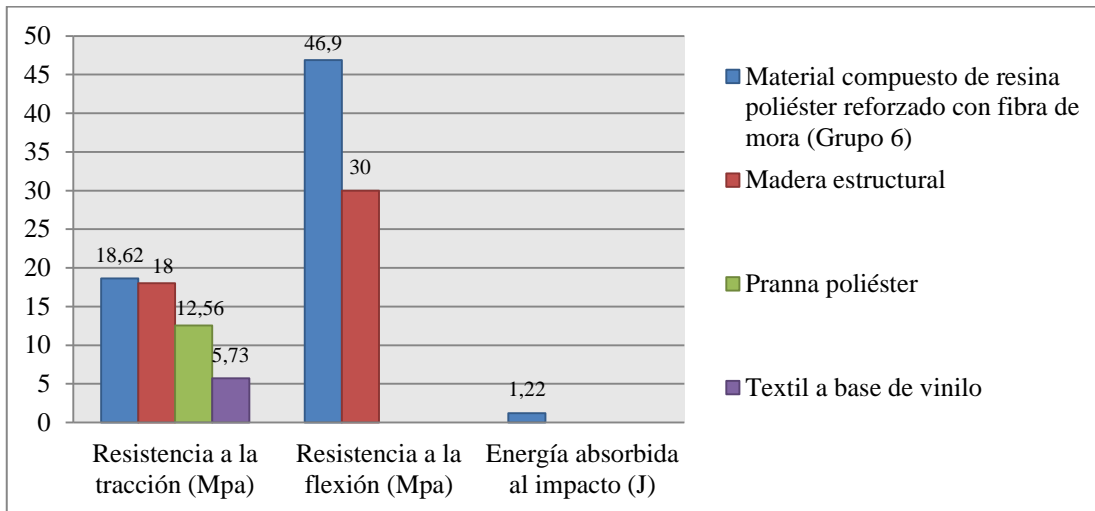


Figura 60. Grafica de propiedades mecánicas del material compuesto (matriz de resina poliéster reforzado con fibras de mora), pranna poliéster, textil a base de vinilo y madera estructural.

Fuente: La autora.

En resumen fue necesario realizar los ensayos, la tabulación de los resultados y la evaluación e interpretación de los mismos, debido a que al ser un tipo de refuerzo nuevo se desconocían sus propiedades mecánicas y por ende si era o no aplicable en materiales compuestos.

Mediante la obtención de la media aritmética de las diferentes propiedades mecánicas conseguidas en los ensayos de tracción, flexión e impacto, se desarrollaron diagramas de barras de manera que fueron comparadas entre sí con todos los grupos planteados variando cada uno de ellos en el tipo de fibra, fracción volumétrica y su método de fabricación, con lo que se determinó que el grupo 6, conformado del 70% de matriz polimérica y 30% de refuerzo de fibra del tallo de planta de Mora, fue el que presentó mejores características.

Lo que respecta a la parte estadística se realizó la verificación de la hipótesis mediante el método T- Student, para obtener el proceso de fabricación óptimo, y se comparó en un gráfico de barras las propiedades mecánicas del material compuesto (matriz de resina poliéster reforzado con fibras de mora), pranna poliéster, textil a base de vinilo y madera estructural, verificando que el mismo cumple con las mínimas propiedades mecánicas requeridas para la fabricación de partes internas de carrocerías y por ende si se cumple la hipótesis.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- Se utilizó el principio de Arquímedes para la obtención de la densidad de la fibra de Mora, dando como resultado 1.2 gr/cm^3 .
- Se elaboraron 7 probetas por cada grupo propuesto, 56 probetas con la norma ASTM D3039 para ensayo a tracción, 56 probetas con norma ASTM D7264 para ensayo a flexión y 40 probetas con la norma ASTM D5628 para ensayo de Impacto.
- El grupo de probetas que presenta mejores propiedades a tracción y fabricadas por estratificación manual son las de fibra larga con fracción volumétrica de 30% de refuerzo y 70% de matriz, determinando un esfuerzo máximo de tracción promedio de 13,33 Mpa y un módulo de elasticidad de 526,59 MPa. Adicionalmente, para fibras cortas con una fracción volumétrica de 20% de refuerzo y 80% de matriz, presenta un esfuerzo máximo de tracción promedio de 6,20 MPa y un módulo de elasticidad de 512,81 MPa.
- El grupo de probetas fabricadas por compresión obtuvo en fibra larga con fracción volumétrica de 30% de refuerzo y 70% de matriz, un esfuerzo máximo de tracción promedio de 18,62 Mpa y un módulo de elasticidad de 746,78 MPa. Además, para fibras cortas con una fracción volumétrica de 20% de refuerzo y 80% de matriz, presenta un esfuerzo máximo de tracción promedio de 7,09 MPa y un módulo de elasticidad de 508,78 MPa. Por lo tanto, las probetas fabricadas por compresión tienen mejores propiedades mecánicas bajo esfuerzos de tracción.
- El grupo seis de probetas ensayadas bajo el máximo esfuerzo de flexión y fabricadas por compresión presentan fibra larga con fracción volumétrica de 30% de refuerzo y 70% de matriz, un esfuerzo máximo de flexión de 46,90

Mpa y un módulo de flexión promedio de 3405.23 MPa. El mismo que presenta las mejores propiedades mecánicas bajo esfuerzo de flexión.

- Para probetas bajo esfuerzos de impacto las que se fabrican por compresión en fibra larga con fracción volumétrica de 30% de refuerzo y 70% de matriz muestran mejores propiedades mecánicas que las otras. Las mismas que tienen una energía absorbida promedio de 1.2156 J.
- El grupo de probetas que poseen mejores propiedades bajo solicitaciones mecánicas de tracción, flexión e impacto son del grupo 6 (tracción= 18.62MPa, flexión= 46,9MPa e impacto=1.2156J) y tienen una fracción volumétrica del 30% de refuerzo y 70% de matriz. Por lo tanto, los valores de este grupo cumplen con las mínimas propiedades mecánicas requeridas para la fabricación de partes internas de carrocerías.
- Por las propiedades obtenidas y evaluadas estadísticamente, mediante diagramas de dispersión y barras en los ensayos destructivos, se concluye que el material compuesto con matriz polimérica reforzado con fibras del tallo de mora por sus bajas propiedades mecánicas tiene como ventaja su utilización en partes internas de la carrocería como en adornos y accesorios que no tengan contacto con los esfuerzos; y como desventaja está su limitada utilización en forros laterales, parte posterior y frontal donde cumple con las mínimas propiedades mecánicas requeridas para la fabricación de los mismos.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda reducir el grosor de la fibra del tallo de mora para aminorar los concentradores de esfuerzos y aumentar la resistencia mecánica.
- La adherencia de la fibra y la matriz se incrementan al utilizar reactivos como anhídrido acético, ácido maleico y ácido acrílico para reducir la humedad del refuerzo.

- Se puede mejorar la obtención del refuerzo con el uso de una máquina agramadora que se encarga de separar la fibra de la corteza del tallo de planta de mora.
- Para evaluar el módulo de elasticidad del material compuesto bajo solicitaciones mecánicas se recomienda variar las fracciones volumétricas de la matriz y fibras.
- Optimizar el proceso de contención de la fibra en el molde para que mejore la unión del refuerzo y la matriz y así aumentar las propiedades del material compuesto.
- Realizar un estudio dinámico mecánico térmico (DMTA) que permita analizar la resistencia o tolerancia al daño, control de calidad y temperatura de transición vítrea del material compuesto.
- Someter al material compuesto a pruebas de envejecimiento agresivo para determinar la degradación, aparición de deslaminación y fractura bajo ambientes o situaciones agresivas durante un tiempo prolongado.

REFERENCIAS

- [1] Ecuatoriana, Camara de la industria, «Desarrollo, retos y modernización de la industria ecuatoriana automotriz,» 28 08 2014. [En línea]. Available: <http://www.scpm.gob.ec/wp-content/uploads/2014/10/Juan-Bermeo.pdf>. [Último acceso: 04 03 2017].
- [2] J. M. Aguilar, «Auto body magazine,» 02 2014. [En línea]. Available: http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2014/02/la-fibra-de-carbono1/. [Último acceso: 04 03 2017].
- [3] M. Herrera , Obtención de materiales compuestos de matriz polimérica formulados incorporando tejidos y no tejidos de fibras naturales, Quito, 2015.
- [4] G. Espinoza, CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA APLICACIÓN EN LA CARROCERÍA DEL VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE, Cuenca, 2016.
- [5] G. Mazón , CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIESTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES, Ambato, 2017.
- [6] F. Delgado , OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS HÍBRIDOS DE MATRIZ POLIESTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO Y ABACÁ MEDIANTE ESTRATIFICACIÓN, Quito, 2012.
- [7] D. Thomazini, J. De Lima, M. Gelfuso y J. Silva, VIBRATIONAL ANALYSIS OF COCONUT FIBER-PP COMPOSITES, Brazil, 2014.
- [8] A. Jácome, ESTUDIO DE LA CONFIGURACION DE FIBRAS DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE PIÑA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA FABRICACION DE BUTACAS DEPORTIVAS, Ambato, 2014.
- [9] busecuador.com, «Bus Ecuador,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.busecuador.com/industria-carrocera-en-crecimiento.html>. [Último acceso: 04 03 2017].

- [10] V. Guerrero , J. Dávila, P. Pontón , N. Rosas, V. Sotomayor y C. Valdivieso, Nuevos materiales, Quito: Imprefepp, 2011.
- [11] F. Delgado, Manejo orgánico del cultivo de Mora (*Rubus sp.*), Cuenca, 2012.
- [12] B. Villacis y D. Carrillo, «INEC,» 06 2012. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Demografia/documentofinal1.pdf>. [Último acceso: 04 03 2017].
- [13] Procesosindustriales2011, «procesosindustriales2011.wordpress.com,» 30 8 2011. [En línea]. Available: <https://procesosindustriales2011.wordpress.com/2011/08/30/materiales-compuestos/>. [Último acceso: 3 03 2017].
- [14] c. y. t. Creces, «Nuevos materiales,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.creces.cl/new/index.asp?tc=3&nc=2&imat=%20%20%3E%20%2067&art=67>. [Último acceso: 2017].
- [15] carbonconcrete.es, «Refuerzo de estructuras de hormigón,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.carbonconcrete.es/HTLM/es/Material%20Compuesto.html>. [Último acceso: 01 03 2017].
- [16] M. Sayuti, S. Sulaiman, T. Vijayaram, T. Baharudin y M. Arifin , Manufacturing and Properties of Quartz (SiO_2) Particulate Reinforced Al-11.8% Si Matrix Composites, INTECH, 2012.
- [17] textoscientificos.com, «Textos científicos,» 25 07 2006. [En línea]. Available: <https://www.textoscientificos.com/quimica/ceramicas-avanzadas/ceramicas-reforzadas>. [Último acceso: 04 03 2017].
- [18] A. Rodríguez , L. Sanabia , J. Rivera y D. Batista, 04 02 2015. [En línea]. Available: <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v18n2/im07215.pdf>. [Último acceso: 02 03 2017].
- [19] C. Edil, F. Velasco y M. Torralba, «<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es>,» 05 04 2000. [En línea]. Available: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/artic>

- e/viewFile/570/580. [Último acceso: 02 03 2017].
- [20] A. B. y M. L. , «Materiales de última generación y materiales eficientes,» 06 2007. [En línea]. Available: [https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200637/TAB42359/Introducci%F3n%20Composites%20\(Alberto%20Moral%20%2B%20Marar%20Nogueira\).pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200637/TAB42359/Introducci%F3n%20Composites%20(Alberto%20Moral%20%2B%20Marar%20Nogueira).pdf). [Último acceso: 02 03 2017].
- [21] Moral y Nogueira, Materiales de última generación, 2007.
- [22] Conceitual, «<http://www.revistaplasticosul.com.br>,» 15 04 2016. [En línea]. Available: <http://www.revistaplasticosul.com.br/noticia/93#.WTm7vmiGNdg>.
- [23] M. Blas., «[iberisa.com](http://www.iberisa.com),» 10 2009. [En línea]. Available: http://www.iberisa.com/soporte/femap/composites/nafems_benchmark_composite_test_r0031_3.htm. [Último acceso: 13 06 2017].
- [24] N. Rosas, 2014. [En línea]. Available: tecnologiasconsaburum.wikispaces.com/file/view/Presentación+Fibras+Textiles.ppt. [Último acceso: 03 03 2017].
- [25] K. Abu shams y I. Pascal, «<http://scielo.isciii.es>,» 2005. [En línea]. Available: <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v28s1/original1.pdf>. [Último acceso: 03 03 2017].
- [26] M. S. V. A. A. N. O. S. R. L. y F. M. , CARACTERIZACIÓN DE FIBRAS VEGETALES UTILIZADAS COMO REFUERZO EN MATRICES TERMOPLÁSTICOS, Valencia, 2008.
- [27] Allbiz, Variedad de fibra de algodón, 2017.
- [28] P. Diego, «<http://bibdigital.epn.edu.ec>,» 12 2011. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4416/1/CD-4020.pdf>. [Último acceso: 08 06 2017].
- [29] tecnologia.iniap.gob.ec, «INIAP,» 2014. [En línea]. Available: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rmora>. [Último acceso: 03 03 2017].
- [30] INIAP, Día de campo en mora de castilla, 2013.
- [31] W. Callister, Materials Science and Engineering, USA: John Wiley & Sons, 2007.

- [32] P. Diego, «<http://bibdigital.epn.edu.ec>,» 12 2011. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4416/1/CD-4020.pdf>. [Último acceso: 08 06 2017].
- [33] D. F. Castro, <<Análisis del material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizando en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas para determinar sus propiedades mecánicas,>> Ambato, 2017.
- [34] [En línea]. Available: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/128985/mod_resource/content/1/Distribuciont-Student.pdf. [Último acceso: 03 07 2017].

ANEXOS

ANEXO 1: Ficha técnica de la resina poliéster.

ANEXO 2: Norma para ensayo a tracción ASTM 3039 M-00.

ANEXO 3: Norma para ensayo a flexión ASTM 7264 M-07.

ANEXO 4: Norma para ensayo a impacto ASTM 5628-10.

ANEXO 5: Informe técnico de los ensayos a tracción y flexión.

ANEXO 1: Ficha técnica de la resina poliéster.

REICHHOLD

[BOLETÍN TÉCNICO]

Noviembre, 2010

Serie PolyLite® 33200 Resina Poliéster Química especial

DESCRIPCION

PolyLite® 33200 comprende una serie de resinas resina poliéster no saturadas, modificadas con un sistema polimérico especial. Estas resinas son rígidas, tixotrópicas, de reactividad y viscosidad medias y están preaceleradas, para gelado y curado a temperatura ambiente con la adición de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50%. PolyLite 33200-25 es recomendada para trabajar en lugares de altas temperaturas ambientales.

APLICACIONES SUGERIDAS

- Fabricación de partes automotrices de plástico reforzado con fibra de vidrio.
- Fabricación de embarcaciones marinas.
- Aplicación con pistola de aspersión, o por moldeo manual (picado).
- En general, fabricación de partes reforzadas con fibra de vidrio.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- Excelente humectación de la fibra de vidrio.
- Excelente resistencia hidrolítica
- Muy buena aceptación de cargas minerales.
- Exotermia moderada
- Sin pegajosidad (tack) residual, con muy buena adherencia entre laminados
- Resistencia superior en temperaturas moderadamente altas comparada contra resinas convencionales de usos generales
- Se obtienen laminados con muy buen acabado superficial, minimizando el fotografiado de la fibra de vidrio sobre el gel coat.
- Rápidos ciclos de curado.
- Cumple la norma FMVSS 302 de inflamabilidad para vehículos y autobuses de pasajeros.

Nota: Esta resina es tixotrópica por lo que se recomienda su agitación antes de usarla.

La información adjunta es para aportar 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.

Reichhold México - Boulevard Arturo Montiel Rojas no. 10006 Parque Industrial Atlacomulco, CP 50458 Atlacomulco Estado de México

PROPIEDADES

PROPIEDADES TÍPICAS DE RESINA LIQUIDA @ 25°C

Propiedades	Unidades	Especificaciones	Métodos de Análisis
No volátiles	%	58 – 63	RQMPEA 0041
Número ácido en solución (máximo)	mg KOH / g muestra	25	RQMPEA 0026
Viscosidad Brookfield, LVF, 3/60	cPs	300 – 400	RQMPEA 0002
Índice de tixotropía (3/6) / (3/60) (mínimo)	s/u	2.7	RQMPEA 0006
Estabilidad @ 105°C	horas	4	RQMPEA 0118
Tiempo de vida mínimo en almacenamiento	meses	3	

Propiedades	Unidades	Especificaciones		Métodos de Análisis
		Polylite 33200-01	Polylite 33200-25	
Color resina líquida	s/u	NA	Gris-azul oscuro	RQMPEA 0019
Tiempo de gel *	minutos	15 – 18	20 – 30	RQMPEA 0066
Temperatura de exotermia	°C	140 – 170	Registro	RQMPEA 0066
Tiempo de curado	minutos	21 – 35	Registro	RQMPEA 0066

* 100 g de resina + 1 ml de MEKP (Butanox M-50) @ 25°C

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS

Vaciado sin carga ni refuerzo (clear casting)

Propiedades	Unidades	Valor Típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	40	ASTM D 2583-95
HDT (Heat Distortion Temperature)	°C	73.5	ASTM D 648-01
Absorción de agua			
2 hrs @ 100°C	%	0.9142	ASTM D 570-98
24 hrs @ 23°C	%	0.1770	
Resistencia a la flexión	Psi	12,097.9	ASTM D 790-00
Módulo de flexión	kPsi	587.2	ASTM D 790-00
Resistencia a la tensión	Psi	5,654.7	ASTM D 638-01
Módulo de tensión	kPsi	501.9	ASTM D 638-01
Elongación hasta ruptura	%	1.2	ASTM D 638-01

Laminado reforzado con fibra de vidrio¹⁾

Propiedades	Unidades	Valor Típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	55 - 60	ASTM D 2583-95
Absorción de agua			
2 hrs @ 100°C	%	0.5325	ASTM D 570-98
24 hrs @ 23°C	%	0.1341	
Resistencia a la tensión	Psi	14.700.0	ASTM D 638-01
Módulo de tensión	kPsi	1.323.7	ASTM D 638-01
Resistencia a la flexión	Psi	28,909.5	ASTM D 790-00
Módulo de flexión	kPsi	1,295.4	ASTM D 790-00
Resistencia la compresión	Psi	18,236.8	ASTM D 695-96
Módulo de compresión	kPsi	1,066.0	ASTM D 695-96
Elongación hasta ruptura	%	1.7	ASTM D 638-01
Resistencia al Impacto (Izod Tipo "A")	ft-lb/in	12.3	ASTM D 256-00
Tipo de falla: Completa (100% del total)			
Resistencia al impacto (Izod tipo "E")	ft-lb/in	16.146	ASTM D 256-00
Tipo de falla: Completa (10% del total)			
Tipo de falla: Parcial (90% del total)		14.900	

1) Construcción del laminado: relación resina/fibra de vidrio: 70/30 (% peso).

CONDICIONES DE CURADO

Adicionar 1 ml de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50% por cada 100 g de resina. Se puede curar a temperatura ambiente durante la noche o aplicar un postcurado de 2 - 4 horas a 60°C. Niveles de peróxido abajo de 0.8% resultan en largo gelado y curado, por lo que no se recomiendan.

ALMACENAMIENTO

Para asegurar una máxima estabilidad y mantener las propiedades óptimas de la resina PolyLite® 33200, ésta deberá ser almacenada en tambores cerrados, manteniéndolos por abajo de los 25°C (77°F), lejos de fuentes de calor y luz solar. Todo almacén deberá cumplir con los códigos locales de incendios y construcciones. Los tambores en existencia deberán ser almacenados lejos de toda fuente de flama y combustión. Los niveles de inventario deberán guardar un mínimo razonable, con una política de inventarios de primeras entradas - primeras salidas.

PRESENTACION

Tambor metálico no retornable de 230 Kg de peso neto y 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 20 en Atlacomulco, Edo. de México.

ANEXO 2: Norma para ensayo a tracción ASTM 3039 M-00.



Designation: D 3039/D 3039M – 00*¹

Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹

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 (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

*¹ Norm—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 Displacement²
- D 883 Terminology Relating to Plastics²
- D 2584 Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins³
- D 2734 Test Method for Void Content of Reinforced Plastics³
- D 3171 Test Methods for Constituent Content of Composites Materials⁴
- D 3878 Terminology for Composite Materials⁴
- D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption

Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials⁴

- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵
- E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵
- E 111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus⁵
- E 122 Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process⁶
- E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature⁵
- E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods⁶
- E 251 Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gages⁵
- E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics⁶
- E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶
- E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading⁵
- E 1237 Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages⁵

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

¹ 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.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

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^B	3000	2000

^A 1000 $\mu\epsilon$ = 0.001 absolute strain.
^B 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.

$$B_y = \frac{|e_f - e_b|}{|e_f + e_b|} \quad (5)$$

where:

- e_f = indicated strain from front transducer, $\mu\epsilon$;
- e_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.

$$F^u = P^u/A \quad (6)$$

$$\sigma_i = P_i/A \quad (7)$$

where:

- F^u = ultimate tensile strength, MPa [psi];
- P^u = maximum load before failure, N [lbf];
- σ_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^2 [in.^2].

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:

- ϵ_i = tensile strain at i th data point, $\mu\epsilon$;
- δ_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.

$$E^{\text{chord}} = \Delta\sigma/\Delta\epsilon \quad (9)$$

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,

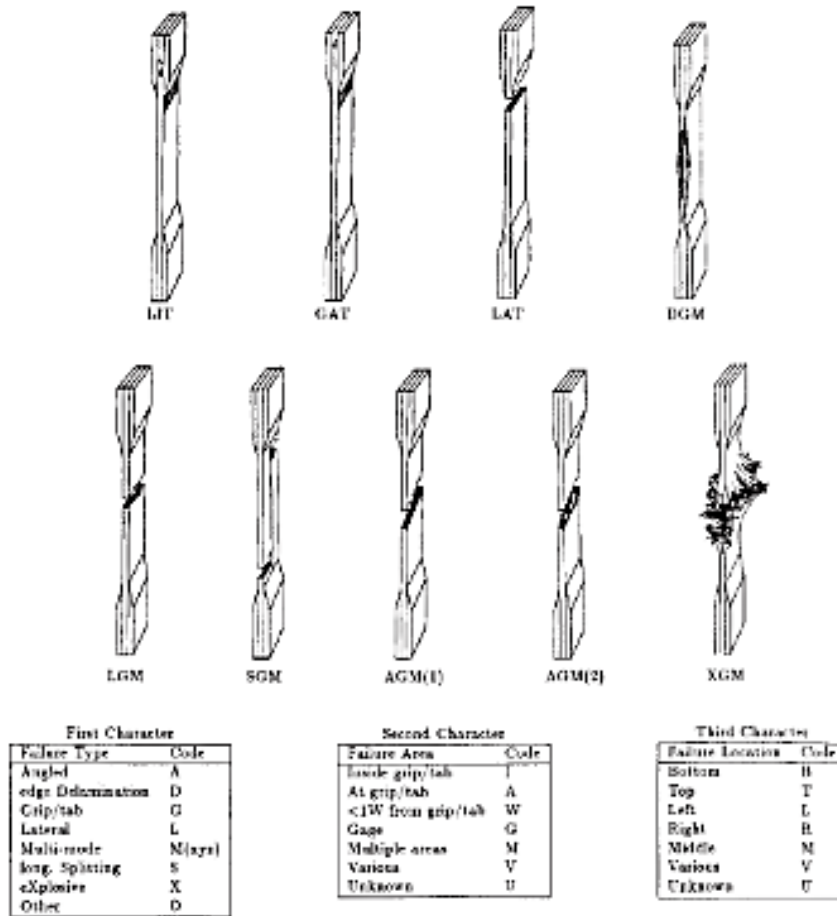


FIG. 4 Tensile Test Failure Codes/Typical Modes

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), ϵ_y , at each of the two longitudinal strains (measured parallel to the applied load), ϵ_x , strain range end points. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use

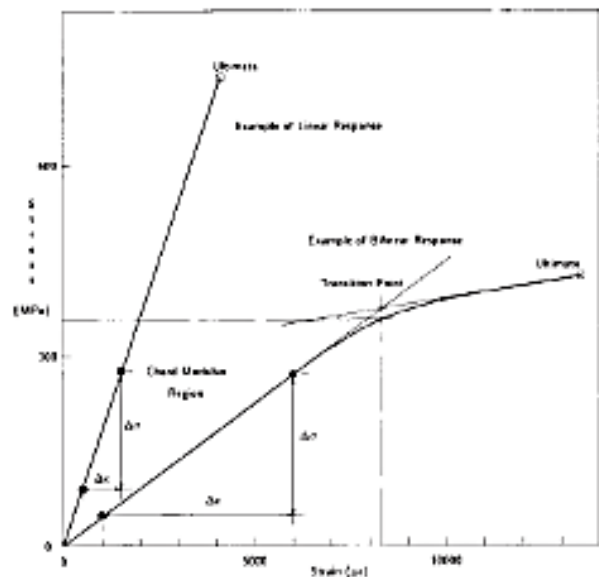


FIG. 5 Typical Tensile Stress-Strain Curves

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:

ν = 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.



Designation: D 7264/D 7264M – 07

Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹

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 approval. A superscript epsilon (ϵ) 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:²

- 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 Metric³

ANSI B46.1-1995 Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)³

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.

¹ 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.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

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_f = measured or derived property
- \bar{x} = sample mean
- δ = mid-span deflection of the specimen
- ϵ = strain at the outer surface at mid-span of the specimen
- σ = 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

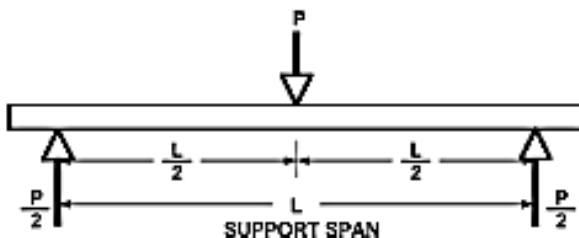


FIG. 1 Procedure A—Loading Diagram

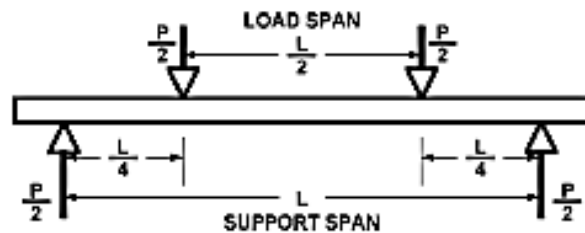


FIG. 2 Procedure B—Loading Diagram

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.

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 tooled 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 ± 0.02 mm [± 0.001 in.] is desirable for thickness and width measurement, while an instrument with an accuracy of ± 0.1 mm [± 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 ± 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 ± 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

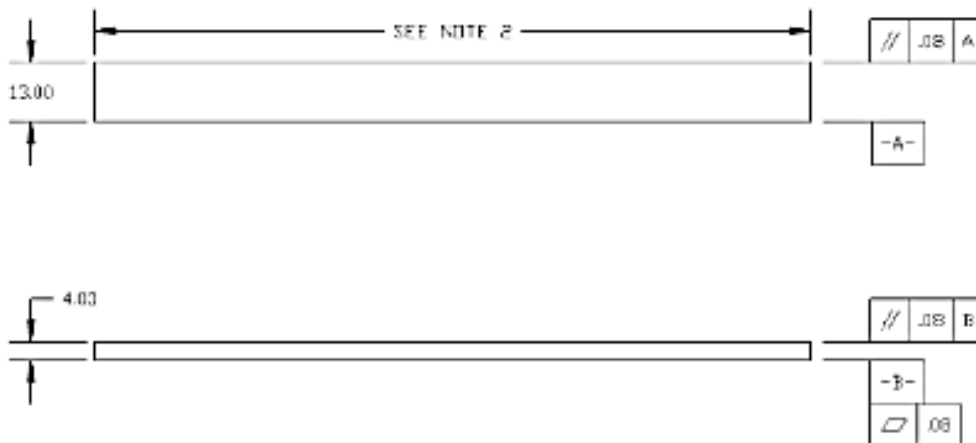
within $\pm 3^\circ\text{C}$ [$\pm 5^\circ\text{F}$] and the required vapor level to within ± 5 % relative humidity.

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)

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 homogeneous, 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:

σ = 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.⁴ 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 ½ 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:

σ = 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

⁴ 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 346, 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

ANEXO 4: Norma para ensayo a impacto ASTM 5628-10.



Designation: D5628 – 10

Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimens by Means of a Falling Dart (Tup or Falling Mass)¹

This standard is issued under the fixed designation D5628; 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 reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

1. Scope*

1.1 This test method covers the determination of the threshold value of impact-failure energy required to crack or break flat, rigid plastic specimens under various specified conditions of impact of a free-falling dart (tup), based on testing many specimens.

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 are technically equivalent only when the test conditions and specimen geometry required for Geometry FE and the Bruceton Staircase method of calculation are used.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing

D883 Terminology Relating to Plastics

D1600 Terminology for Abbreviated Terms Relating to Plastics

D1709 Test Methods for Impact Resistance of Plastic Film by the Free-Falling Dart Method

D2444 Test Method for Determination of the Impact Resistance of Thermoplastic Pipe and Fittings by Means of a Tup (Falling Weight)

D3763 Test Method for High Speed Puncture Properties of Plastics Using Load and Displacement Sensors

D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials

D5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens

D6779 Classification System for Polyamide Molding and Extrusion Materials (PA)

E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

2.2 ISO Standards:³

ISO 291 Standard Atmospheres for Conditioning and Testing

ISO 6603-1 Plastics—Determination of Multiaxial Impact Behavior of Rigid Plastics—Part 1: Falling Dart Method

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of plastic terms used in this test method, see Terminologies D883 and D1600.

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, to the product of the constant mass and the 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 example, is difficult to differentiate from the reinforcing fibers. In such cases, a penetrating dye can 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 Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Bar Harbor Drive PO box C-700 West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Sep 6 14:00:53 EDT 2010
Downloaded/printed by

Escuela Politécnica Nacional pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

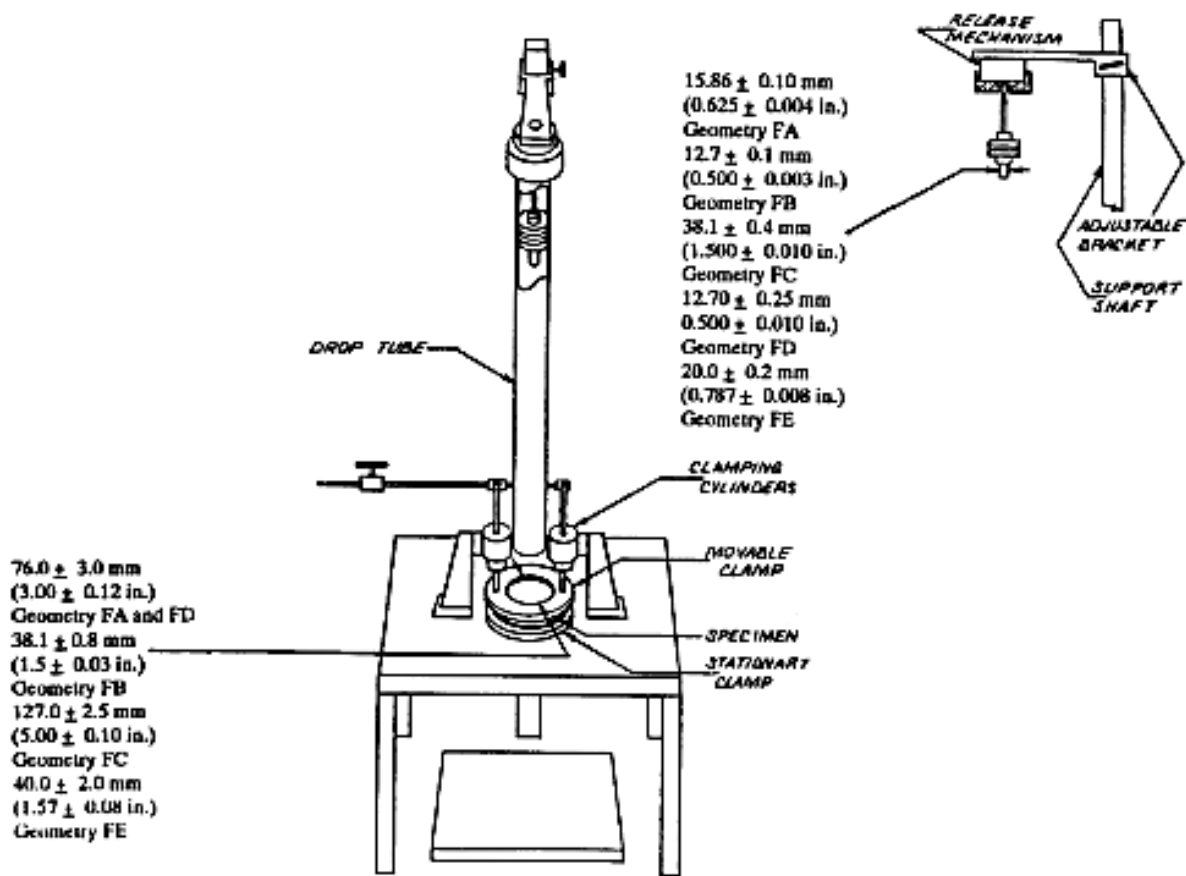


FIG. 2 One Type of Falling Mass Impact Tester

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 ± 3.0 mm (3.00 ± 0.12 in.). For Geometry FB, the inside diameter should be 38.1 ± 0.80 mm (1.5 ± 0.03 in.). For Geometry FC, the inside diameter should be 127.0 ± 2.5 mm (5.00 ± 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 ± 2 mm (1.57 ± 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 *Tap 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 are ensured through the use of a tube or cage within which the tap falls. In this event, care should be exercised so that any friction that develops will not reduce the velocity of the tap appreciably.

7.1.3 *Positioning Device*—Means shall be provided for positioning the tap so that the distance from the impinging surface of the tap head to the test specimen is as specified.

7.2 *Tap*:

7.2.1 The tap used in Geometry FA shall have a 15.86 ± 0.10 -mm (0.625 ± 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° 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 tap 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 ± 0.1 mm (0.500 ± 0.003 in.) with a conical (50° 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 tap 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 ± 0.4 mm (1.5 ± 0.015 in.). 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

D5628 - 10

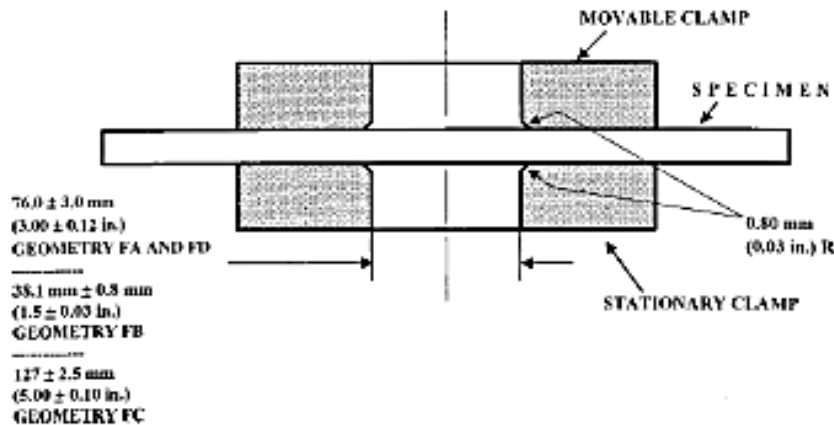


FIG. 3 Support Plate/Specimen/Clamp Configuration for Geometries FA, FB, FC, and FD

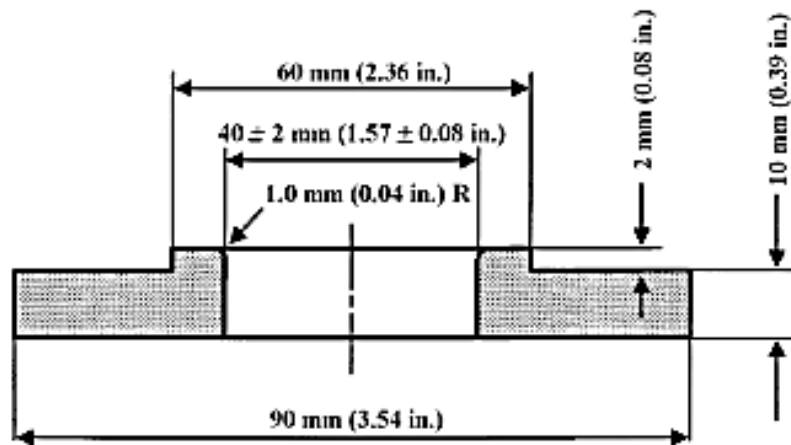


FIG. 4 Test-Specimen Support for Geometry FE

TABLE 1 Tip and Support Ring Dimensions

Geometry	Dimensions, mm (in.)	
	Tip Diameter	Inside Diameter Support Ring
FA	15.86 ± 0.10 (0.625 ± 0.004)	76.0 ± 3.0 (3.00 ± 0.12)
FB	12.7 ± 0.1 (0.500 ± 0.003)	38.1 ± 0.8 (1.5 ± 0.03)
FC	38.1 ± 0.4 (1.5 ± 0.010)	127.0 ± 2.5 (5.00 ± 0.10)
FD	12.70 ± 0.25 (0.500 ± 0.010)	76.0 ± 3.0 (3.00 ± 0.12)
FE	20.0 ± 0.2 (0.787 ± 0.008)	40.0 ± 2.0 (1.57 ± 0.08)

axis at 90° 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 tip used in Geometry FD shall have a 12.70 ± 0.25-mm (0.500 ± 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° 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 tip used in Geometry FE shall have a 20.0 ± 0.2-mm (0.787 ± 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° 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 tip 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 tip shaft will fit. A variety of masses are needed if different materials or thicknesses are to be

measure and record thickness for one specimen when it has been previously demonstrated that the thickness does not vary by more than 5 %.

12.5 Choose a specimen at random from the sample.

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 D618. 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 is difficult to determine with the naked eye. Exposure of the stressed surface to a penetrating dye, such as gentian violet, confirms the onset of cracking. As a result of the wide range of failure types observed with different materials, the definition of failure defined in the material specification, or a definition agreed upon by supplier and user, shall take precedence over the definition stated in 3.2.1.

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 shall 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 can 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.),

- $A = \sum_{i=0}^k in_i$
- $i = 0, 1, 2, \dots, k$ (counting index, starts at h_o or w_o),
- n_i = number of events that occurred at h_i or w_i ,
- $w_i = w_o + id_w$, and
- $h_i = h_o + id_h$.

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

ANEXO 5: Informe técnico de los ensayos a tracción y flexión.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME N°: 180442319020170405-ETC

Designación del material: Material matriz polimérica con refuerzo de fibra del tallo de la planta de mora.

Método de ensayo: ASTM D3039-2015.

Empresa / Cliente: Morayma de los Ángeles Balladares Pazmiño.

Fecha de Inicio de Ensayo: 24 de abril de 2017.

Fecha de Finalización de Ensayo: 24 de abril de 2017.

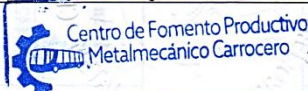
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de materiales compuestos. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

Número de Probetas cuantificadas

N°	No tejido. Tipo de Fibra	Fracción Volumétrica de Resina poliéster.	Fracción Volumétrica de fibra de planta de Mora.	Orientación de la Fibras	Método de Fabricación	Cantidad de Probetas a Ensayar
1T	Larga	80%	20%	Longitudinal al eje	Estratificación Manual	5
2T	Larga	70%	30%	Longitudinal al eje	Estratificación Manual	5
3T	Corta	80%	20%	Al azar	Estratificación Manual	5
4T	Corta	70%	30%	Al azar	Estratificación Manual	5
5T	Larga	80%	20%	Longitudinal al eje	Moldeo por Compresión	5
6T	Larga	70%	30%	Longitudinal al eje	Moldeo por Compresión	5
7T	Corta	80%	20%	Al azar	Moldeo por Compresión	5
8T	Corta	70%	30%	Al azar	Moldeo por Compresión	5
TOTAL DE PROBETAS						40

Nota: En Proceso de fabricación del material de matriz polimérica reforzada con tejido de fibra del tallo de la planta de mora y la disposición en diferentes orientaciones de cada tejido, la estratificación se realizó mediante estratificación compresión manual.

Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza	Ing. Angel Balseca	Ing. Esteban López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Ambato, 10 de Mayo de 2017.
N°. Factura. 001-002-000002516

Código: RG-RM-004
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 09-05-2017
Revisión: 5

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 1 de 6



Resultados:

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
1	180442319020170405-ETC 01 -1	18°C, 75%	a= 23,93	b=4,45	1111,68	10,44	538,11	1,94	LGM
2	180442319020170405-ETC 01 -2	18°C, 75%	a=24,34	b=4,33	1563,88	14,84	645,15	2,3	LAT
3	180442319020170405-ETC 01 -3	18°C, 75%	a=24,48	b=4,37	1322,00	12,36	452,66	2,73	LAT
4	180442319020170405-ETC 01 -4	18°C, 75%	a=24,82	b=4,75	1161,03	9,85	323,94	3,04	LGM
5	180442319020170405-ETC 01 -5	18°C, 75%	a= 24,27	b=5,36	1397,03	10,74	365,27	2,94	LGM
			Promedio \bar{x}		1311,12	11,64	465,03	2,59	
			Desviación estándar S_{n-1}		182,81	2,01	130,18	0,46	
			Coeficiente de variación CV		13,94	17,28	27,99	17,81	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
6	180442319020170405-ETC 02 -1	18°C, 77%	a= 24,66	b=4,24	1430,94	13,69	705,44	1,94	LGM
7	180442319020170405-ETC 02 -2	18°C, 77%	a=24,64	b=5,72	1404,92	9,97	433,39	2,3	LGM
8	180442319020170405-ETC 02 -3	18°C, 77%	a=24,83	b=4,32	1796,52	16,75	613,49	2,73	LGM
9	180442319020170405-ETC 02 -4	18°C, 77%	a=24,60	b=4,98	1341,47	10,95	360,19	3,04	LGM
10	180442319020170405-ETC 02 -5	18°C, 77%	a= 25,13	b=4,72	1814,81	15,30	520,41	2,94	LGM
			Promedio \bar{x}		1557,73	13,33	526,59	2,59	
			Desviación estándar S_{n-1}		228,74	2,85	137,79	0,46	
			Coeficiente de variación CV		14,68	21,43	26,16	17,81	



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
11	180442319020170405-ETC 03 -1	19°C, 72%	a= 23,83	b=3,91	567,51	6,09	548,718674	1,11	LGM
12	180442319020170405-ETC 03 -2	19°C, 72%	a=24,44	b=3,37	588,66	7,15	571,772693	1,25	LGM
13	180442319020170405-ETC 03 -3	19°C, 72%	a=24,21	b=3,52	473,68	5,56	479,169985	1,16	LGM
14	180442319020170405-ETC 03 -4	19°C, 72%	a=24,00	b=3,79	486,60	5,35	477,643234	1,12	LGM
15	180442319020170405-ETC 03 -5	19°C, 72%	a= 24,02	b=3,81	628,10	6,86	486,756435	1,41	LGM
			Promedio \bar{x}		548,91	6,20	512,81	1,21	
			Desviación estándar S_{n-1}		66,59	0,78	44,19	0,12	
			Coeficiente de variación CV		12,13	12,70	8,61	10,30	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
16	180442319020170405-ETC 04 -1	20°C, 76%	a= 24,48	b=3,94	375,65	3,89	442,58	0,88	LAT
17	180442319020170405-ETC 04 -2	20°C, 76%	a=24,13	b=4,20	691,98	6,72	542,67	1,24	LGM
18	180442319020170405-ETC 04 -3	20°C, 76%	a=24,56	b=3,50	563,98	6,56	575,52	1,14	LAT
19	180442319020170405-ETC 04 -4	20°C, 76%	a=24,57	b=4,22	798,14	7,69	687,2	1,12	LIT
20	180442319020170405-ETC 04 -5	20°C, 76%	a= 24,37	b=4,33	611,82	5,79	429,48	1,35	LGM
			Promedio \bar{x}		606,31	6,13	535,51	1,14	
			Desviación estándar S_{n-1}		156,16	1,42	105,55	0,17	
			Coeficiente de variación CV		25,75	23,20	19,71	15,23	



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
21	180442319020170405-ETC 05 -1	19°C, 70%	a= 23,90	b=3,28	1163,05	14,83	699,82	2,12	LGM
22	180442319020170405-ETC 05 -2	19°C, 70%	a= 24,00	b=4,03	1105,47	11,42	560,27	2,04	LGM
23	180442319020170405-ETC 05 -3	19°C, 70%	a=24,52	b=4,42	1114,54	10,28	430,28	2,39	LAT
24	180442319020170405-ETC 05 -4	19°C, 70%	a=23,70	b=2,95	1118,40	15,99	645,02	2,48	LGM
25	180442319020170405-ETC 05 -5	19°C, 70%	a=24,23	b=3,94	1556,49	16,30	953,45	1,71	LGM
			Promedio \bar{x}		1211,59	13,77	657,77	2,148	
			Desviación estándar S_{n-1}		194,08	2,74	194,04	0,31	
			Coeficiente de variación CV		16,01	19,93	29,50	14,21	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
26	180442319020170405-ETC 06 -1	18°C, 74%	a= 24,48	b=2,83	1611,88	23,26	905,31	2,57	LGM
27	180442319020170405-ETC 06 -2	18°C, 74%	a= 24,70	b=3,74	1158,51	12,54	627,04	2,00	LGM
28	180442319020170405-ETC 06 -3	18°C, 74%	a=24,44	b=3,51	2023,62	23,58	914,32	2,58	LGM
29	180442319020170405-ETC 06 -4	18°C, 74%	a=23,02	b=4,49	1343,99	13,00	492,53	2,64	LGM
30	180442319020170405-ETC 06 -5	18°C, 74%	a=24,71	b=2,94	1506,81	20,74	794,69	2,61	LGM
			Promedio \bar{x}		1528,96	18,62	746,78	2,48	
			Desviación estándar S_{n-1}		325,38	5,46	183,35	0,26	
			Coeficiente de variación CV		21,28	29,31	24,55	10,87	



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
31	180442319020170405-ETC 07 -1	18°C, 73%	a= 23,62	b=3,33	601,92	7,65	461,00	1,66	LGM
32	180442319020170405-ETC 07 -2	18°C, 73%	a= 24,33	b=3,24	686,68	8,71	664,96	1,31	LAT
33	180442319020170405-ETC 07 -3	18°C, 73%	a=24,50	b=3,43	515,3	6,13	486,66	1,26	LIT
34	180442319020170405-ETC 07 -4	18°C, 73%	a=24,65	b=3,70	575,56	6,31	457,29	1,38	LGM
35	180442319020170405-ETC 07 -5	18°C, 73%	a=24,25	b=4,12	667,55	6,68	473,86	1,41	LGM
			Promedio \bar{x}		609,40	7,09	508,75	1,41	
			Desviación estándar S_{n-1}		69,65	1,07	88,08	0,15	
			Coeficiente de variación CV		11,43	15,16	17,31	11,01	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
36	180442319020170405-ETC 08 -1	18°C, 73%	a= 24,58	b=3,75	822,64	8,92	474,72	1,88	LAT
37	180442319020170405-ETC 08 -2	18°C, 73%	a= 24,41	b=3,96	244,06	2,52	365,91	0,69	LGM
38	180442319020170405-ETC 08 -3	18°C, 73%	a=24,52	b=3,85	643,71	6,81	487,05	1,40	LGM
39	180442319020170405-ETC 08 -4	18°C, 73%	a=24,75	b=2,95	410,73	5,62	464,91	1,21	LAT
40	180442319020170405-ETC 08 -5	18°C, 73%	a=24,91	b=3,32	826,33	9,99	584,31	1,71	LAT
			Promedio \bar{x}		589,49	6,77	475,38	1,378	
			Desviación estándar S_{n-1}		257,22	2,93	77,61	0,46	
			Coeficiente de variación CV		43,63	43,24	16,32	33,73	

Código: RG-RM-004
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 09-05-2017
Revisión: 5

INFORME DE ENSAYO DE
TRACCIÓN MATERIALES
COMPUESTOS

Página 5 de 6



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 172275576420170316-ETC
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Morayma de los Ángeles Balladares Pazmiño.
DIRECCIÓN: Huachi Grande, Alaska y Alabama.
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804423190 TELÉFONO: 098490822
E-MAIL: morayma.balladares@gmail.com

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material: Material matriz polimérica con refuerzo de fibra del tallo de la planta de mora.

Método de ensayo: ASTM D3039-2015.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	180442319020170405-ETC 01 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
2	180442319020170405-ETC 01 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
3	180442319020170405-ETC 01 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
4	180442319020170405-ETC 01 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
5	180442319020170405-ETC 01 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
6	180442319020170405-ETC 02 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
7	180442319020170405-ETC 02 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
8	180442319020170405-ETC 02 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
9	180442319020170405-ETC 02 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
10	180442319020170405-ETC 02 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
11	180442319020170405-ETC 03 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
12	180442319020170405-ETC 03 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
13	180442319020170405-ETC 03 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
14	180442319020170405-ETC 03 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
15	180442319020170405-ETC 03 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
16	180442319020170405-ETC 04 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
17	180442319020170405-ETC 04 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
18	180442319020170405-ETC 04 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
19	180442319020170405-ETC 04 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
20	180442319020170405-ETC 04 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
21	180442319020170405-ETC 05 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	[Redacted]
22	180442319020170405-ETC 05 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	[Redacted]
23	180442319020170405-ETC 05 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
24	180442319020170405-ETC 05 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
25	180442319020170405-ETC 05 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
26	180442319020170405-ETC 06 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	[Redacted]
27	180442319020170405-ETC 06 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	[Redacted]
28	180442319020170405-ETC 06 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
29	180442319020170405-ETC 06 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
30	180442319020170405-ETC 06 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
31	180442319020170405-ETC 07 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	[Redacted]
32	180442319020170405-ETC 07 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	[Redacted]
33	180442319020170405-ETC 07 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
34	180442319020170405-ETC 07 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]
35	180442319020170405-ETC 07 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	[Redacted]

Código: RG-RM-003

Fecha de Elaboración: 06-07-2016

Fecha de última aprobación: 17-01-2017

Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
36	180442319020170405-ETC 08 -1	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
37	180442319020170405-ETC 08 -2	14/04/2017		Ing. F. Galarza	Se almacena	
38	180442319020170405-ETC 08 -3	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
39	180442319020170405-ETC 08 -4	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	
40	180442319020170405-ETC 08 -5	14/04/2017	24/04/2017	Ing. F. Galarza	Entrega al cliente	

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.

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



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

INFORME N°: 180442319020170405-EFC

Designación del material: Material matriz polimérica con refuerzo de fibra del tallo de la planta de mora.

Método de ensayo: ASTM D7264-2015.

Empresa / Cliente: Morayma de los Ángeles Balladares Pazmiño

Fecha de Inicio de Ensayo: 25 de abril de 2017.

Fecha de Finalización de Ensayo: 25 de abril de 2017

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

N°	No tejido. Tipo de Fibra	Fracción Volumétrica de Resina poliéster.	Fracción Volumétrica de fibra de planta de Mora.	Orientación de las Fibras	Método de Fabricación	Cantidad de Probetas a Ensayar
1T	Larga	80%	20%	Longitudinal al eje	Estratificación Manual	5
2T	Larga	70%	30%	Longitudinal al eje	Estratificación Manual	5
3T	Corta	80%	20%	Al azar	Estratificación Manual	5
4T	Corta	70%	30%	Al azar	Estratificación Manual	5
5T	Larga	80%	20%	Longitudinal al eje	Moldeo por Compresión	5
6T	Larga	70%	30%	Longitudinal al eje	Moldeo por Compresión	5
7T	Corta	80%	20%	Al azar	Moldeo por Compresión	5
8T	Corta	70%	30%	Al azar	Moldeo por Compresión	5
TOTAL DE PROBETAS						40

Nota: En Proceso de fabricación del material de matriz polimérica reforzada con tejido de fibra del tallo de la planta de mora y la disposición en diferentes orientaciones de cada tejido, la estratificación se realizó mediante estratificación compresión manual, según la especificación y declaración del cliente.

Distancia entre apoyos: 140 m

Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza	Ing. Ángel Balseca	Ing. Esteban López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Ambato, 26 de Abril de 2017.
N° Factura. 001-002-000002516



Resultados:

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
1	180442319020170405-EFC 01 -1	19°C, 73%	a=13,47 b=7,72	151,57	7,205	39,65	2328,54	1,70	OAB
2	180442319020170405-EFC 01 -2	19°C, 73%	a=13,96 b=6,83	111,29	5,648	35,89	3039,05	1,18	OAB
3	180442319020170405-EFC 01 -3	19°C, 73%	a=13,30 b=8,38	99,20	5,727	22,30	1518,19	1,47	OAB
4	180442319020170405-EFC 01 -4	19°C, 73%	a=13,56 b=7,53	91,98	6,389	25,12	1705,85	1,47	OAB
5	180442319020170405-EFC 01 -5	19°C, 71%	a=13,38 b=8,22	117,16	5,652	27,21	1913,51	1,42	OAB
Promedio \bar{x}				114,24	6,12	30,04	2101,03	1,45	
Desviación estándar S_{n-1}				23,09	0,68	7,39	604,71	0,19	
Coeficiente de variación CV				20,21	11,09	24,61	28,78	12,81	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
6	180442319020170405-EFC 02 -1	19°C, 71%	a=14,07 b=8,11	152,91	4,613	34,70	3029,84	1,15	OAB
7	180442319020170405-EFC 02 -2	19°C, 71%	a=13,60 b=8,92	129,25	2,966	25,08	3097,06	0,81	OAB
8	180442319020170405-EFC 02 -3	19°C, 71%	a=12,84 b=8,26	154,76	4,418	37,10	3320,87	1,12	OAB
9	180442319020170405-EFC 02 -4	19°C, 71%	a=13,43 b=8,67	160,97	5,595	33,48	2254,94	1,48	OLB
10	180442319020170405-EFC 02 -5	19°C, 71%	a=14,55 b=9,92	154,09	9,461	22,60	786,62	2,87	OLB
Promedio \bar{x}				150,40	5,41	30,59	2497,87	1,49	
Desviación estándar S_{n-1}				12,23	2,45	6,36	1037,64	0,81	
Coeficiente de variación CV				8,13	45,31	20,79	41,54	54,60	



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
11	180442319020170405-EFC 03 -1	19°C, 69%	a=13,75 b=7,13	35,08	2,455	10,54	1966,80	0,54	OAB
12	180442319020170405-EFC 03 -2	19°C, 69%	a=14,22 b=7,01	55,06	3,448	16,55	2236,35	0,74	OAB
13	180442319020170405-EFC 03 -3	19°C, 69%	a=13,76 b=6,91	39,61	2,798	12,66	2139,09	0,59	OLB
14	180442319020170405-EFC 03 -4	19°C, 69%	a=13,61 b=6,48	45,32	4,293	16,65	1955,55	0,85	OAB
15	180442319020170405-EFC 03 -5	19°C, 69%	a=13,40 b=7,09	60,59	4,069	18,89	2138,92	0,88	OLB
		Promedio \bar{x}		47,13	3,41	15,06	2087,34	0,72	
		Desviación estándar S_{n-1}		10,60	0,79	3,38	121,90	0,15	
		Coefficiente de variación CV		22,48	23,18	22,43	5,84	21,35	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
16	180442319020170405-EFC 04 -1	19°C, 64%	a=13,48 b=7,86	45,32	2,598	11,43	1828,17	0,63	OAB
17	180442319020170405-EFC 04 -2	19°C, 64%	a=14,07 b=7,34	45,32	2,818	12,56	1982,85	0,63	OAB
18	180442319020170405-EFC 04 -3	19°C, 64%	a=13,86 b=7,82	33,91	2,437	8,40	1440,17	0,58	OAB
19	180442319020170405-EFC 04 -4	19°C, 64%	a=13,89 b=6,88	31,05	4,008	9,92	1174,87	0,84	OLB
20	180442319020170405-EFC 04 -5	19°C, 64%	a=14,09 b=7,65	36,42	2,573	9,28	1539,32	0,60	OAB
		Promedio \bar{x}		38,40	2,89	10,32	1593,08	0,66	
		Desviación estándar S_{n-1}		6,59	0,64	1,67	319,52	0,11	
		Coefficiente de variación CV		17,17	22,22	16,19	20,06	16,12	



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
21	180442319020170405-EFC 05 -1	20°C, 64%	a=13,34 b=6,42	93,33	6,844	35,65	2650,17	1,35	OLV
22	180442319020170405-EFC 05 -2	20°C, 65%	a=13,02 b=6,45	111,45	6,588	43,21	3321,70	1,30	OAB
23	180442319020170405-EFC 05 -3	20°C, 65%	a=13,44 b=6,51	86,61	5,678	31,93	2821,98	1,13	OAB
24	180442319020170405-EFC 05 -4	20°C, 65%	a=13,43 b=6,54	100,21	5,91	36,64	3096,27	1,18	OAB
25	180442319020170405-EFC 05 -5	20°C, 65%	a=13,39 b=6,14	103,23	6,614	42,94	3454,46	1,24	OAB
			Promedio \bar{x}	98,97	6,33	38,07	3068,92	1,24	
			Desviación estándar S_{n-1}	9,49	6,50	4,89	335,27	0,09	
			Coefficiente de variación CV	9,59	7,95	12,85	10,92	6,95	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
26	180442319020170405-EFC 06 -1	20°C, 73%	a=13,50 b=6,93	134,45	6,357	43,55	3229,23	1,35	OAB
27	180442319020170405-EFC 06 -2	20°C, 73%	a=12,91 b=6,53	131,09	7,213	50,01	3468,26	1,44	OLB
28	180442319020170405-EFC 06 -3	20°C, 73%	a=13,52 b=6,52	132,77	7	48,51	3472,21	1,40	OAB
29	180442319020170405-EFC 06 -4	20°C, 73%	a=14,06 b=6,28	136,80	7,998	51,81	3369,49	1,54	OAB
30	180442319020170405-EFC 06 -5	20°C, 73%	a=13,26 b=6,41	105,41	5,938	40,63	3486,97	1,17	OAB
			Promedio \bar{x}	128,10	6,90	46,90	3405,23	1,38	
			Desviación estándar S_{n-1}	12,86	0,80	4,66	108,85	0,14	
			Coefficiente de variación CV	10,04	11,53	9,94	3,20	10,01	



Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
31	180442319020170405-EFC 07 -1	17°C, 79%	a=13,35 b=6,27	40,28	3,738	16,12	2246,42	0,72	OAT
32	180442319020170405-EFC 07 -2	17°C, 79%	a=13,64 b=6,88	19,30	2,438	6,28	1222,55	0,51	OAB
33	180442319020170405-EFC 07 -3	17°C, 79%	a=13,52 b=6,14	33,91	3,268	13,97	2274,51	0,61	OAT
34	180442319020170405-EFC 07 -4	17°C, 79%	a=13,32 b=6,58	28,03	2,215	10,21	2287,66	0,45	OLT
35	180442319020170405-EFC 07 -5	17°C, 79%	a=13,41 b=6,66	31,72	2,111	11,20	2602,06	0,43	OLB
Promedio \bar{x}				30,65	2,75	11,55	2126,64	0,54	
Desviación estándar S_{n-1}				7,75	0,71	3,76	525,72	0,12	
Coeficiente de variación CV				25,28	25,91	32,51	24,72	22,20	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura y humedad	Dimensiones	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
36	180442319020170405-EFC 08 -1	21°C, 72%	a=13,32 b=6,60	31,56	2,9	11,42	1949,52	0,59	OAT
37	180442319020170405-EFC 08 -2	21°C, 72%	a=13,82 b=7	47,00	2,95	14,58	2305,67	0,63	OLB
38	180442319020170405-EFC 08 -3	21°C, 72%	a=13,57 b=6,60	41,12	1,95	14,61	3707,93	0,39	OLB
39	180442319020170405-EFC 08 -4	21°C, 72%	a=13,48 b=6,75	29,37	3,52	10,04	1380,65	0,73	OAB
40	180442319020170405-EFC 08 -5	21°C, 72%	a=12,97 b=6,70	42,80	3,32	15,44	2267,07	0,68	OAB
Promedio \bar{x}				38,37	2,93	13,22	2322,17	0,60	
Desviación estándar S_{n-1}				7,57	0,60	2,35	858,63	0,13	
Coeficiente de variación CV				19,72	20,65	17,75	36,98	21,32	

Nomenclatura:

De tipo de falla evaluado: el tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D2764-2015.

Primer carácter	Otros	Segundo carácter		En el punto de carga y el punto de apoyo	Tercer carácter		Fondo varios
		A	L		B	V	
0	Otros						
1	OTROS	1A	1L	1B	1V		
2	OTROS	2A	2L	2B	2V		
3	OTROS	3A	3L	3B	3V		
4	OTROS	4A	4L	4B	4V		
5	OTROS	5A	5L	5B	5V		
6	OTROS	6A	6L	6B	6V		
7	OTROS	7A	7L	7B	7V		
8	OTROS	8A	8L	8B	8V		
9	OTROS	9A	9L	9B	9V		
10	OTROS	10A	10L	10B	10V		
11	OTROS	11A	11L	11B	11V		
12	OTROS	12A	12L	12B	12V		
13	OTROS	13A	13L	13B	13V		
14	OTROS	14A	14L	14B	14V		
15	OTROS	15A	15L	15B	15V		
16	OTROS	16A	16L	16B	16V		
17	OTROS	17A	17L	17B	17V		
18	OTROS	18A	18L	18B	18V		
19	OTROS	19A	19L	19B	19V		
20	OTROS	20A	20L	20B	20V		
21	OTROS	21A	21L	21B	21V		
22	OTROS	22A	22L	22B	22V		
23	OTROS	23A	23L	23B	23V		
24	OTROS	24A	24L	24B	24V		
25	OTROS	25A	25L	25B	25V		
26	OTROS	26A	26L	26B	26V		
27	OTROS	27A	27L	27B	27V		
28	OTROS	28A	28L	28B	28V		
29	OTROS	29A	29L	29B	29V		
30	OTROS	30A	30L	30B	30V		
31	OTROS	31A	31L	31B	31V		
32	OTROS	32A	32L	32B	32V		
33	OTROS	33A	33L	33B	33V		
34	OTROS	34A	34L	34B	34V		
35	OTROS	35A	35L	35B	35V		
36	OTROS	36A	36L	36B	36V		
37	OTROS	37A	37L	37B	37V		
38	OTROS	38A	38L	38B	38V		
39	OTROS	39A	39L	39B	39V		
40	OTROS	40A	40L	40B	40V		
41	OTROS	41A	41L	41B	41V		
42	OTROS	42A	42L	42B	42V		
43	OTROS	43A	43L	43B	43V		
44	OTROS	44A	44L	44B	44V		
45	OTROS	45A	45L	45B	45V		
46	OTROS	46A	46L	46B	46V		
47	OTROS	47A	47L	47B	47V		
48	OTROS	48A	48L	48B	48V		
49	OTROS	49A	49L	49B	49V		
50	OTROS	50A	50L	50B	50V		
51	OTROS	51A	51L	51B	51V		
52	OTROS	52A	52L	52B	52V		
53	OTROS	53A	53L	53B	53V		
54	OTROS	54A	54L	54B	54V		
55	OTROS	55A	55L	55B	55V		
56	OTROS	56A	56L	56B	56V		
57	OTROS	57A	57L	57B	57V		
58	OTROS	58A	58L	58B	58V		
59	OTROS	59A	59L	59B	59V		
60	OTROS	60A	60L	60B	60V		
61	OTROS	61A	61L	61B	61V		
62	OTROS	62A	62L	62B	62V		
63	OTROS	63A	63L	63B	63V		
64	OTROS	64A	64L	64B	64V		
65	OTROS	65A	65L	65B	65V		
66	OTROS	66A	66L	66B	66V		
67	OTROS	67A	67L	67B	67V		
68	OTROS	68A	68L	68B	68V		
69	OTROS	69A	69L	69B	69V		
70	OTROS	70A	70L	70B	70V		
71	OTROS	71A	71L	71B	71V		
72	OTROS	72A	72L	72B	72V		
73	OTROS	73A	73L	73B	73V		
74	OTROS	74A	74L	74B	74V		
75	OTROS	75A	75L	75B	75V		
76	OTROS	76A	76L	76B	76V		
77	OTROS	77A	77L	77B	77V		
78	OTROS	78A	78L	78B	78V		
79	OTROS	79A	79L	79B	79V		
80	OTROS	80A	80L	80B	80V		
81	OTROS	81A	81L	81B	81V		
82	OTROS	82A	82L	82B	82V		
83	OTROS	83A	83L	83B	83V		
84	OTROS	84A	84L	84B	84V		
85	OTROS	85A	85L	85B	85V		
86	OTROS	86A	86L	86B	86V		
87	OTROS	87A	87L	87B	87V		
88	OTROS	88A	88L	88B	88V		
89	OTROS	89A	89L	89B	89V		
90	OTROS	90A	90L	90B	90V		
91	OTROS	91A	91L	91B	91V		
92	OTROS	92A	92L	92B	92V		
93	OTROS	93A	93L	93B	93V		
94	OTROS	94A	94L	94B	94V		
95	OTROS	95A	95L	95B	95V		
96	OTROS	96A	96L	96B	96V		
97	OTROS	97A	97L	97B	97V		
98	OTROS	98A	98L	98B	98V		
99	OTROS	99A	99L	99B	99V		
100	OTROS	100A	100L	100B	100V		



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180442319020170405-EFC
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Morayma de los Ángeles Balladares Pazmiño
DIRECCIÓN: Huachi Grande, Alaska y Alabana
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804423190
E-MAIL: morayma.balladares@gmail.com
TELÉFONO: 0984908222

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material: Material matriz polimérica con refuerzo de fibra del tallo de la planta de mora.

Método de ensayo: ASTM D7264-2015.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	180442319020170405-EFC 01 -1	14/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
2	180442319020170405-EFC 01 -2	14/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
3	180442319020170405-EFC 01 -3	14/04/2017	28/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
4	180442319020170405-EFC 01 -4	14/04/2017	28/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
5	180442319020170405-EFC 01 -5	14/04/2017	28/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
6	180442319020170405-EFC 02 -1	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
7	180442319020170405-EFC 02 -2	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
8	180442319020170405-EFC 02 -3	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
9	180442319020170405-EFC 02 -4	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
10	180442319020170405-EFC 02 -5	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
11	180442319020170405-EFC 03 -1	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
12	180442319020170405-EFC 03 -2	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
13	180442319020170405-EFC 03 -3	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
14	180442319020170405-EFC 03 -4	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
15	180442319020170405-EFC 03 -5	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
16	180442319020170405-EFC 05 -1	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
17	180442319020170405-EFC 05 -2	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
18	180442319020170405-EFC 05 -3	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
19	180442319020170405-EFC 05 -4	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
20	180442319020170405-EFC 05 -5	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	

Código: RG-RM-003

Fecha de Elaboración: 06-07-2016

Fecha de última aprobación: 17-01-2017

Revisión: 3



HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

21	180442319020170405-EFC 05 -1	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
22	180442319020170405-EFC 05 -2	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
23	180442319020170405-EFC 05 -3	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
24	180442319020170405-EFC 05 -4	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
25	180442319020170405-EFC 05 -5	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
26	180442319020170405-EFC 06 -1	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
27	180442319020170405-EFC 06 -2	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
28	180442319020170405-EFC 06 -3	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
29	180442319020170405-EFC 06 -4	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
30	180442319020170405-EFC 06 -5	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
31	180442319020170405-EFC 07 -1	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
32	180442319020170405-EFC 07 -2	19/04/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
33	180442319020170405-EFC 07 -3	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
34	180442319020170405-EFC 07 -4	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
35	180442319020170405-EFC 07 -5	19/04/2017	24/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	

Código: RG-RM-003

Fecha de Elaboración: 06-07-2016


Fecha de última aprobación: 17-01-2017

Revisión: 3



HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 3 de 4



36	180442319020170405-EFC 08 -1	19/04/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
37	180442319020170405-EFC 08 -2	19/04/2017	Ing. A. Balseca	Se almacena	
38	180442319020170405-EFC 08 -3	19/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
39	180442319020170405-EFC 08 -4	19/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
40	180442319020170405-EFC 08 -5	19/04/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	

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.

	
Elaborado por: Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	