



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

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

TEMA:

**“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE
MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA PARA
DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES
INDUSTRIALES”**

AUTOR: Gavilanes Medina John Paúl.

TUTOR: Ing. Mg. Vaca Ortega Wilson Henry.

AMBATO – ECUADOR

Julio – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”**, elaborado por el Sr. Gavilanes Medina John Paúl, portador de la cédula de ciudadanía 150108000-4, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Julio 2021

Ing. Mg. Vaca Ortega Wilson Henry

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Gavilanes Medina John Paúl**, con C.I. 1501080004, declaro que las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Julio 2021



Gavilanes Medina John Paúl
C.I. 1501080004
AUTOR

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 documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Ambato, Julio 2021



Gavilanes Medina John Paúl
C.I. 1501080004
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante John Paúl Gavilanes Medina de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”**.

Ambato, Julio 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Paredes Salinas Juan Gilberto

Miembro Calificador

Ing. Mg. López Villacis Gonzalo Eduardo

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Este trabajo experimental va dedicado especialmente para mis padres; Galud y Milton, por demostrarme el mayor ejemplo de superación y perseverancia en la vida, su amor, comprensión y apoyo incondicional brindada a lo largo de mi carrera estudiantil inculcándome los mejores valores para ser una persona de bien.

A mi hermano Brayan, por ser un gran aliado y apoyarme en los peores momentos, siempre demostrando una fuerza inquebrantable para afrontar los problemas y siendo una guía para seguir el sendero correcto.

A toda mi familia que me apoyo durante mi transcurso académico en situaciones de buenos y malos momentos.

A mis amigos por ser el apoyo diario y por los momentos compartidos durante mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios que me dio la oportunidad de cumplir mis aspiraciones, siempre iluminando mi sendero de la vida.

A mis padres por el esfuerzo realizado para que yo pueda cumplir con mis sueños, gracias por sus bendiciones y enseñanzas que me ayudaron a ser una persona correcta con valores de bien.

A la Carrera de Ingeniería Mecánica y a sus docentes que fueron un apoyo incondicional con consejos de superación y perseverancia brindándome la oportunidad de adquirir conocimientos que me ayudaran en el transcurso de mi vida profesional.

Al Ing. Henry Vaca, mi tutor de tesis por la orientación brindada para el desarrollo de este trabajo y otorgándome su comprensión y apoyo moral durante mi proceso de titulación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Fundamentación teórica.....	4
1.3.1. Astrocaryum chambira Burret.....	4
1.3.2. Utilización de Astrocaryum chambira Burret	4
1.3.3. Materiales compuestos	4
1.3.4. Importancia de los materiales compuestos.....	5

1.3.5.	Clasificación de materiales compuestos.....	6
1.3.6.	Materiales de refuerzo.....	6
1.3.7.	Materiales reforzados con partículas.....	7
1.3.8.	Materiales reforzados con elementos estructurales.....	8
1.3.9.	Compuestos de polímero reforzados con fibras naturales.....	8
1.3.10.	Fibras naturales.....	9
1.3.11.	Matrices para composites verdes.....	10
1.3.12.	Procesos de fabricación de materiales compuestos	11
1.3.13.	Estratificación manual	11
1.3.14.	Moldeo por compresión.....	12
1.3.15.	Propiedades mecánicas.....	13
1.3.16.	Propiedades de tracción.....	13
1.3.17.	Propiedades de flexión	14
1.3.18.	Ensayo de tracción.....	14
1.3.19.	Ensayo de flexión	15
1.3.20.	Ensayo de impacto.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.	Hipótesis.....	17
1.5.	Señalamiento de variables de la hipótesis	17
1.5.1.	Variable independiente.....	17
1.5.2.	Variable dependiente.....	17
1.5.3.	Termino de relación	17
CAPÍTULO II		17
2.	METODOLOGÍA	17
2.1.	Nivel o tipo de investigación.....	17

2.1.1.	Experimental	17
2.1.2.	Cuantitativa	18
2.1.3.	Descriptiva	18
2.1.4.	Bibliográfica.....	18
2.2.	Población y muestra	18
2.2.1.	Población.....	18
2.2.2.	Muestra.....	18
2.3.	Operacionalización de variables.....	20
2.3.1.	Operacionalización de variable independiente.....	20
2.3.2.	Operacionalización de variable dependiente.....	20
2.4.	Plan de recolección de información	21
2.5.	Plan procesamiento y análisis.....	21
2.6.	RECOLECCIÓN DE DATOS	22
2.7.	Procedimiento.....	25
2.7.1.	Extracción y preparación de la fibra de chambira.....	25
2.7.2.	Determinación de la densidad de la fibra de chambira	28
2.7.3.	Determinación de la densidad de la resina poliéster	29
2.7.4.	Elaboración de molde para probetas	29
2.7.5.	Probetas a flexión.....	31
2.7.6.	Probetas a tracción	32
2.7.7.	Probetas a impacto	34
2.7.8.	Cálculos.....	35
2.7.9.	Cálculo de densidad del compuesto	38
2.7.10.	Proceso de estratificación de probetas.....	39

2.7.11. Corte de probetas del material compuesto elaborado a base de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de cabuya	43
CAPÍTULO III	45
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
3.1. Caracterización mecánica.....	45
3.1.1. Ensayo a flexión.....	45
3.1.2. Ensayo a tracción	49
3.1.3. Ensayo de impacto	52
3.1.4. Recolección y tabulación de datos de material compuesto ensayado a tracción bajo norma ASTM D 3039	55
3.1.5. Recolección y tabulación de datos de material compuesto ensayado a flexión bajo norma ASTM D 7264.....	85
3.1.6. Recolección y tabulación de datos de material compuesto ensayado a impacto bajo norma ASTM D 5628.....	110
3.2. Análisis de resultados	122
3.2.1. Análisis de resultados promedios de esfuerzos máximos a flexión y tracción	123
3.2.2. Análisis de resultados promedios de módulos de flexión y elasticidad ...	124
3.2.3. Análisis de resultados de energía de fallo (J).....	126
3.3. Verificación de hipótesis	127
3.3.1. Verificación de la hipótesis de dos grupos de probetas ensayadas a tracción con mejores propiedades	130
3.3.2. Verificación de la hipótesis de dos grupos de probetas ensayadas a flexión con mejores propiedades	133
3.4. Comparación de propiedades mecánicas del nuevo material compuesto con materiales compuestos similares	138
3.5. Posible aplicación industrial.....	140

CAPÍTULO IV	142
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
4.1. Conclusiones.....	142
4.2. Recomendaciones.....	143
BIBLIOGRAFÍA.....	144
ANEXOS.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestras para el estudio experimental.....	19
Tabla 2. Operacionalización de variable independiente.....	20
Tabla 3. Operacionalización de variable dependiente.....	20
Tabla 4. Cálculos de la densidad de la fibra de chambira.....	29
Tabla 5. Masa de fibra requerida para la conformación de probetas.	36
Tabla 6. Volumen de matriz requerida para la elaboración de las probetas.....	37
Tabla 7. Valores de la densidad del compuesto nuevo.	38
Tabla 8. Código de identificación de falla para ensayo a flexión.	46
Tabla 9. Código de identificación de falla para ensayo a tracción.....	49
Tabla 10. Código de identificación tipos de falla de impacto.....	53
Tabla 11. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FC (80-20) %	55
Tabla 12. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FC (70-30) %	60
Tabla 13. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FC (60-40) %	65
Tabla 14. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FL (80-20) %	70
Tabla 15. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FL (70-30) %	75
Tabla 16. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FL (60-40) %	80
Tabla 17. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FC (80-20) %	85
Tabla 18. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FC (70-30) %	90

Tabla 19. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FC (60-40) %	94
Tabla 20. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FL (80-20) %	98
Tabla 21. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FL (70-30) %	102
Tabla 22. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FL (60-40) %	106
Tabla 23. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Corta 80-20).	110
Tabla 24. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Corta 70-30).	112
Tabla 25. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Corta 60-40).	114
Tabla 26. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Longitudinal 80-20).	116
Tabla 27. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Longitudinal 70-30).	118
Tabla 28. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Longitudinal 60-40).	120
Tabla 29. Identificación de mejores promedios de esfuerzos máximos a flexión y tracción.	124
Tabla 30. Identificación de mejores promedios de módulos de flexión y elasticidad. .	125
Tabla 31. Comparación de datos de ensayo de impacto.	126
Tabla 32. Datos de grupo 5 y 6 para analizar hipótesis de ensayo a tracción.	130
Tabla 33. Datos de grupo 4 y 6 para analizar hipótesis de ensayo a tracción.	134
Tabla 34. Comparación de materiales compuestos de matriz poliméricas con distinto refuerzo [16].	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de materiales de ingeniería. [2]	1
Figura 2. Comparación de datos de esfuerzo máximo MPa. [5]	3
Figura 3. Ilustración de matriz y refuerzo en un material compuesto. [6]	5
Figura 4. Clasificación de los materiales compuestos. [8]	6
Figura 5. Clasificación de los materiales compuestos en función del tipo de refuerzo. [6]	7
Figura 6. Material compuesto estructural. [6]	8
Figura 7. Organización estructural de una pared celular de fibra natural. [11]	9
Figura 8. Fibras naturales clasificadas según su origen. [12]	10
Figura 9. Clasificación de las matrices poliméricas. [10]	11
Figura 10. Fabricación de kayak. [10]	12
Figura 11. Esquema de moldeo por compresión. [11]	12
Figura 12. Máquina universal para ensayo de tracción.....	15
Figura 13. Configuración de carga a flexión en tres puntos norma ASTM D7264. [14]	16
Figura 14. Modelo de máquina de impacto por caída de dardo. [14]	16
Figura 15. Extracción de la fibra de chambira.	26
Figura 16. Desfibrado de la chambira.....	26
Figura 17. Cocción de la fibra.....	27
Figura 18. a) Lavado b) Ablandamiento de las fibras.....	27
Figura 19. Secado de la fibra.	27
Figura 20. Materiales y procedimiento para el cálculo de la densidad de la fibra.....	29
Figura 21. Tapa de molde.	30

Figura 22. Marco de molde.....	30
Figura 23. Dimensiones de probetas a flexión.....	31
Figura 24. Dimensiones de probetas a tracción.	32
Figura 25. Dimensiones de probetas a impacto.	34
Figura 26. Limpieza del molde.	39
Figura 27. Aplicación de capa de cera para desmoldar.....	40
Figura 28. Nivelado del molde.....	40
Figura 29. Pesaje de la fibra.....	41
Figura 30. a) Resina poliéster sin catalizar b) Resina poliéster catalizada.	41
Figura 31. Ubicación de la fibra en el molde.	42
Figura 32. Relleno de molde con resina poliéster.....	42
Figura 33. Plancha del nuevo material compuesto obtenido.	43
Figura 34. Esquema propuesto para corte con láser.....	43
Figura 35. Proceso de corte por láser.....	44
Figura 36. Inspección de probetas.....	44
Figura 37. Máquina SHIMADZU UHFx 500 kNx.....	46
Figura 38. Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN.....	49
Figura 39. a) Máquina de ensayos de Impacto, b) Dardo con masas de arandelas.....	52
Figura 40. Resultados promedios de esfuerzos máximos a flexión y tracción.	123
Figura 41. Resultados promedios de módulos de elasticidad y flexión.	125
Figura 42. energía de fallo de grupos ensayados a impacto.....	127
Figura 43. Tabla de distribución t-Student [15].....	129
Figura 44. Determinación de valores normales.	131
Figura 46. Distribución t-Student de ensayo a tracción.	133

Figura 47. Tabla de distribución t-Student. [15].....	135
Figura 48. Determinación de distribución normal de valores.....	136
Figura 50. Distribución t-Student de ensayo a flexión.	138
Figura 51. Comparación de propiedades mecánicas.....	139
Figura 52. Accesorios para vehículos.....	140
Figura 53. Posibles aplicaciones para industria del mueble.....	141

RESUMEN

Este trabajo fue el desarrollo de un material compuesto elaborado a base de matriz de resina poliéster reforzada con fibra de chambira, esta fibra es originaria de las regiones amazónicas de Sur América, la cual es trabajada por los pueblos del sector como es la comunidad Huaorani de la provincia de Pastaza para la elaboración de artesanías e instrumentos para su vida diaria como vestimenta, agricultura, etc.

La investigación se centró en la caracterización mecánica del material compuesto por medio de la aplicación de ensayos de tracción, flexión e impacto, que se rigen a las especificaciones de las normas ASTM D3039, ASTM D7264 y ASTM D5628 respectivamente. Para lo cual se estableció dos configuraciones de fibra que son; corta mixta al azar y longitudinalmente, con variaciones volumétricas de 80 por ciento matriz y 20 por ciento refuerzo, 70 por ciento matriz y 30 por ciento refuerzo y 60 por ciento matriz y 40 por ciento refuerzo, obteniendo seis grupos de probetas con cinco muestras en cada uno dando un total de noventa probetas analizadas.

Una vez realizada la caracterización mecánica de cada grupo de probetas del nuevo material compuesto se determinó que, la composición volumétrica que presenta mejores propiedades es la de 60 por ciento matriz de poliéster con 40 por ciento de fibra de chambira con una configuración de fibra longitudinal teniendo resultados de resistencia máxima a la tracción de 92,49 MPa y una resistencia máxima a la flexión de 40,73 MPa. Pudiendo aplicar este nuevo material en la elaboración de muebles de oficina y de accesorios en la industria automotriz.

Palabras claves: Chambira, propiedades, materiales, resistencia, flexión, tracción.

ABSTRACT

This work was the development of a composite material based on polyester resin matrix reinforced with chambira fiber, this fiber is native to the Amazonian regions of South America, which is worked by the peoples of the sector as is the Huaorani community of the province of Pastaza for the production of handicrafts and tools for their daily life as clothing, agriculture, etc.

The research focused on the mechanical characterization of the composite material through the application of tensile, flexural and impact tests, which are governed by the specifications of ASTM D3039, ASTM D7264 and ASTM D5628 respectively. For which two fiber configurations were established: randomly and longitudinally mixed cut, with volumetric variations of 80 percent matrix and 20 percent reinforcement, 70 percent matrix and 30 percent reinforcement and 60 percent matrix and 40 percent reinforcement, obtaining six groups of specimens with five samples in each one, giving a total of ninety specimens analyzed.

Once the mechanical characterization of each group of specimens of the new composite material was carried out, it was determined that the volumetric composition with the best properties is that of 60 percent polyester matrix with 40 percent chambira fiber with a longitudinal fiber configuration, with a maximum tensile strength of 92.49 MPa and a maximum flexural strength of 40.73 MPa. This new material can be applied in the production of office furniture and accessories in the automotive industry.

Key words: Chambira, properties, materials, strength, bending, tensile.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

La utilización de fibras naturales está casi presente en casi la mayoría de las aplicaciones, es por ello, por lo que en los últimos periodos se ha seguido desarrollando y empleando materiales compuestos reforzados con fibras en aplicaciones industriales. Los materiales compuestos son termoestables o termoplásticos cuya historia se remonta a un tiempo no muy lejano. La cual se evidencia por la evolución y utilización de materiales compuestos según se evidencia la figura 1. [1]

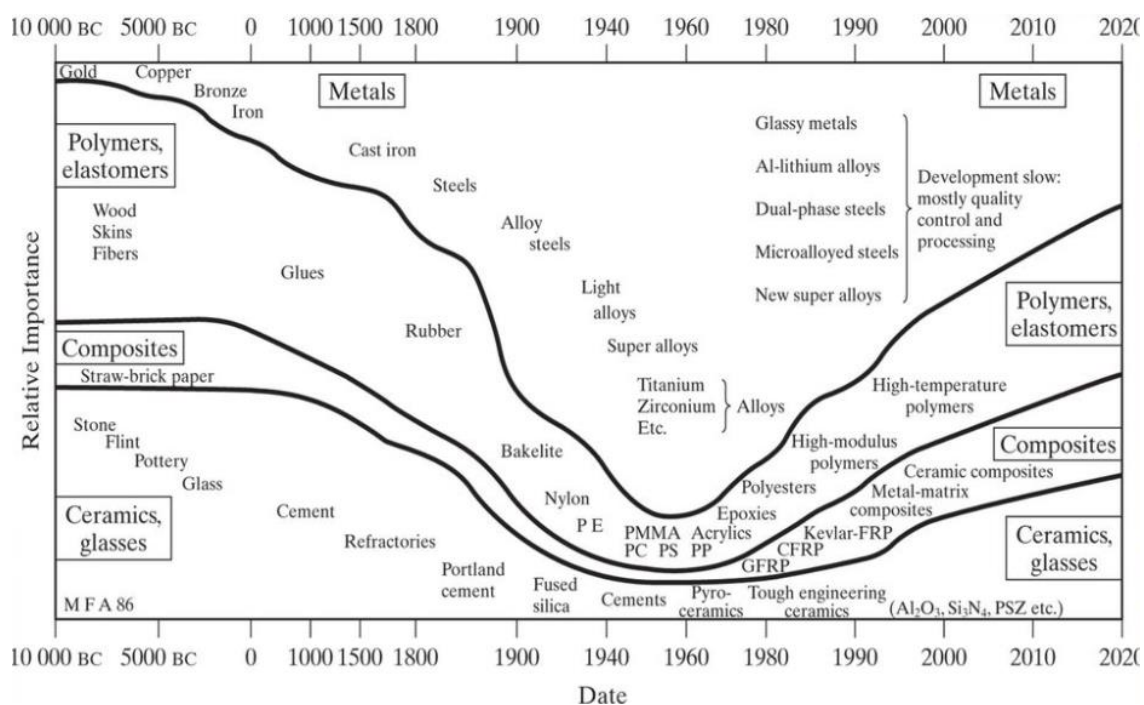


Figura 1. Evolución de materiales de ingeniería. [2]

En el año 2011, Gallegos Idrobo Jeanneth Sylvia desarrolla en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria el tema de investigación sobre “Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco”, donde se obtuvo en la etapa de la elaboración del material compuesto las

características mecánicas de la fibra, denotando un valor medio de módulo de 0,137 N/tex y porcentaje de elongación de 33,4%, generadas por la fibra. Posteriormente se prensó la fibra de coco molida para generar láminas de fibra de secciones homogéneas transversales, sometiénolas a presiones de hasta 145,7 PSI, en tiempos de 10 minutos a 80°C, mejorando así la resistencia media a la tensión. [3]

En el año 2015, en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en la Facultad de Ingeniería Mecánica, se desarrolló la investigación acerca de “Obtención de materiales compuestos de matriz polimérica formulado incorporando tejidos y no tejidos naturales”, elaborado por Herrera Álvarez Mónica Paulina, en el cual se genera compuestos de matriz poliéster reforzado con fibra de coco ligado a látex natural por métodos de aspersion e inmersión. Realizando pruebas de tracción, flexión e impacto. [4]

En el año 2018, en la Universidad Técnica de Ambato, en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Christian Andrés Pazmiño Guerrero elaboro una investigación acerca de “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE HOJA DE YUCCA ELEPHANTIPES PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”, obteniendo resultados atractivos en el ensayo a tracción y flexión con valores de 33,41 MPa y 73,43 MPa respectivamente, con una configuración de fibra longitudinal y una fracción volumétrica del 35% de refuerzo y 65% de matriz. En la figura 2, se observa los resultados obtenidos en este trabajo investigativo en base a ensayos de tracción y flexión, con dos variaciones de configuraciones de orientacion de fibra y fracciones volumétricas. [5]

Grupos	Configuración de la fibra	Fracción Volumétrica		Ensayo a Tracción	Ensayo a Flexión
		Refuerzo	Matriz	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)
1	Fibra Corta	35%	65%	23,8	41,12
2	Fibra Longitudinal	35%	65%	33,41	73,49
3	Fibra Corta	25%	75%	24,55	37,05
4	Fibra Longitudinal	25%	75%	30,64	34,65
5	Fibra Corta	30%	70%	27,31	41,57
6	Fibra Longitudinal	30%	70%	32,53	53,84
Mejores Resultados		-	-	-	-

Figura 2. Comparación de datos de esfuerzo máximo MPa. [5]

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Determinar las propiedades mecánicas del material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de palma de chambira.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar la composición volumétrica del material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de palma de chambira.
- Establecer las propiedades mecánicas del material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de palma de chambira por medio de ensayos de impacto, tracción y flexión, mediante la aplicación de normativa ASTM.
- Determinar el material compuesto que muestre las mejores características mecánicas y su probable aplicación a la industria.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Astrocaryum chambira Burret

La palma Astrocaryum Chambira Burret o más conocida como palma de chambira en el Ecuador y es perteneciente al grupo de la familia Arecaceae.

La palma Astrocaryum Chambira Burret es originaria de las zonas tropicales húmedas amazónicas de los países sudamericanos, con gran presencia en el norte de Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

1.3.2. Utilización de Astrocaryum chambira Burret

La palma de chambira es conocida por sus diversas aplicaciones y utilidades dentro del desarrollo de las comunidades indígenas del oriente ecuatoriano, de entre los cuales son:

Alimento: capaz de producir frutos que posteriormente se deben cocinar y a su vez de la extracción de sus brotes tiernos que se le conoce como palmito, el cual es aplicado en varios platillos típicos de la zona.

Uso general de su fibra: es uno de los principales elementos en el desarrollo de las comunidades indígenas de las zonas orientales debido a que con ello generan diversas artesanías, cuerdas que les permiten generar trampas y armas para la caza de animales, además les sirve para generar canastas para transportar sus productos y realizar vestimentas.

1.3.3. Materiales compuestos

Se lo puede definir como la unión de dos o más componentes de indistinta naturaleza, insolubles entre ellos, cuentan de tres fases que son: la matriz, refuerzo y la interfaz, que se detallan en la figura 3. [6]

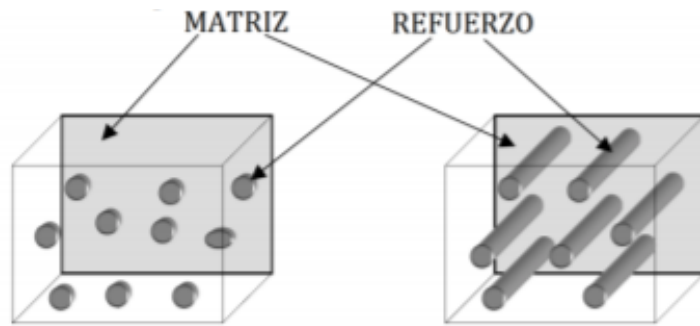


Figura 3. Ilustración de matriz y refuerzo en un material compuesto. [6]

Pero si los materiales compuestos se emplearan por sus propiedades estructurales, una definición estaría ligada a aquellos en los que una sustancia es el componente refuerzo soportado por otra fase que actúa como aglutinante. [6]

1.3.4. Importancia de los materiales compuestos

La importancia económica en la implementación de materiales compuestos es de gran impacto en empresas de alto rendimiento en cuanto a producción, siendo un claro enfoque la industria automotriz, que emplea en gran cantidad los materiales compuestos para sus diversos componentes con el fin de reducir su peso, siendo generados esencialmente con matrices poliméricas reforzadas con fibras, su implementación va desde su uso en exteriores e interiores de los vehículos, la idea de material compuesto no es reciente, ya que su concepto ha sido manejado por el ser humano desde las primeras sociedades agrícolas. [7]

Un claro y sencillo ejemplo de los materiales compuestos es el adobe, el mismo que se empleaba para la construcción de viviendas en el pasado, pues está compuesto por una matriz arcillosa que cuenta con refuerzo de fibras vegetales o paja que es la más empleada por su factibilidad de obtención y hay indicios de su utilización desde la época de los egipcios. La naturaleza también presenta una gran cantidad de ejemplos donde se logra divisar los principios que rigen a los materiales compuestos.

1.3.5. Clasificación de materiales compuestos

Entre los materiales compuestos de mayor importancia que se toma como referencia su matriz son los que se identifican en la figura 4, dividiéndolos en grupos principales.

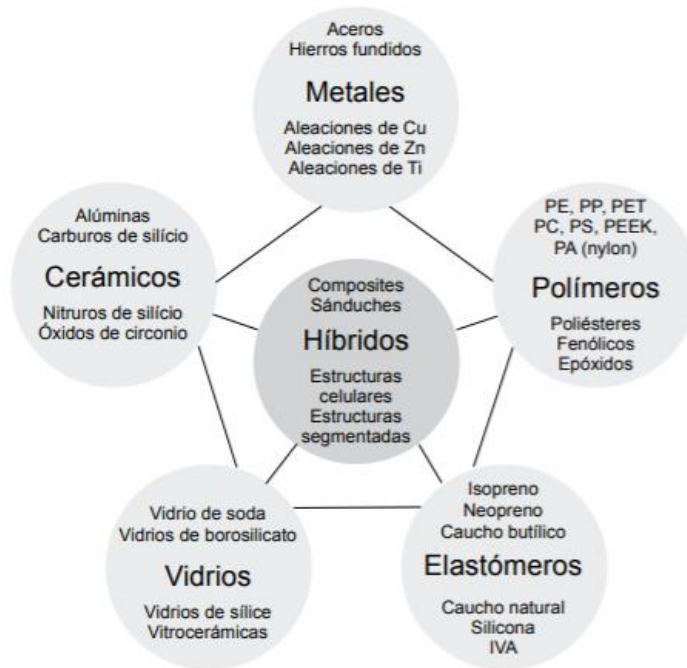


Figura 4. Clasificación de los materiales compuestos. [8]

Los materiales compuestos son conformados solamente de dos fases que son por medios continuos y medios discontinuos. Pues bien, el medio continuo es aquel que se denomina matriz y el medio discontinuo es aquel que pasa a ser denominado refuerzo, siendo considerado como el más fuerte y resistente de estos dos. Las propiedades mecánicas del material compuesto se regirán y dependerán de las propiedades propias de los materiales a combinarse y de su distribución e interacción. [8]

1.3.6. Materiales de refuerzo

En el campo de los materiales que actúan como refuerzos se pueden tener partículas, fibras o elementos estructurales como se muestra en la figura 5, pues son

implementados para aumentar las propiedades de un compuesto, como son, la resistencia, rigidez, resistencia a la abrasión y hasta a su comportamiento a altas temperaturas. [6]

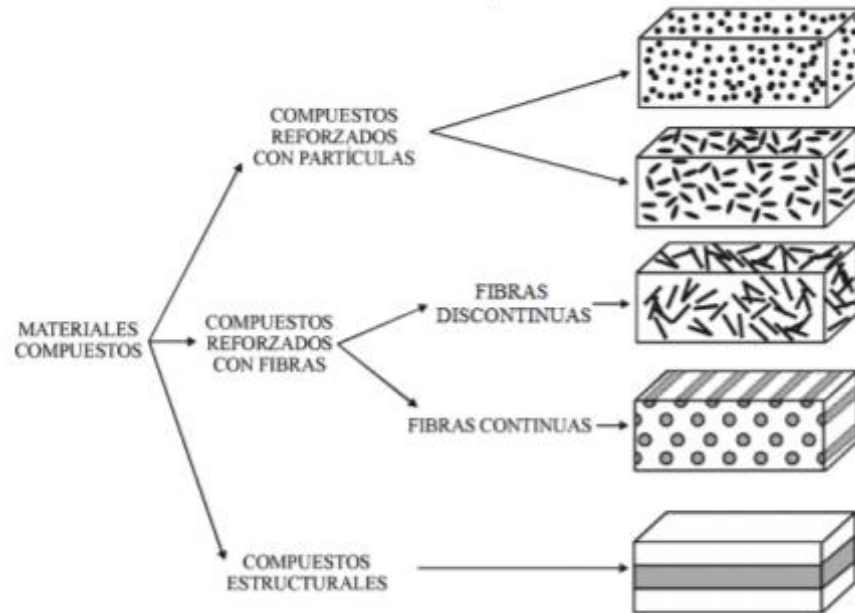


Figura 5. Clasificación de los materiales compuestos en función del tipo de refuerzo. [6]

1.3.7. Materiales reforzados con partículas

Se clasifican en dos grandes grupos que son los consolidados por dispersión de partículas grandes y los materiales compuestos consolidados por dispersión con partículas muy pequeñas, con diámetros entre 10 y 100 nm. Las interacciones que conducen a la consolidación ocurren a nivel atómico o molecular, mientras la matriz metálica soporta la mayor parte de la carga aplicada y las pequeñas partículas dispersas dificultan o impiden el desplazamiento de dislocaciones. [6]

El material compuesto reforzado con partículas grandes no se puede describir a nivel atómico o molecular, sino mediante un macroscópico.

1.3.8. Materiales reforzados con elementos estructurales

Un material compuesto reforzado con elementos estructurales, cuyas propiedades no solo dependen de los materiales contribuyentes, sino de la geometría de su constitución. Siendo los más frecuentemente empleados los laminares y los paneles de tipo sándwich como se muestra en la figura 6. [9]

La estructura sándwich conformada de tres componentes que son: las alas de sándwiches, elaboradas como láminas delgadas y resistentes, el núcleo de sándwich, siendo un material ligero teniendo como función principal separar las alas y transmitir los esfuerzos cortantes de un ala a la otra y la inter fase de unión entre las alas y el núcleo, que se detallan en la siguiente figura 6. Dicha composición permite aumentar la rigidez de un elemento sometido a flexión o a compresión, presentando un incremento de peso insignificante. [6]

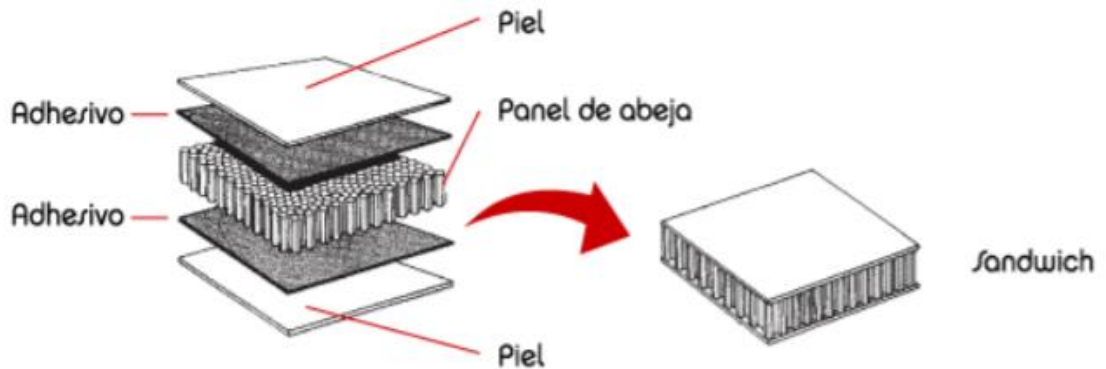


Figura 6. Material compuesto estructural. [6]

1.3.9. Compuestos de polímero reforzados con fibras naturales

Debido a la biodegradabilidad, un alto grado de orientación, buena resistencia, flexibilidad y rigidez específica significativa, las fibras naturales son de gran interés potencial para su uso como componentes de refuerzo. Una ventaja adicional del uso de fibras naturales en materiales compuestos es su no toxicidad, buenas propiedades aislantes, bajo desgaste y renovabilidad. [10]

Al crear compuestos con fibras naturales, es necesario tener en cuenta las peculiaridades de su estructura como su estructura geométrica, características mecánicas relativamente bajas, interacción débil de las fibras hidrofílicas y la matriz hidrofóbica, y baja resistencia al calor.

Los compuestos de polímeros reforzados con fibras naturales se obtienen utilizando métodos tecnológicos desarrollados para obtener compuestos de polímeros tradicionales y termoplásticos reforzados con fibras sintéticas. Estos métodos incluyen moldeo por inyección, infusión al vacío, prensado, extrusión directa y composición. [9]

1.3.10. Fibras naturales

En los últimos periodos, se han empleado más recursos de plantas renovables, debido a que ciertos recursos se vuelven escasos y no se renuevan. En la figura 7 se muestra la organización estructural de una pared celular de fibra natural. Este tipo de fibra es fuerte, ligera, económica, y renovable. Estas fibras naturales son baratas pueden convertirse en una alternativa viable por costos y fibras sintéticas no renovables. Por lo tanto, se deben utilizar técnicas adecuadas para producir fibra natural compuestas con fibras naturales de alta calidad. [11]

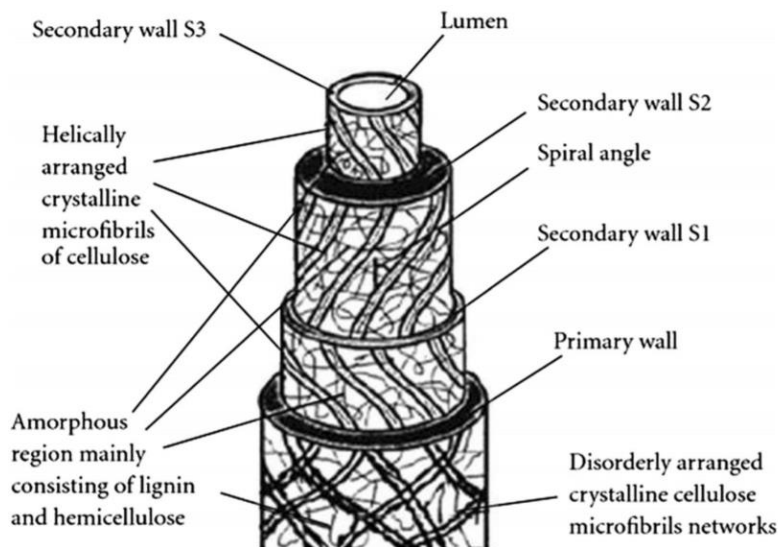


Figura 7. Organización estructural de una pared celular de fibra natural. [11]

En la investigación del uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica, se abarca el uso de fibras vegetales, como fique, algodón, cáñamo y yute, por ser las de mayor consumo en compuestos de matriz polimérica, actuando, incluso, como reforzantes en numerosas aplicaciones que se detallan en la figura 8. [12]

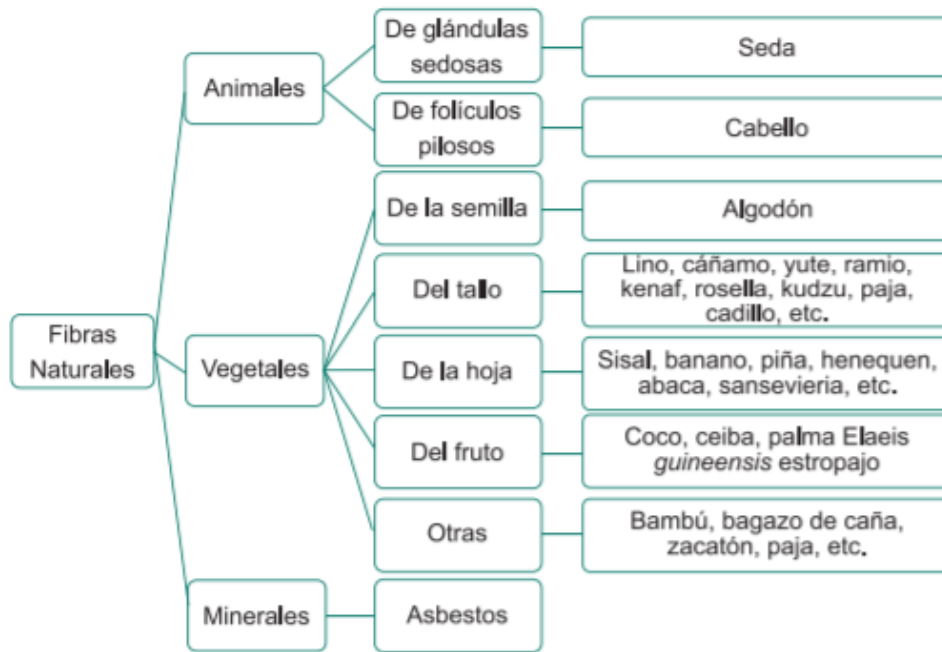


Figura 8. Fibras naturales clasificadas según su origen. [12]

1.3.11. Matrices para composites verdes

Se emplea matrices en compuestos para sostener juntos los materiales de refuerzo mediante una conexión superficial. Las principales responsabilidades de la matriz son la tolerancia ambiental, la apariencia de la superficie y la durabilidad del compuesto. A medida que la matriz se tensiona, transfiere la carga externa uniformemente a las fibras, y se aplica para resistir la propagación de grietas y daños. En la figura 9 se presenta la clasificación de las matrices poliméricas utilizadas en los compuestos verdes en función de su degradabilidad. [11]

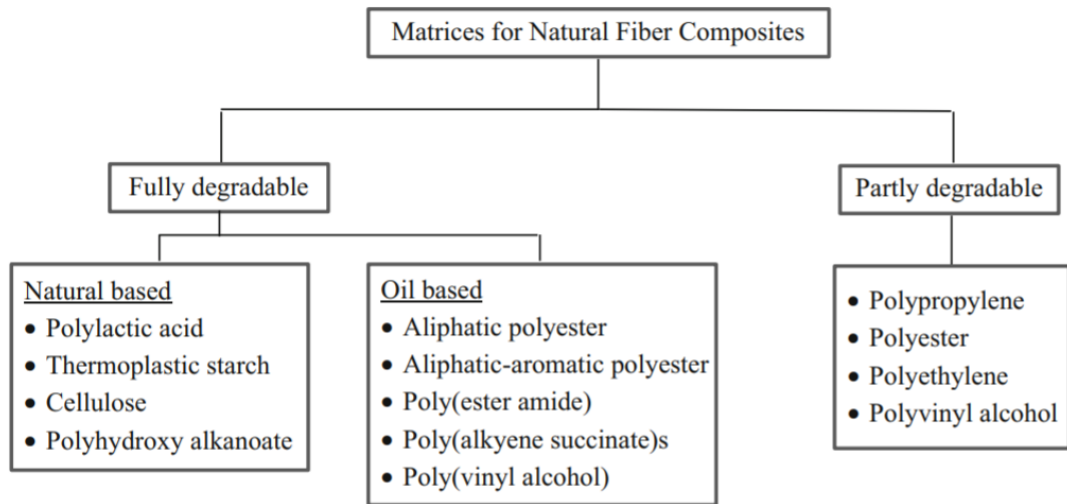


Figura 9. Clasificación de las matrices poliméricas. [10]

1.3.12. Procesos de fabricación de materiales compuestos

El objetivo principal del proceso de fabricación del material compuesto es el de combinar una fibra que sirva de refuerzo a una resina con agente de curado. Estos materiales se fabrican mediante procesos en moldes abiertos y en procesos en molde cerrado. En el cual se requiere determinar el método que mejor favorezca a la obtención de resultados con un costo bajo de inversión.

La selección del tipo de proceso de fabricación dependerá de factores como la geometría del refuerzo, el tipo de matriz a emplearse y las posibles aplicaciones que se le dará al producto terminado. [8]

1.3.13. Estratificación manual

La estratificación manual, la cual se presenta en la figura 10, es el procedimiento de menor dificultad para la obtención de materiales compuestos, siendo su principal ventaja esta, entre otras ventajas se cuenta con la capacidad de elaborar piezas de diversas medidas, a un costo relativamente bajo debido a que sus reactivos son baratos y no requiere aplicación de calor extra, además presenta alto contenido de refuerzo.



Figura 10. Fabricación de kayak. [10]

Entre las desventajas de emplear este método se tiene la dificultad de controlar el espesor de la pieza, la toxicidad de sus reactivos y que se necesita mano de obra en gran cantidad y solo obteniendo un buen acabado en una de sus caras.

1.3.14. Moldeo por compresión

En la figura 11 se muestra uno de los métodos más conocidos y perfeccionados a lo largo de la historia, permite generar y emplear moldes macho-hembra dependiendo de las necesidades. Se puede aplicar este método a materiales termoplásticos y termoestables, cuyo procedimiento radica en colocar una cierta cantidad de material a moldear dentro del molde para posterior a ello aplicar una presión adecuada para su correcta conformación. [8]

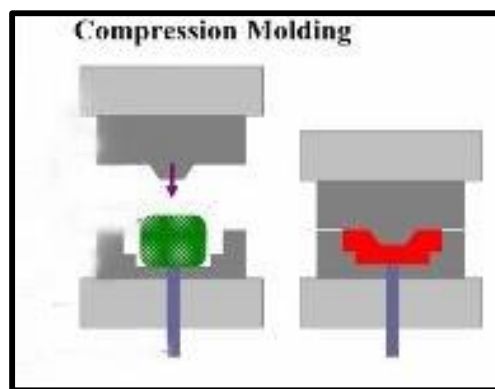


Figura 11. Esquema de moldeo por compresión. [11]

El proceso de compresión se lo puede realizar de dos maneras ya sea compresión en frío o en caliente.

Compresión en caliente

Es un proceso que utiliza presión con presencia de calor en las placas de los moldes que permiten reducir el tiempo de curado, una vez realizada la mezcla del refuerzo con la matriz se procede a colocar sobre el molde, y se procede a sellarla con la otra parte del molde para posterior a ello aplicar una presión que facilita la obtención de menos porosidades y elimina burbujas al momento de efectuar la mezcla. [8]

Compresión en frío

Es un proceso similar al anterior descrito que es el de compresión en caliente, únicamente con una variable que es la ausencia de calor lo cual genera un incremento en el tiempo de curado.

1.3.15. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de los compuestos de fibra natural son más bajas en comparación con las de los compuestos de fibra sintética. Sin embargo, estas propiedades pueden mejorarse mediante modificaciones adecuadas de las fibras y matrices naturales mediante la aplicación de técnicas. [10]

1.3.16. Propiedades de tracción

Estas propiedades se ven afectadas principalmente por la adhesión inter facial entre la resina y las fibras. La modificación física y química de la fibra y la resina mejora las propiedades de tracción de los compuestos. Las propiedades de tracción de los compuestos de fibra natural dependen en gran medida de la fracción de volumen de fibra en la resina de matriz. Aunque varios investigadores mostraron tendencias irregulares para las propiedades de tracción de los compuestos en función de la fracción de volumen de fibra, en general es cierto que, al aumentar la fracción de volumen de fibra por debajo de un valor óptimo, la carga se distribuye a más fibras y

la matriz puede transportar la carga aplicada después de la fractura de fibras. Esto puede conducir a una mayor resistencia a la tracción para el compuesto. [13]

Con aumentos adicionales en la fracción de volumen de fibra después de la cantidad óptima, se produce una fractura frágil en las fibras y la matriz no puede soportar la carga adicional de las fibras. En estas condiciones, la baja resistencia a la tracción conduce eventualmente a la falla de todo el material compuesto. Las tendencias contrarias e irregulares de las propiedades de tracción pueden deberse a muchos factores, incluida la incompatibilidad entre las fibras y la matriz, la degradación de las fibras y los procesos de fabricación incorrectos. [10]

1.3.17. Propiedades de flexión

La rigidez a la flexión es uno de los parámetros clave para medir la resistencia de un compuesto contra la deformación por flexión. Las propiedades de flexión dependen principalmente de dos parámetros: el módulo del material compuesto y el momento de inercia. Un aumento en el contenido de fibra hasta la cantidad óptima aumenta la resistencia a la flexión de los compuestos de fibra natural. Sin embargo, los aumentos adicionales en el contenido de fibra disminuyen la resistencia a la flexión, debido a defectos en la humectación de las fibras que pueden inducir puntos de concentración de tensión en los compuestos. Un aumento en el contenido de fibra también aumenta el módulo de flexión de los compuestos. [11]

La resistencia a la fractura de los compuestos de fibras naturales, lo que significa la resistencia de un compuesto a la propagación de grietas, está influenciada principalmente por las propiedades de la matriz, la fracción de volumen de la fibra y la resistencia de unión inter facial. [13]

1.3.18. Ensayo de tracción

Ensayo aplicado a la probeta para determinar sus propiedades mecánicas a tracción. Para la evaluación de las propiedades mecánicas del material a analizar se debe elaborar probetas según los estándares de la norma a aplicar.

El material ensayado procede a deformarse durante el ensayo hasta su rotura, pues se aplica una fuerza uniaxial a velocidad constante a lo largo de su eje principal. Para el desarrollo de este ensayo en materiales compuestos reforzados con fibras se rige a la norma D3039, mediante el uso de una máquina universal de ensayos como se muestra en la figura 12, la cual cuenta con mordazas que garantizan un agarre fijo de la probeta a ensayarse.



Figura 12. Máquina universal para ensayo de tracción.

Fuente: Autor.

1.3.19. Ensayo de flexión

El ensayo de flexión se efectúa bajo lo establecido en la norma D7264, permitiendo determinar la resistencia a la flexión del elemento a analizar. Cuyo proceso es el de aplicar una carga central en la probeta que se encuentra sobre dos apoyos simples, como se presenta en la figura 13.

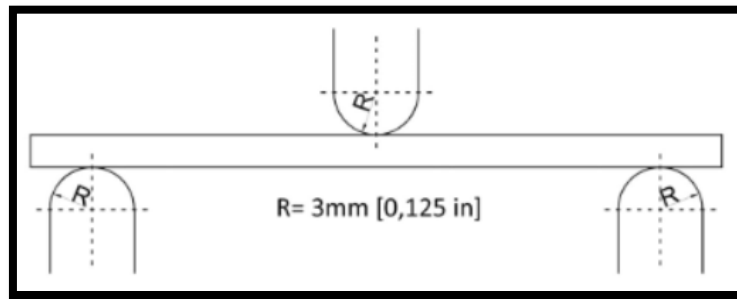


Figura 13. Configuración de carga a flexión en tres puntos norma ASTM D7264. [14]

Los resultados de este ensayo pueden variar por la calidad superficial de la probeta, debido a que ningún laminado es simétrico, a su vez el espesor de la probeta juega un papel fundamental y esto se reflejara en los resultados del ensayo.

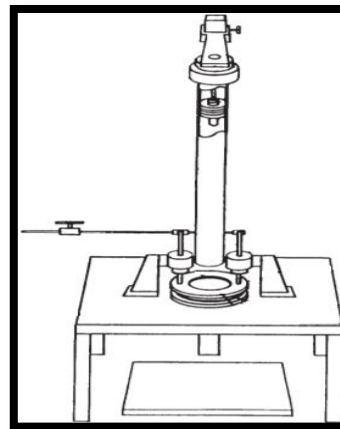


Figura 14. Modelo de máquina de impacto por caída de dardo. [14]

Considerando falla al apareamiento de fisuras en la probeta, la cual ocurre generalmente en el lado opuesto al golpe de impacto, detectándose a simple vista bajo condiciones normales de luz. La energía de impacto es la que se necesita para definir la altura y peso del dardo, además de utilizar el mismo criterio para generar fallas en al menos 50% de las probetas.

1.4. Hipótesis

La caracterización mecánica del material compuesto a partir de matriz poliéster reforzada con fibra de Chambira permitirá determinar las propiedades mecánicas para aplicaciones industriales.

1.5. Señalamiento de variables de la hipótesis

1.5.1. Variable independiente

Material compuesto a partir de matriz poliéster reforzada con fibra de Chambira.

1.5.2. Variable dependiente

Propiedades mecánicas.

1.5.3. Termino de relación

Permitirá.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Nivel o tipo de investigación

2.1.1. Experimental

Para el desarrollo de este estudio investigativo se implementará el método experimental, debido a que se desarrollarán pruebas, las cuales servirán para desarrollar un modelo, mediante el registro y análisis de datos, los cuales permitirán determinar las fracciones volumétricas más indicadas del material compuesto.

2.1.2. Cuantitativa

Este método permitirá cuantificar los valores de las propiedades mecánicas determinadas al analizar el material mediante ensayos mecánicos.

2.1.3. Descriptiva

La implementación del uso de investigación descriptiva, posibilita describir la conformación del material compuesto y los parámetros establecidos para el desarrollo de los ensayos mecánicos.

2.1.4. Bibliográfica

El desarrollo del estudio se llevó a cabo tomando como base a trabajos relacionados al tema, como son libros, artículos científicos y referencias de sitios web entre otras fuentes, con el único objetivo de llegar a alcanzar el cumplimiento de los objetivos planteados de esta investigación.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

El actual proyecto experimental poseerá como población a las probetas de matriz poliéster reforzadas con fibra de palma de chambira, el desarrollo se efectuará con estratificación manual y continuando los requerimientos de la normativa ASTM de los ensayos a flexión, tracción e impacto.

2.2.2. Muestra

Se efectúa como mínimo 5 probetas de cada configuración y fracción establecida para el nuevo material compuesto de matriz poliéster con refuerzo de fibra de palma de chambira como se muestra en la tabla 1, según lo recomendado por la normativa ASTM para ensayos de flexión, tracción e impacto, para con ello poder determinar el material que presente propiedades mecánicas sobresalientes.

Tabla 1. Muestras para el estudio experimental.

Ensayo	Tipo de refuerzo	Fracción Volumétrica	Tipo de Estratificación	Número de probetas
Tracción	Tipo A	80% Matriz 20 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo A	70% Matriz 30 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo A	60% Matriz 40 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	80% Matriz 20 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	70% Matriz 30 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	60% Matriz 40 %Refuerzo	Manual	5
Flexión	Tipo A	80% Matriz 20 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo A	70% Matriz 30 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo A	60% Matriz 40 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	80% Matriz 20 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	70% Matriz 30 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	60% Matriz 40 %Refuerzo	Manual	5
Impacto	Tipo A	80% Matriz 20 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo A	70% Matriz 30 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo A	60% Matriz 40 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	80% Matriz 20 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	70% Matriz 30 %Refuerzo	Manual	5
	Tipo B	60% Matriz 40 %Refuerzo	Manual	5
Total de probetas a ensayar				90
Tipo A:	Fibra corta inclinada mixta al azar			
Tipo B:	Fibra longitudinal			

Fuente: Autor.

2.3. Operacionalización de variables

2.3.1. Operacionalización de variable independiente

Variable independiente: Material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de palma de chambira.

Tabla 2. Operacionalización de variable independiente.

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentación
Material compuesto es aquel en el que se combinan dos o más materiales de características distintas con el propósito de generar nuevos materiales con mejores propiedades mecánicas que los que lo conforman	Material Compuesto	Fracción Volumétrica	80% Matriz 20 %Refuerzo	Observación. Fichas para toma de datos. Normativa para: - Tracción ASTM D3039/D3039M-00 - Flexión ASTM D7264 / D7264M-07 - Impacto ASTM D5628-10. Bibliografía.
			70% Matriz 30 %Refuerzo	
			60% Matriz 40 %Refuerzo	
		Configuración de fibras	Tipo A: Fibra corta inclinada mixta al azar	
			Tipo B: Fibra longitudinal	
Tipo de estratificación	Manual			

Fuente: Autor.

2.3.2. Operacionalización de variable dependiente.

Variable dependiente: Propiedades mecánicas.

Tabla 3. Operacionalización de variable dependiente.

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentación
-------------------	-----------	-------------	-------	----------------------------

Las propiedades mecánicas son aquellas características de los materiales que presentan al ser sometido a fuerzas externas y se evalúan mediante ensayos normalizados	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la flexión	¿Cuál fue la resistencia a la flexión?	Observación. Fichas para toma de datos. Normativa ASTM. Bibliografía.
		Módulo de flexión	¿Cuál fue el módulo de flexión?	
		Resistencia a la tracción	¿Cuál fue la resistencia a la tracción?	
		Módulo de elasticidad	¿Cuál fue el módulo de elasticidad?	
		Resistencia al impacto	1.5 – 3.0 [J]	

Fuente: Autor.

2.4. Plan de recolección de información

La recolección de la información obtenida de los ensayos (flexión, tracción e impacto) realizados a las probetas del material en estudio se dará por la observación directa el cual llevará un registro detallado de cada ensayo y documentado mediante tablas, que se realizarán en el laboratorio de materiales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua y en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.5. Plan procesamiento y análisis

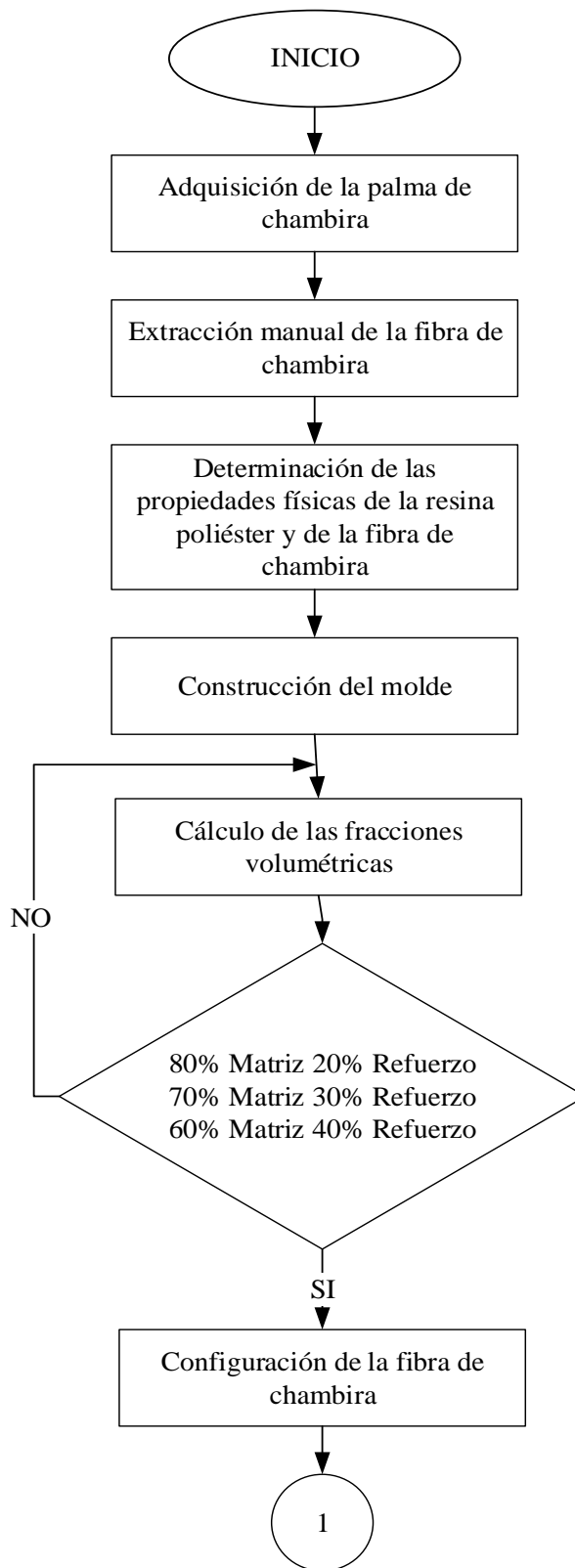
Para un correcto procesamiento de los datos obtenidos se efectúa lo siguiente:

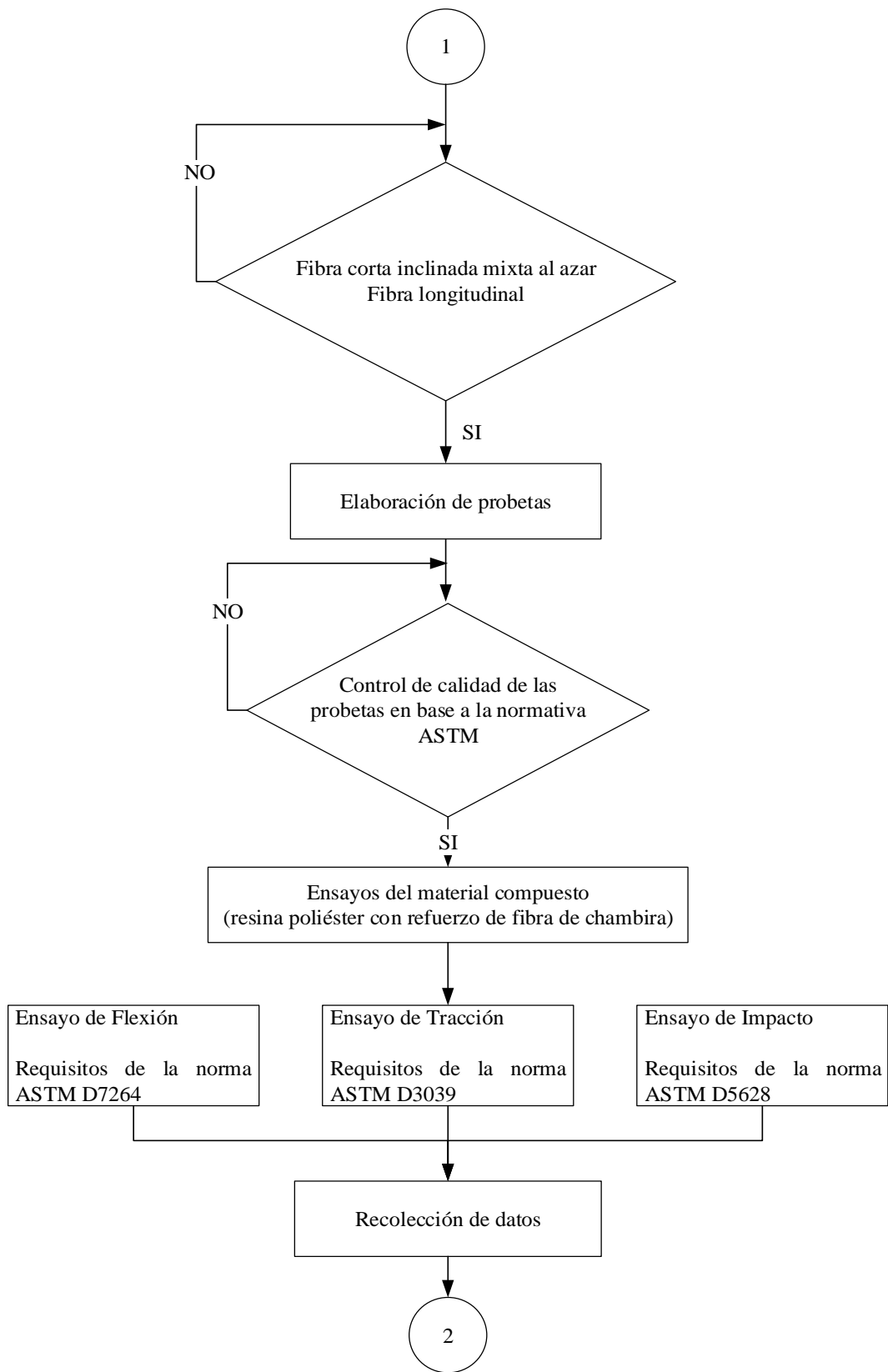
- Analizar los resultados obtenidos mediante los ensayos que estos tengan concordancia, concisos y coherentes.

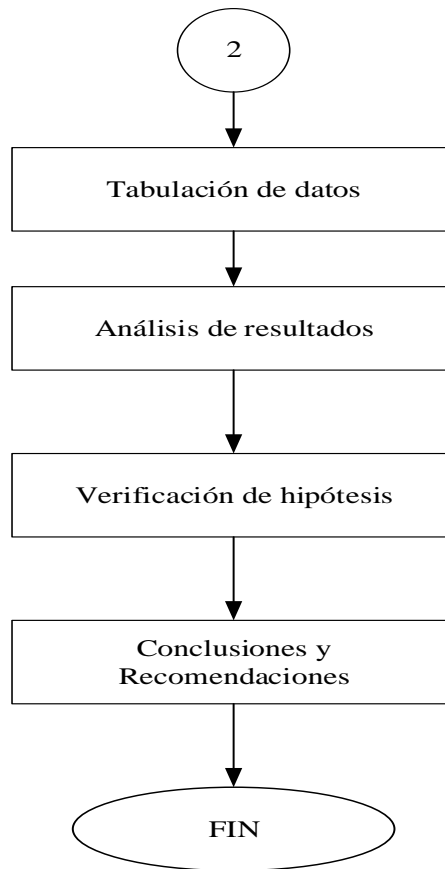
- Desarrollar tablas que faciliten la tabulación de los datos obtenidos, detallándolos completamente con toda la información.
- Interpretar y entender de manera correcta los resultados obtenidos del trabajo experimental.
- Verificar la hipótesis en base a los resultados obtenidos para proceder a aceptarla o rechazarla.

2.6. RECOLECCIÓN DE DATOS

En el siguiente diagrama se describe el proceso de desarrollo del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de chambira, además de ello el procedimiento para la recopilación de los resultados en base a los diferentes tipos de ensayos con el material compuesto, para su análisis.







2.7. Procedimiento

2.7.1. Extracción y preparación de la fibra de chambira

Primeramente, adquirimos las ramas de la palma de chambira y se procede a retorcerla para ablandar la misma hasta obtener el cogollo de la rama en retazos como se muestra en la figura 15.



Figura 15. Extracción de la fibra de chambira.

Fuente: Autor.

Una vez obtenido los cogollos, posterior a esto se procede a realizar el desfibrado de la chambira hasta dejarla en fibras lo más delgadas posible como se observa en la figura 16.



Figura 16. Desfibrado de la chambira.

Fuente: Autor.

Después de haber realizado el proceso de desfibrado de la chambira se coloca las fibras en un recipiente de agua y se lo lleva a cocción alrededor de una hora por reloj como se ilustra en la figura 17.



Figura 17. Cocción de la fibra.

Fuente: Autor.

Una vez transcurrido el periodo de tiempo de cocción se las lleva a ser lavadas para eliminar su color verdoso y también golpearlas para un ablandamiento total de la fibra de chambira como se puede observar en la figura 18.

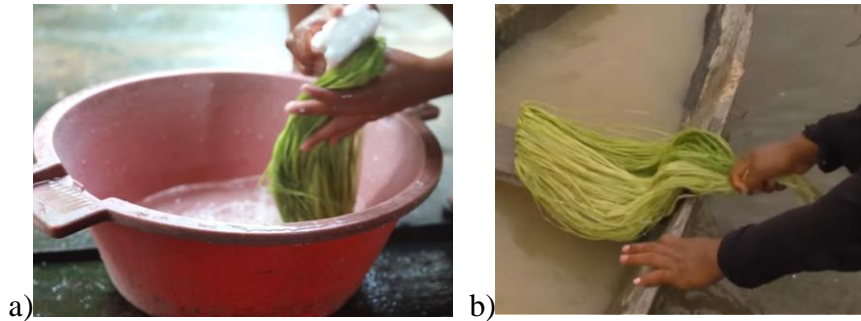


Figura 18. a) Lavado b) Ablandamiento de las fibras.

Fuente: Autor.

Después de haber lavado y ablandado la fibra, realizamos el proceso de secado por dos días y se obtiene el producto deseado como se ilustra en la figura 19.



Figura 19. Secado de la fibra.

Fuente: Autor.

2.7.2. Determinación de la densidad de la fibra de chambira

Para la obtención de la densidad de la fibra de chambira se emplea el método gravimétrico, el cual es un método cuantitativo que se basa en medir el peso del elemento mediante una balanza.

Se procede a la toma de tres muestras de diferentes cantidades de fibras para que los resultados sean verídicos. Primeramente, se procede a establecer un volumen de agua mediante la ayuda de una probeta graduada, a la que posteriormente se le añade una cierta cantidad de fibra, con ello se identifica la variación volumétrica que se presenta en la probeta.

La densidad de la fibra se consigue con la división entre la masa de la fibra anteriormente medida en la balanza y la variación volumétrica, después de haber realizado este procedimiento cuatro veces se efectúa un promedio que muestra la densidad definitiva de la fibra.

$$\delta = \frac{m}{v}$$

Ecuación 1

Dónde:

$$\delta = \text{densidad } \left(\frac{gr}{cm^3}\right)$$

$$m = \text{masa } (gr)$$

$$v = \text{volumen } (cm^3)$$

En la siguiente figura 20 se muestran los diversos materiales y procedimiento para el cálculo de la densidad de la fibra de chambira.



Figura 20. Materiales y procedimiento para el cálculo de la densidad de la fibra

Fuente: Autor.

A continuación, en la tabla 4 se muestran los valores obtenidos de masa, volumen y densidad obtenidas mediante el método gravimétrico.

Tabla 4. Cálculos de la densidad de la fibra de chambira.

DENSIDAD DE FIBRA DE CHAMBIRA					
MUESTRA	MASA (gr)	VOLUMEN (cm ³)			DENSIDAD (gr/cm ³)
		INICIAL	FINAL	ΔV	
1	3	150	155	5	0.6
2	4	150	156.5	6.5	0.62
3	8	150	162.5	12.5	0.64
PROMEDIO DE DENSIDADES					0.62

Fuente: Autor.

2.7.3. Determinación de la densidad de la resina poliéster

En base a las especificaciones técnicas del producto y contando con condiciones de temperatura ambiente de 25 °C, se detalla que la matriz de resina poliéster cuenta con una densidad de 1.2 gr/cm³, según lo especificado por el fabricante en su ficha técnica.

2.7.4. Elaboración de molde para probetas

El material con el que se procede a desarrollar el molde de las probetas para los ensayos mecánicos es de placas y ángulos de acero estructural ASTM-A36. El molde

cuenta de tres partes las cuales son la base, marco y la tapa. Las cuales cuentan con cuatro agujeros en total para su sujeción.

Las placas de acero empleadas como base y tapa son de 360 mm x 465 mm y 340 mm x 450 mm respectivamente, estas cuentan con un espesor de 6 mm, como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Tapa de molde.

Fuente: Autor.

Para la elaboración del marco del molde se emplearon ángulos de 50x50x6 mm como se detalla en la siguiente figura 22.



Figura 22. Marco de molde.

Fuente: Autor.

Las especificaciones del molde se encuentran detalladas en los planos adjuntados en la sección de anexos.

2.7.5. Probetas a flexión

En base a la normativa ASTM D7264 la probeta para ensayos consta de las siguientes dimensiones.

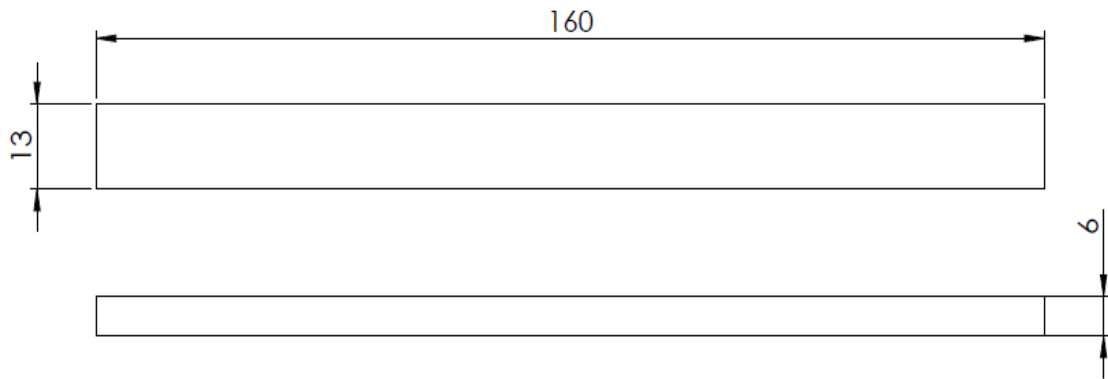


Figura 23. Dimensiones de probetas a flexión.

Fuente: Autor.

Con las dimensiones establecidas se procede al cálculo de volumen de las probetas a flexión.

Cálculo del área

$$A = l * a$$

Ecuación 2

$$A = (160mm * 13mm)$$

$$A = 2080 mm^2$$

$$A = 20.80 cm^2$$

Dónde:

$l = \text{largo de la probeta (mm)}$

$a = \text{ancho de la probeta (mm)}$

Cálculo del volumen

$$V = A * e$$

Ecuación 3

$$V = (2080 \text{ mm}^2 * 6\text{mm})$$

$$V = 12480 \text{ mm}^3$$

$$V = 12,48 \text{ cm}^3$$

Dónde:

$A = \text{área de la probeta (mm)}$

$e = \text{espesor de la probeta (mm)}$

2.7.6. Probetas a tracción

En base a la normativa ASTM D3039 la probeta para ensayos consta de las siguientes dimensiones.

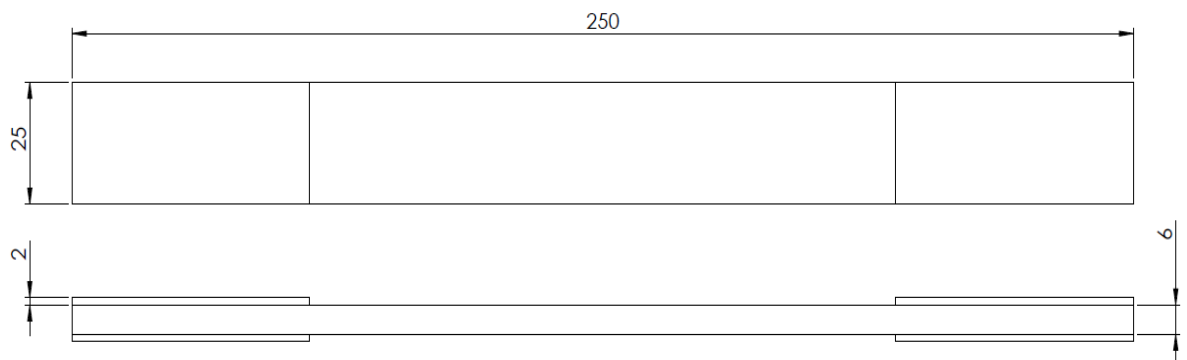


Figura 24. Dimensiones de probetas a tracción.

Fuente: Autor.

Con las dimensiones establecidas se procede al cálculo de volumen de las probetas a tracción.

Cálculo del área

$$A = l * a$$

Ecuación 2

$$A = (250mm * 25mm)$$

$$A = 6250 mm^2$$

$$A = 62.50 cm^2$$

Dónde:

l = largo de la probeta (mm)

a = ancho de la probeta (mm)

Cálculo del volumen

$$V = A * e$$

Ecuación 3

$$V = (6250 mm^2 * 6mm)$$

$$V = 37500 mm^3$$

$$V = 37,5 cm^3$$

Dónde:

A = área de la probeta (mm)

e = espesor de la probeta (mm)

2.7.7. Probetas a impacto

En base a la normativa ASTM 5628 la probeta para ensayos consta de las siguientes dimensiones.

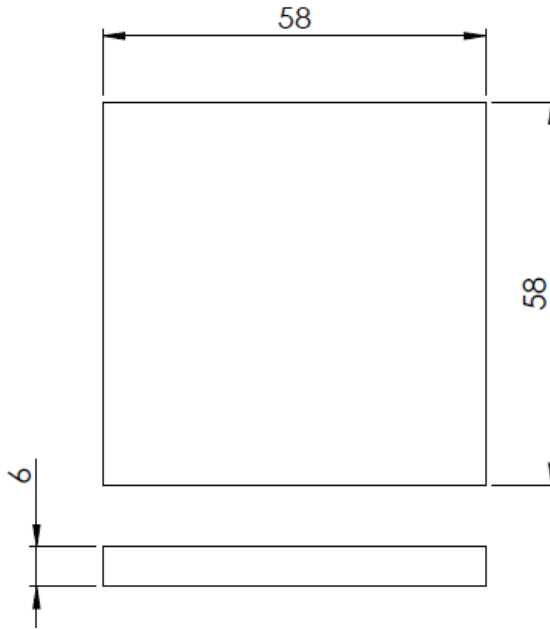


Figura 25. Dimensiones de probetas a impacto.

Fuente: Autor.

Con las dimensiones establecidas se procede al cálculo de volumen de las probetas a tracción.

Cálculo del área

$$A = l * a$$

Ecuación 2

$$A = (58mm * 58mm)$$

$$A = 3364 mm^2$$

$$A = 33.64\text{cm}^2$$

Dónde:

$l = \text{largo de la probeta (mm)}$

$a = \text{ancho de la probeta (mm)}$

Cálculo del volumen

$$V = A * e$$

Ecuación 3

$$V = (3364 \text{ mm}^2 * 6\text{mm})$$

$$V = 20184 \text{ mm}^3$$

$$V = \mathbf{20,18\text{cm}^3}$$

Dónde:

$A = \text{área de la probeta (mm)}$

$e = \text{espesor de la probeta (mm)}$

2.7.8. Cálculos

Según las dimensiones del molde a emplear para la obtención de las probetas se obtiene los siguientes resultados.

Cálculo de área del molde

$$A = l * a$$

Ecuación 2

$$A = (385\text{mm} * 280\text{mm})$$

$$A = 107800 \text{ mm}^2$$

$$A = 1078 \text{ cm}^2$$

Dónde:

$l = \text{largo de la probeta (mm)}$

$a = \text{ancho de la probeta (mm)}$

Cálculo de volumen del molde

$$V = A * e$$

Ecuación 3

$$V = (107800 \text{ mm}^2 * 5\text{mm})$$

$$V = 646800 \text{ mm}^3$$

$$V = 646,8 \text{ cm}^3$$

Dónde:

$A = \text{área de la probeta (mm)}$

$e = \text{espesor de la probeta (mm)}$

En la tabla 5 se detallan los valores de la masa requerida para el desarrollo de las probetas con su respectivo porcentaje de refuerzo.

Tabla 5. Masa de fibra requerida para la conformación de probetas.

Tipo de configuración	Volumen total (cm^3)	Porcentaje de refuerzo	Volumen de refuerzo (cm^3)	Densidad de fibra (gr/cm^3)	Masa requerida (gr)
A	646,8	20 %	129,36	0,62	80,2
A	646,8	30 %	194,04	0,62	120,3

A	646,8	40 %	258,72	0,62	160,4
B	646,8	20 %	129,36	0,62	80,2
B	646,8	30 %	194,04	0,62	120,3
B	646,8	40 %	258,72	0,62	160,4
Total de masa requerida de fibra de chambira					721,8

Fuente: Autor.

En la siguiente tabla 6, se puntualizan los valores del volumen requerido para el desarrollo de las probetas con su respectivo porcentaje de matriz.

Tabla 6. Volumen de matriz requerida para la elaboración de las probetas.

Tipo de configuración	Volumen total (cm^3)	Porcentaje de matriz	Volumen de matriz requerida (cm^3)
A	646,8	80 %	571,44
A	646,8	70 %	452,76
A	646,8	60 %	388,08
B	646,8	80 %	571,44
B	646,8	70 %	452,76
B	646,8	60 %	388,08
Total de masa requerida de fibra de chambira			2824,56

Fuente: Autor.

2.7.9. Cálculo de densidad del compuesto

Se emplea la siguiente ecuación para el cálculo de la densidad total del nuevo material compuesto a desarrollar en base de una matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de palma de chambira.

$$\rho_c = (f_f * \rho_f + f_m * \rho_m) \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

ρ_c = densidad del nuevo compuesto

f_f = fracción de volumen de refuerzo (fibra)

ρ_f = densidad del refuerzo (fibra)

f_m = fracción de volumen de la matriz

ρ_m = densidad de la matriz

En la tabla 7 se especifican los valores obtenidos de la densidad del compuesto nuevo en base a sus diferentes variantes de composición volumétrica.

Tabla 7. Valores de la densidad del compuesto nuevo.

Densidad de matriz (<i>gr/cm³</i>)	Densidad de refuerzo (<i>gr/cm³</i>)	Fracción volumétrica de matriz	Fracción volumétrica de refuerzo	Densidad total del compuesto (<i>gr/cm³</i>)
1,2	0,62	80 %	20 %	1,08
1,2	0,62	70 %	30 %	1,03
1,2	0,62	60 %	40 %	0,97

Fuente: Autor.

2.7.10. Proceso de estratificación de probetas

El proceso empleado para la fabricación de las probetas del nuevo material compuesto en base de una matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de palma de chambira es el siguiente:

- Primeramente, se empieza con una limpieza exhaustiva de los componentes del molde debido a que pueden existir impurezas que afecten a la calidad y geometría de las probetas, de la manera en que se detalla en la figura 26.



Figura 26. Limpieza del molde.

Fuente: Autor.

- Se le aplica una capa de cera para desmoldar a toda la superficie del molde que se vaya a encontrar en contacto con la probeta como se muestra en la figura 27 y esperar a que esta se seque, para así evitar posibles adherencias que afecten al desarrollo normal del proceso de estratificación.



Figura 27. Aplicación de capa de cera para desmoldar.

Fuente: Autor.

- Se emplea una capa de alcohol polivinílico y dejar secar al ambiente, pues está posteriormente ayuda en la extracción del material elaborado sin generar posibles grietas por extracción.
- Se procede a ubicar al molde en un espacio nivelado como se muestra en la figura 28.



Figura 28. Nivelado del molde.

Fuente: Autor.

- Se realiza el pesaje de la cantidad de fibra requerida, esta tendrá variaciones dependiendo de las fracciones volumétricas anteriormente calculadas de la manera que se detalla en la figura 29.



Figura 29. Pesaje de la fibra.

Fuente: Autor.

- Se prepara la matriz que cuenta de la resina poliéster con su catalizador, se toma como referencia al cambio de color de la resina poliéster para establecer una correcta preparación, como se identifica en la figura 30.

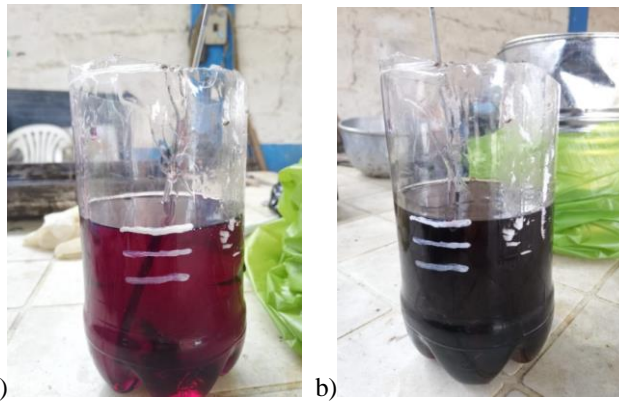


Figura 30. a) Resina poliéster sin catalizar b) Resina poliéster catalizada.

Fuente: Autor.

- Se coloca las fibras de chambira sobre el molde como se muestra en la figura 31, de manera uniforme sin dejar espacios que creen una discontinuidad que afecten a la geometría de las probetas.



Figura 31. Ubicación de la fibra en el molde.

Fuente: Autor.

- En la figura 32 se observa que se llena el molde completamente con la matriz preparada de manera uniforme y cuidadosa para no generar acumulaciones de aire ni grumos que generen imperfecciones en el nuevo material compuesto.



Figura 32. Relleno de molde con resina poliéster.

Fuente: Autor.

- Se ubica la tapa del molde y se espera a que se solidifique completamente.
- En la figura 33 se exhibe que se extrae el nuevo material compuesto cuidadosamente y realiza un control de calidad mediante inspección visual.



Figura 33. Plancha del nuevo material compuesto obtenido.

Fuente: Autor.

2.7.11. Corte de probetas del material compuesto elaborado a base de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de cabuya

Después de la obtención de las planchas del nuevo material compuesto, se procede a establecer dimensiones para la distribución correcta en dimensiones y cantidad según lo requerido para su posterior caracterización mecánica.

El diseño propuesto para el corte de las probetas se presenta en la siguiente figura 34, mediante la utilización de laser se encuentra encaminado hacia la dirección de las fibras longitudinales, para que con ello no se afecte a la configuración de las probetas.

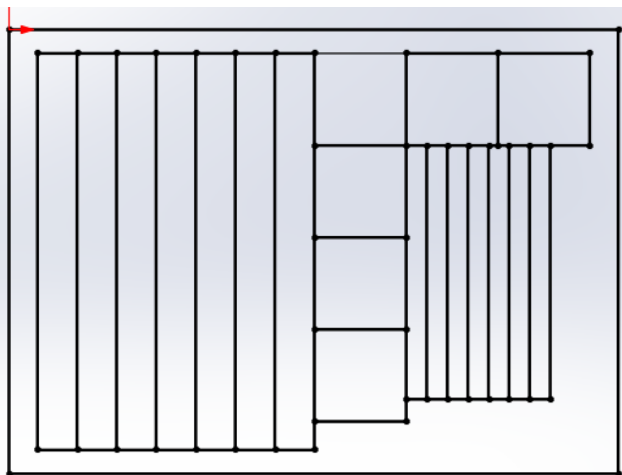


Figura 34. Esquema propuesto para corte con láser.

Fuente: Autor.

Se corta el nuevo material después de haber transcurrido el tiempo de curado de las planchas obtenidas por estratificación manual, mediante la utilización de una máquina de corte por láser para la obtención de las probetas con sus medidas respectivas según lo establecido por las normativas ASTM para tracción, compresión e impacto, como se muestra en la siguiente figura 35.

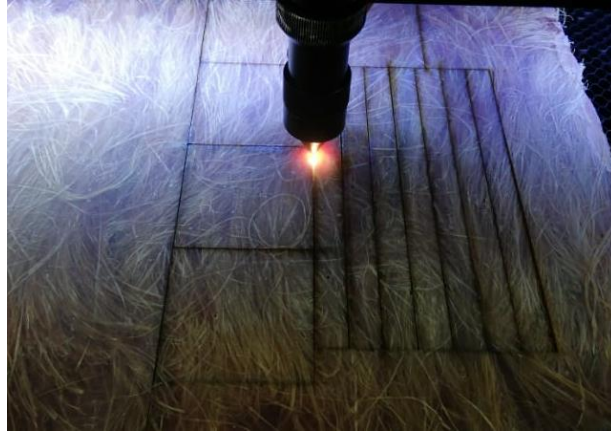


Figura 35. Proceso de corte por láser.

Fuente: Autor.

Una vez que se obtiene las probetas cortadas se realiza una inspección de calidad del producto como se muestra en la figura 36 con el objetivo de verificar dimensiones y posibles fallos.



Figura 36. Inspección de probetas.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización mecánica

Para el desarrollo de los análisis mecánicos de flexión se desarrollan en la ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral) en la Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra en los laboratorios de Geotecnia y Construcción. Además, los ensayos de tracción se efectuaron en laboratorios de resistencia de materiales mediante el uso de una máquina de ensayos METROTEC 1500KN, en el CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO y a su vez el ensayo de impacto se desarrolló en los laboratorios pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3.1.1. Ensayo a flexión

Para el desarrollo del ensayo a flexión de las probetas del nuevo material compuesto, se rige en base a la norma ASTM D7264, en la cual se establece las dimensiones necesarias para el diseño de las probetas a ensayar, las mismas que cuentan con las medidas de 13 mm de ancho, 160 mm de largo y 6mm de espesor, con un número de cinco en total de probetas ensayadas por cada configuración.

Se emplea la máquina SHIMADZU UHFx 500 KNx como se muestra en la figura 37, para el desarrollo del ensayo debido a que esta máquina cumple con los requerimientos de la normativa, la cual posee radios de curvatura de 5 mm y una distancia entre apoyos de 135 mm.



Figura 37. Máquina SHIMADZU UHFx 500 kNx.

Fuente: Autor.

En la tabla 8 se detallan los códigos de identificación de falla.

Tabla 8. Código de identificación de falla para ensayo a flexión.

Primer Carácter		Segundo Carácter		Tercer Carácter	
Tipo de Falla	Código	Área de Falla	Código	Ubicación de Falla	Código
Tensión	T	En el punto de carga	A	Superior	T
Compresión	C	Entre puntos de carga	B	Fondo	B
Pandeo	B	Entre soportes	S	Izquierda	L
Cizalla Interlaminar	S	Entre carga y punto de apoyo	L	Derecha	R
Multi-modo	M(xyz)	Desconocida	U	Medio	M
Otro	O			Varias	V
				Desconocida	U

Fuente: Autor.

- Cálculo del esfuerzo máximo de flexión

Las probetas se prueban a flexión como una viga simplemente apoyada en dos puntos y con una carga puntual en el punto medio de material a ensayar, con la siguiente ecuación se puede determinar el esfuerzo máximo de flexión.

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Ecuación 5

Dónde:

σ = esfuerzo máximo de flexión [MPa]

P = fuerza aplicada [N]

L = distancia entre apoyos [mm]

b = ancho [mm]

h = espesor [mm]

- Cálculo de la deformación máxima

La deformación en la mitad del tramo es la máxima tensión en la superficie exterior y se calcula con esta ecuación:

$$\epsilon = \frac{6\delta h}{L^2}$$

Ecuación 6

Dónde:

ϵ = defomación en la superficie externa [mm/mm]

δ = deflexión en el punto medio del tramo [mm]

- Cálculo del módulo de elasticidad a flexión

Para determinar la elasticidad a flexión del material ensayado, se emplea el esfuerzo máximo a flexión y su deformación, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$E_f = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$$

Ecuación 7

Dónde:

E_f = módulo de flexión [MPa]

- Estadísticas

Para cada serie de pruebas que en total son seis grupos de cinco probetas cada uno, se calcula el valor promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, como se detallan en las siguientes ecuaciones.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Ecuación 8

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{x}^2)}{n-1}}$$

Ecuación 9

$$CV = 100 * \frac{S_{n-1}}{\bar{x}}$$

Ecuación 10

Dónde:

\bar{x} = valor promedio (media muestral)

X_i = muestras

n = número de datos

S_{n-1} = desviación estandar

CV = coeficiente de variación [%]

3.1.2. Ensayo a tracción

Bajo los lineamientos estipulados por la normativa ASTM D 3039 se procede a ensayar a tracción en la Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN, como se muestra en la figura 38. Permitiendo ensayar probetas con dimensiones de 25 mm de ancho, 250 mm de largo y 6 mm de espesor.



Figura 38. Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN.

Fuente: Autor.

Cumpliendo el requerimiento de la normativa con un número de cinco probetas por cada configuración y señalando a continuación los códigos de identificación de falla en la siguiente tabla 9, la misma que se presenta inscrita en esta norma.

Tabla 9. Código de identificación de falla para ensayo a tracción.

Primer Carácter		Segundo Carácter		Tercer Carácter	
Tipo de Falla	Código	Área de Falla	Código	Ubicación de Falla	Código
Angular	A	Dentro de empuñadura	I	Fondo	B

Delaminación del borde	D	En el agarre	A	Superior	T
Agarre/lengüeta	G	<1 W de agarre	W	Izquierda	L
Lateral	L	Calibrar	G	Derecha	R
Modo múltiple	M(xyz)	Múltiples áreas	M	Medio	M
Larga división	S	Varias	V	Varias	V
Explosivo	X	Desconocida	U	Desconocida	U
Otro	O				

Fuente: Autor.

- Cálculo de la resistencia a la tracción última

Para calcular la resistencia a la tracción última se emplea la siguiente ecuación. La cual detalla el valor del esfuerzo máximo a la que se sometió la probeta.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{P}{A}$$

Ecuación 11

Dónde:

$\sigma_{\text{máx}}$ = Resistencia a la tracción última [MPa]

P = Fuerza máxima antes de la falla [N]

A = Área transversal [mm²]

- Cálculo de la deformación por tracción máxima

Para calcular la deformación máxima por tracción se debe emplear la siguiente ecuación, y la respuesta del material se determina con un extensómetro.

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_i}{L_g}$$

Ecuación 12

Donde:

ε_i = deformación por tracción en el punto de datos

δ_i = desplazamiento del extensometro en el punto de datos [mm]

L_g = longitud calibrada del extensometro [mm]

- Cálculo del módulo de elasticidad a tracción

Dicho módulo se procede a calcular empleando los valores calculados con las ecuaciones 11 y 12 de la resistencia a la tracción última y la deformación por tracción máxima.

$$E = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{\varepsilon_i}$$

Ecuación 13

Dónde:

E = módulo de elasticidad o módulo de Young [GPa]

- Estadísticas

Para cada serie de pruebas que en total son seis grupos de cinco probetas cada uno, se calcula el valor promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, como se detallan en las siguientes ecuaciones.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Ecuación 8

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{x}^2)}{n-1}}$$

Ecuación 9

$$CV = 100 * \frac{S_{n-1}}{\bar{x}}$$

Ecuación 10

Dónde:

\bar{x} = valor promedio (media muestral)

X_i = muestras

n = número de datos

S_{n-1} = desviación estandar

CV = coeficiente de variación [%]

3.1.3. Ensayo de impacto

El ensayo de impacto se rige en base a la norma ASTM D 5628, la cual brinda las dimensiones requeridas para las probetas a ensayar, como es la geometría FE (58 mm x 58 mm), además se emplea la máquina de ensayo de impacto por caída de dardo que se cuenta en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica como se indica en la figura 39.



Figura 39. a) Máquina de ensayos de Impacto, b) Dardo con masas de arandelas.

Fuente: Autor.

La normativa nos presenta varias geometrías de dardo y mordazas, la cual nos permite realizar bajo dos procedimientos que son mediante una altura constante con masa variable y la segunda de altura variable con masa constante, la cual para ensayar las probetas creadas del nuevo material compuesto se empleará el método de masa constante con altura variable.

A continuación, se señala los códigos de identificación de falla en la siguiente tabla 10, la misma que se presenta inscrita en la norma ASTM 5628.

Tabla 10. Código de identificación tipos de falla de impacto.

TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN
A	Grieta o grietas en una superficie
B	Grietas que penetran en todo el espesor
C	Quebradizo (varios pedazos)
D	Falla dúctil (rota)

Fuente: Autor.

- Cálculo de la altura media de impacto para generar fallo

Rigiéndose a la norma se procede a calcular la altura media de impacto para producir un fallo por medio de la siguiente ecuación, debido a que se empleará el método de masa constante con altura variable.

$$h = h_o + d_h \left(\frac{A}{N} \pm 0,5 \right)$$

Ecuación 14

Dónde:

h = altura media de falla [mm]

h_o = altura más baja a la que sucede un evento [mm]

d_h = incremento de la altura del tup [mm]

$A = \sum_{i=0}^k$

N = número total de fallos o no fallos

Dato: “El signo \pm dependerá si es falla se utiliza el signo negativo, caso contrario se emplea el signo positivo”.

- Cálculo de la energía media de falla

Para el determinar la energía que se requiere para que la probeta falle se emplea la siguiente ecuación.

$$MFE = hwf$$

Ecuación 15

Dónde:

MFE = energía de falla media [J]

h = altura media de falla o altura constante [mm]

w = masa media de falla o masa constante [kg]

f = factor de conversión a Joules [$9,80665 \times 10^{-3}$]

- Estadísticas

Para el cálculo de la desviación estándar de la muestra (altura media), únicamente con fines de registro, se puede determinar mediante la utilización de la siguiente ecuación.

$$S_h = 1,62d_h \left[\frac{B}{N} - \left(\frac{A}{N} \right)^2 \right] + 0,047d_h$$

Ecuación 16

Dónde:

S_h = desviación estándar estimada de altura media [mm]

$$B = \sum_{i=0}^k i^2 n_i$$

Para el determinar la desviación estándar estimada de la energía de fallo, se procede a emplear la siguiente ecuación.

$$S_{MFE} = S_h f \quad \text{Ecuación 17}$$

Dónde:

S_{MFE} = desviación estándar de la energía de fallo [J]

3.1.4. Recolección y tabulación de datos de material compuesto ensayado a tracción bajo norma ASTM D 3039

Tabla 11. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FC (80-20) %

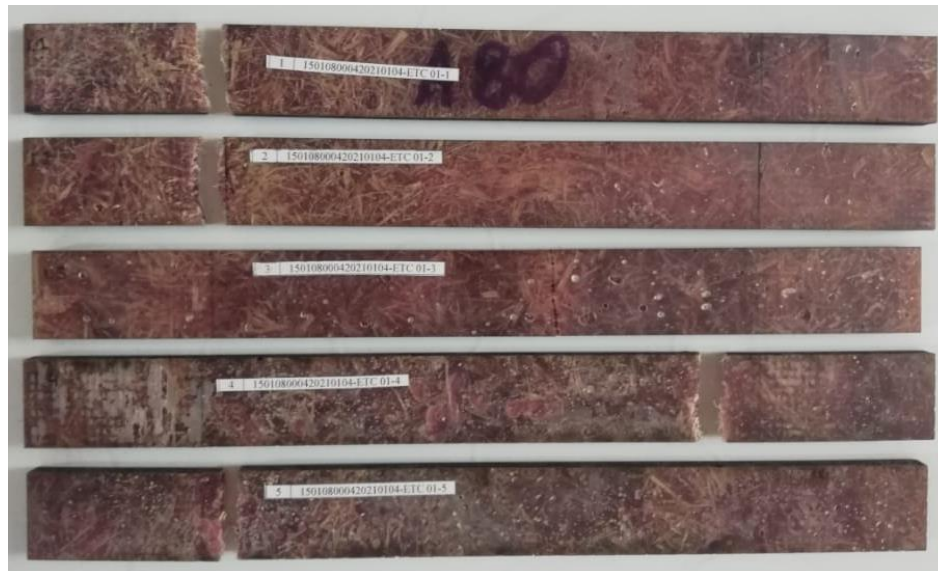
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a tracción.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	11/01/20	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.		
Máquina:	Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D3039	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	80%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	20%
Configuración:	Al azar	Dimensiones:	250*25*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm

Temperatura:	21,7°C	Longitud de refuerzo:	Corta
Humedad:	58,5%	Velocidad de ensayo:	5 mm/min

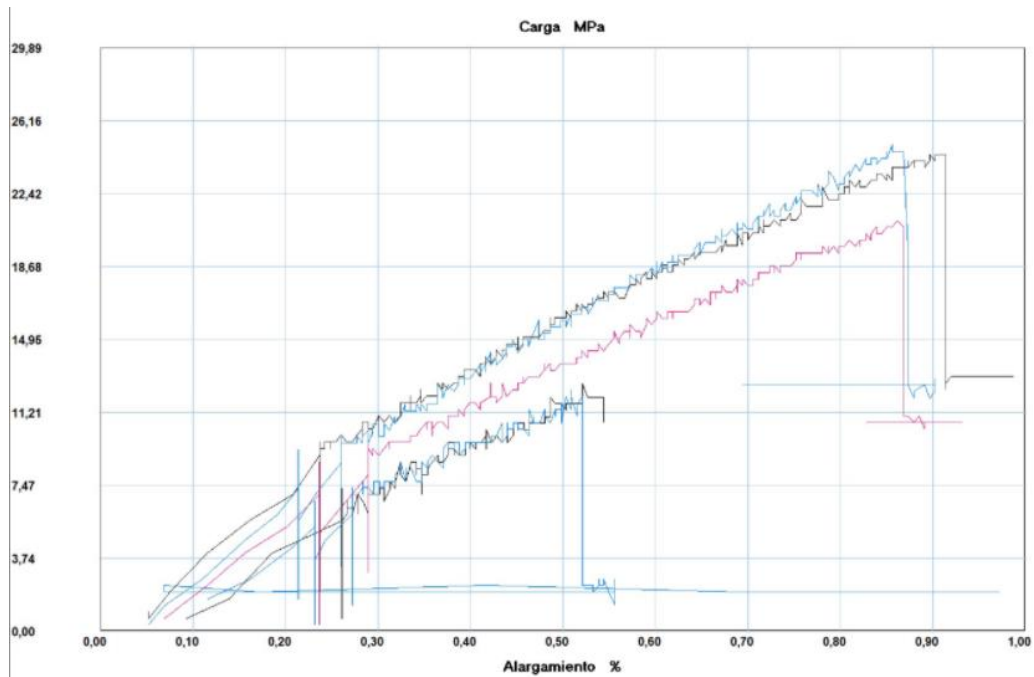
RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación (calculado)	Tipo de falla evaluado
1	1900	12,66	2327,91	0,544	LAT
2	1850	12,35	2369,24	0,521	LAT
3	3150	21,05	2424,90	0,868	LGM
4	3650	24,44	2673,90	0,914	LGB
5	3750	24,91	2870,04	0,868	LGT
Promedio \bar{x}	2860	19,083	2533,198	0,743	-
Desviación estándar	927,631	6,186	231,307	0,193	-
Coefficiente de variación	32,435	32,414	9,131	25,994	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO

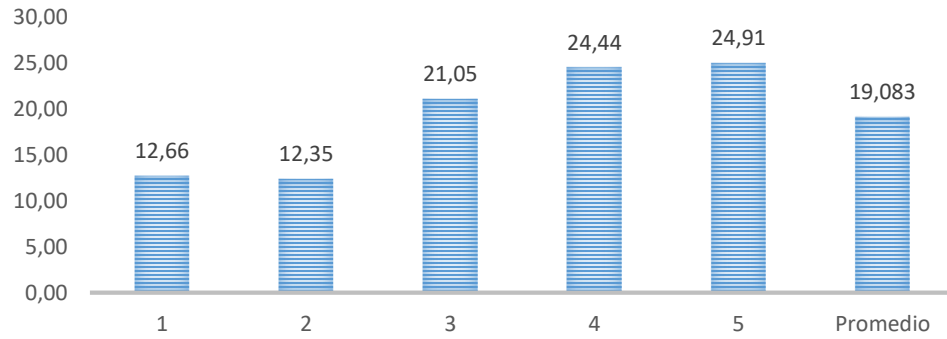


GRÁFICAS

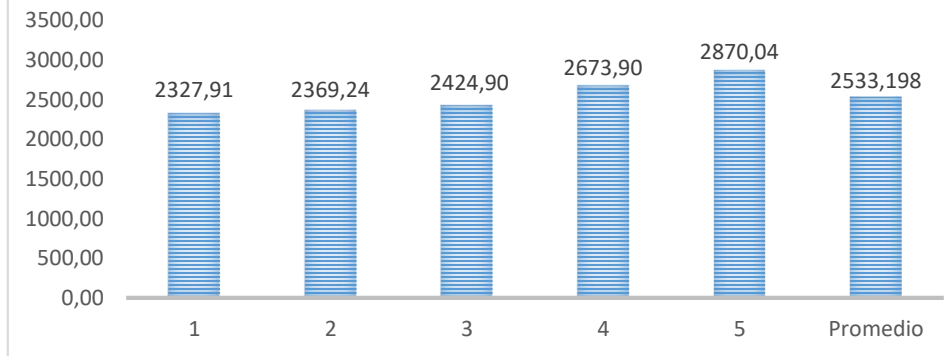


Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	1900,00	1800,00	12,66	12,00
■ 2	1850,00	1800,00	12,35	12,02
■ 3	3150,00	3100,00	21,05	20,71
■ 4	3650,00	3650,00	24,44	24,44
■ 5	3750,00	3700,00	24,91	24,58
Media	2860,000	2810,000	19,083	18,750
Mediana	3150,000	3100,000	21,048	20,714
Desv. Std	927,631	951,578	6,186	6,347
Coef. V.	0,324	0,339	0,324	0,339
Máximo	3750,000	3700,000	24,912	24,580
Mínimo	1850,000	1800,000	12,352	11,997
Rango	1900,000	1900,000	12,560	12,582
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	5642,894	5664,733	37,640	37,790
-3 Sigma	77,106	-44,733	0,526	-0,291

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN (MPa)

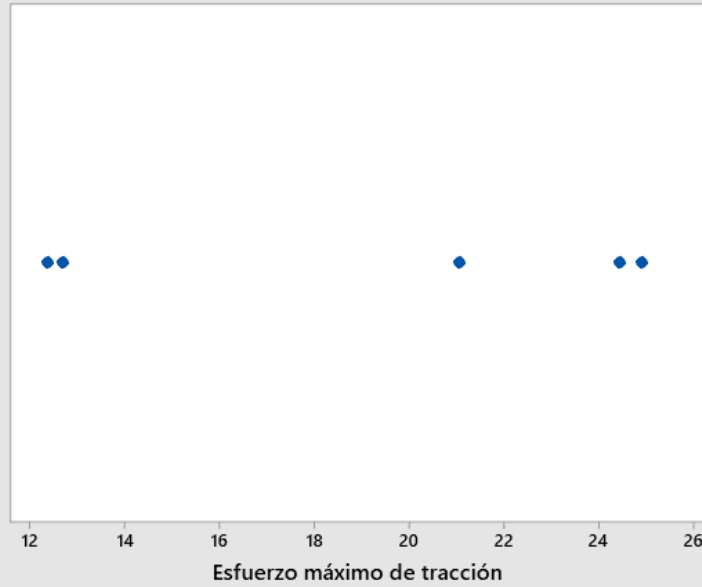


MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

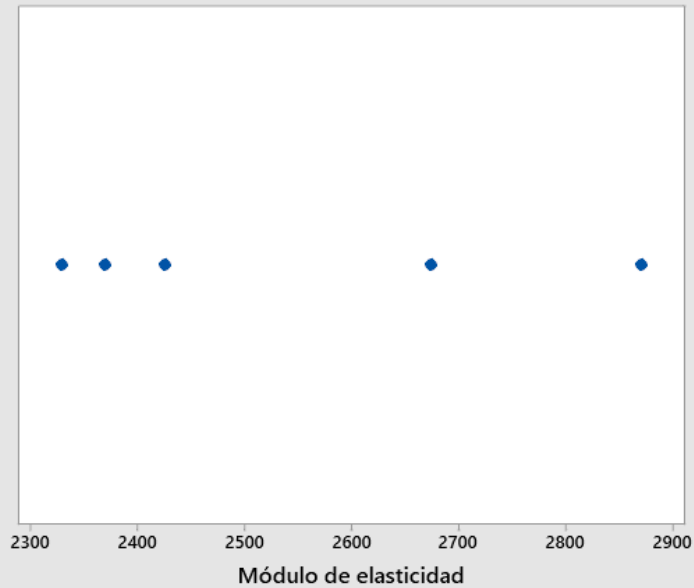
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo de tracción (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
12,35	24,91	1,09	1,000

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Gráfica de valores atípicos de Módulo de elasticidad (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
2327,91	2870,04	1,46	0,468

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> - Las probetas 1 y 2 presentan fallas laterales en el agarre parte superior. - La probeta 3 presenta falla lateral en la zona calibrada en medio. - La probeta 4 presenta falla lateral en la zona calibrada parte inferior. - La probeta 5 presenta falla lateral en la zona calibrada parte superior. 			
EVALUACIÓN			
No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.			
Esfuerzo máximo promedio (MPa):		19,083	
Módulo de elasticidad promedio (MPa):		2533,198	
Espesor promedio real (mm):		6,03	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Jorge Rodas.
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 12. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FC (70-30) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a tracción.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	11/01/20	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.		
Máquina:	Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D3039	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	70%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	30%
Configuración:	Al azar	Dimensiones:	250*25*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm

Temperatura:	22,1°C	Longitud de refuerzo:	Corta
Humedad:	58,1%	Velocidad de ensayo:	5 mm/min

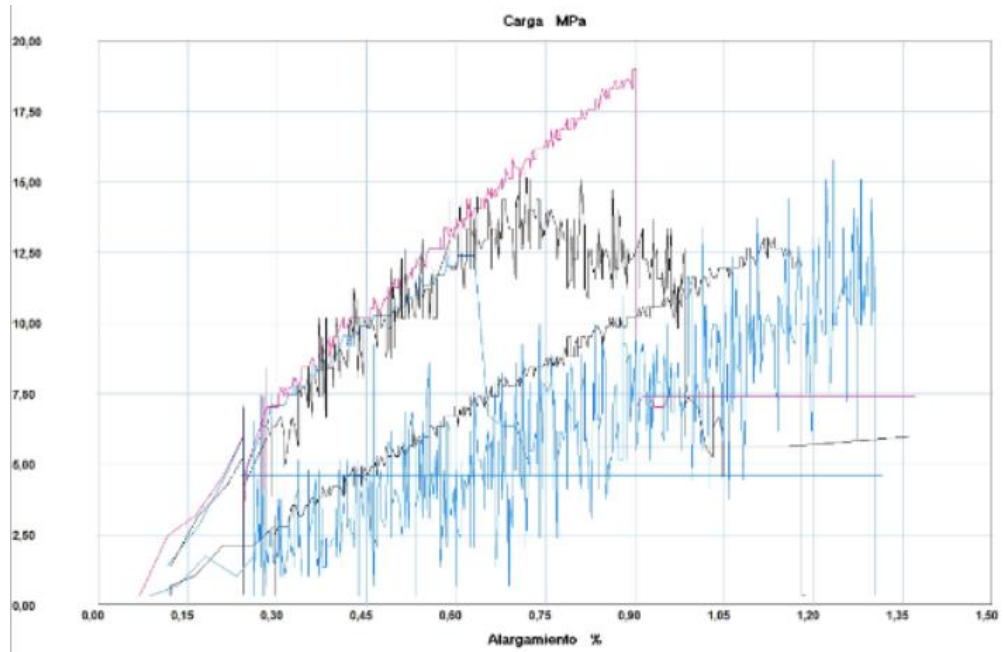
RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación (calculado)	Tipo de falla evaluado
6	1850,00	13,03	1103,84	1,181	AGM
7	1750,00	12,40	1965,86	0,631	AGB
8	2700,00	19,00	2104,33	0,903	LAB
9	2200,00	15,44	1570,60	0,983	LGT
10	2300,00	15,79	1212,38	1,302	LGT
Promedio \bar{x}	2160,000	15,131	1591,404	1,000	-
Desviación estándar	379,803	2,614	443,036	0,260	-
Coefficiente de variación	17,583	17,275	27,839	25,984	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO

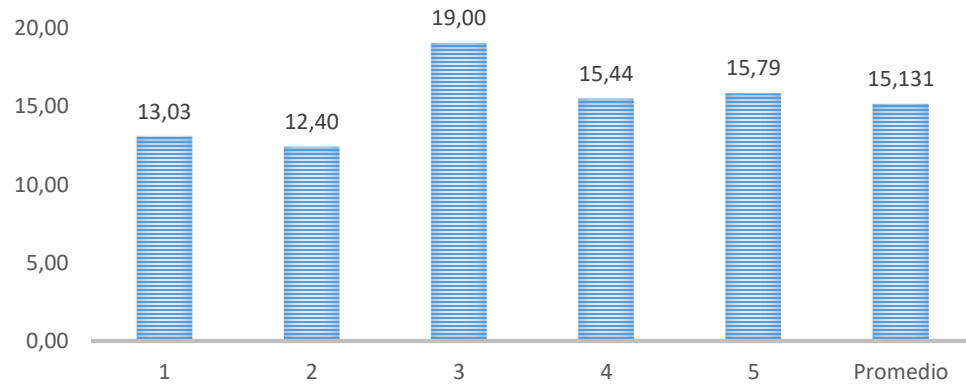


GRÁFICAS

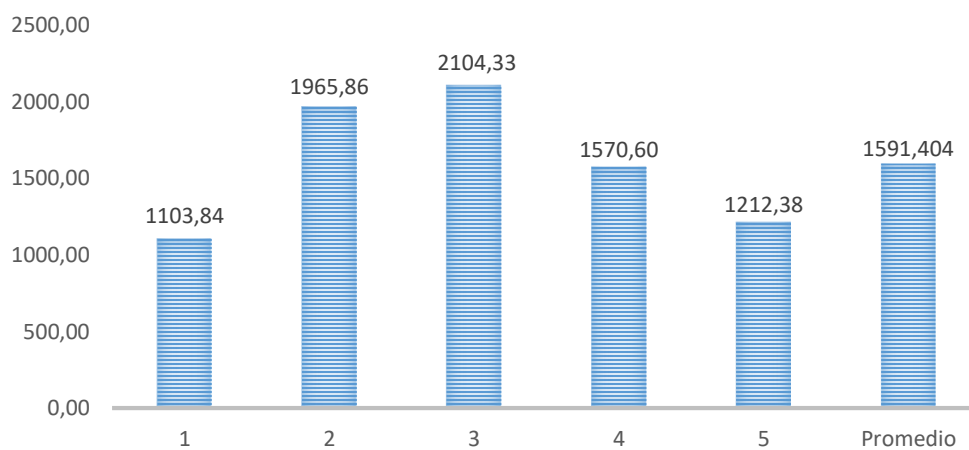


Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	1850,00	1700,00	13,03	11,98
■ 2	1750,00	1750,00	12,40	12,40
■ 3	2700,00	2700,00	19,00	19,00
■ 4	2200,00	1800,00	15,44	12,64
■ 5	2300,00	1750,00	15,79	12,01
Media	2160,000	1940,000	15,131	13,603
Mediana	2200,000	1750,000	15,444	12,398
Desv. Std	379,803	426,321	2,614	3,027
Coef. V.	0,176	0,220	0,173	0,223
Máximo	2700,000	2700,000	18,995	18,995
Mínimo	1750,000	1700,000	12,398	11,976
Rango	950,000	1000,000	6,597	7,019
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	3299,408	3218,964	22,973	22,683
-3 Sigma	1020,592	661,036	7,289	4,523

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN (MPa)

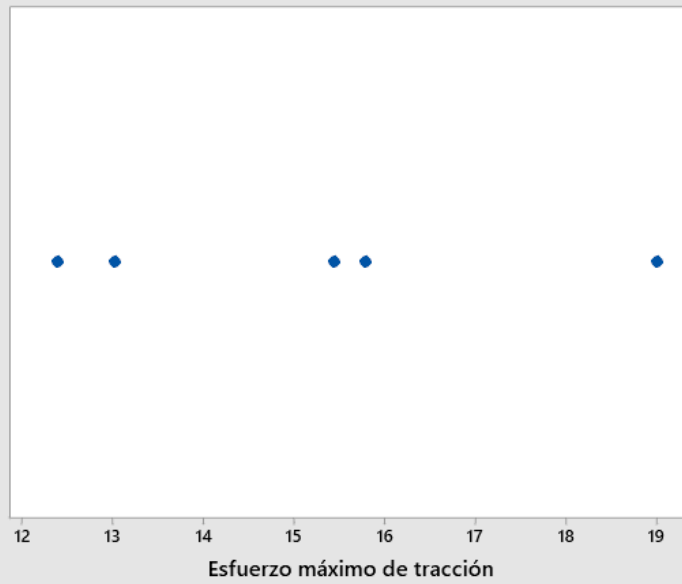


MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

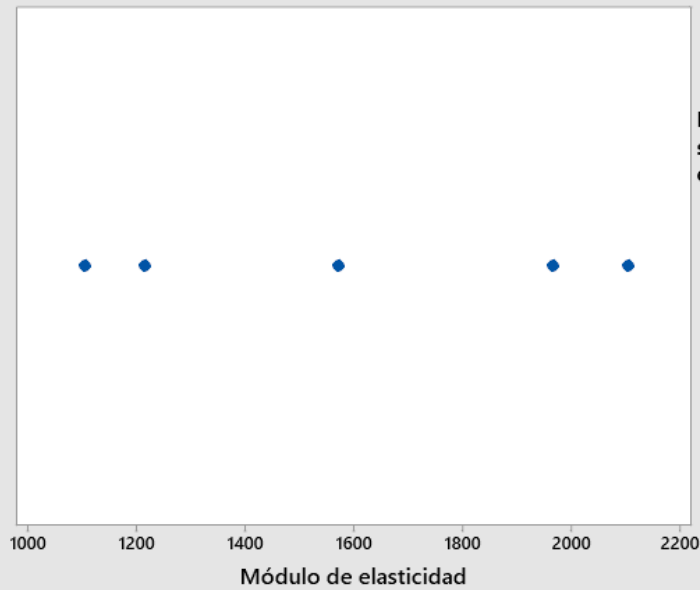
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo de tracción (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Mín.	Máx.	G	P
12,40	19,00	1,48	0,422

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Gráfica de valores atípicos de Módulo de elasticidad (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Mín.	Máx.	G	P
1103,84	2104,33	1,16	1,000

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> - La probeta 6 presenta falla angular en la zona calibrada en medio. - La probeta 7 presenta falla angular en la zona calibrada en parte inferior. - La probeta 8 presenta falla lateral en el agarre en parte inferior. - Las probetas 9 y 10 presentan fallas laterales en la zona calibrada parte superior. 			
EVALUACIÓN			
No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.			
Esfuerzo máximo promedio (MPa):		15,131	
Módulo de elasticidad promedio (MPa):		1591,404	
Espesor promedio real (mm):		5,75	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Jorge Rodas.
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 13. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FC (60-40) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a tracción.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	11/01/20	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.		
Máquina:	Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D3039	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	60%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	40%
Configuración:	Al azar	Dimensiones:	250*25*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm

Temperatura:	23,1°C	Longitud de refuerzo:	Corta
Humedad:	56%	Velocidad de ensayo:	5 mm/min

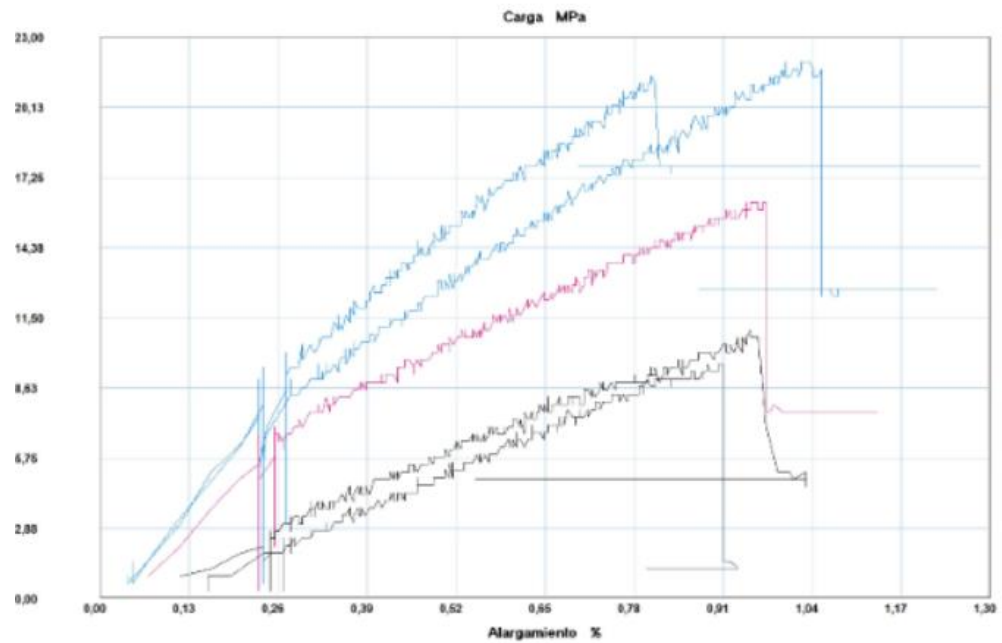
RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación (calculado)	Tipo de falla evaluado
11	1550,00	9,61	1057,13	0,909	AGT
12	3550,00	21,98	2086,67	1,053	LGB
13	2650,00	16,21	1667,51	0,972	LGB
14	1800,00	11,01	1145,80	0,961	AGT
15	3500,00	21,39	2652,15	0,807	LGB
Promedio \bar{x}	2610,000	16,039	1721,851	0,940	-
Desviación estándar	929,650	5,716	666,181	0,091	-
Coefficiente de variación	35,619	35,639	38,690	9,668	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO

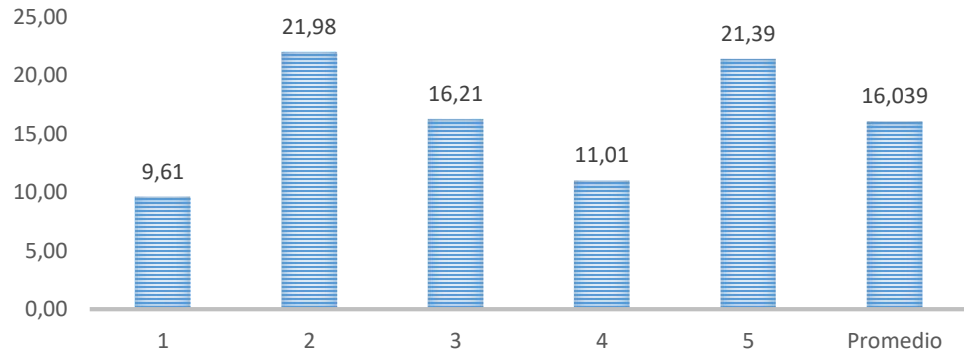


GRÁFICAS

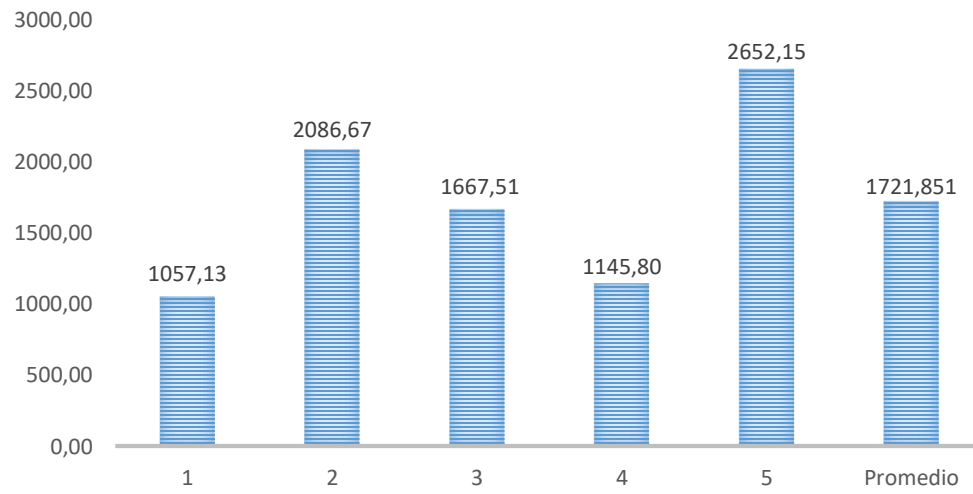


Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	1550,00	1550,00	9,61	9,61
■ 2	3550,00	3500,00	21,98	21,67
■ 3	2650,00	2650,00	16,21	16,21
■ 4	1800,00	1750,00	11,01	10,70
■ 5	3500,00	3450,00	21,39	21,09
Media	2610,000	2580,000	16,039	15,855
Mediana	2650,000	2650,000	16,208	16,208
Desv. Std	929,650	916,242	5,716	5,633
Coef. V.	0,356	0,355	0,356	0,355
Máximo	3550,000	3500,000	21,980	21,670
Mínimo	1550,000	1550,000	9,606	9,606
Rango	2000,000	1950,000	12,374	12,064
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	5398,951	5328,727	33,188	32,755
-3 Sigma	-178,951	-168,727	-1,110	-1,045

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN (MPa)

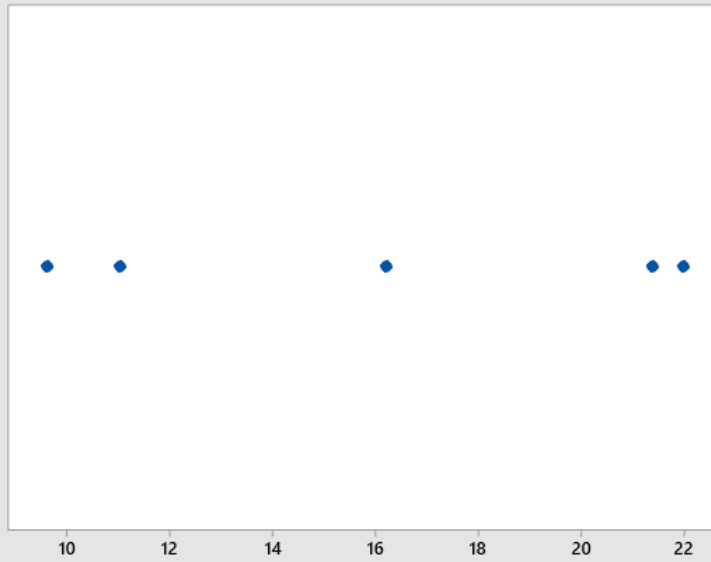


MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

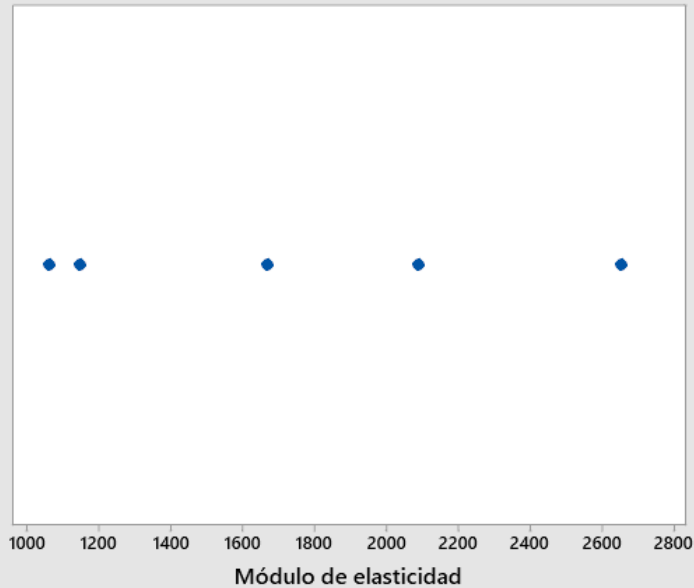
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo de tracción (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
9,61	21,98	1,13	1,000

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Gráfica de valores atípicos de Módulo de elasticidad (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
1057,13	2652,15	1,40	0,596

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> - Las probetas 11 y 14 presentan fallas angulares en la zona calibrada en parte superior. - Las probetas 12, 13 y 15 presentan fallas laterales en la zona calibrada parte inferior. 			
EVALUACIÓN			
No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.			
Esfuerzo máximo promedio (MPa):		16,039	
Módulo de elasticidad promedio (MPa):		1721,851	
Espesor promedio real (mm):		6,55	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Jorge Rodas.
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 14. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FL (80-20) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a tracción.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	11/01/20	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.		
Máquina:	Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D3039	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	80%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	20%
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	250*25*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm

Temperatura:	23,7°C	Longitud de refuerzo:	Larga
Humedad:	52,3%	Velocidad de ensayo:	5 mm/min

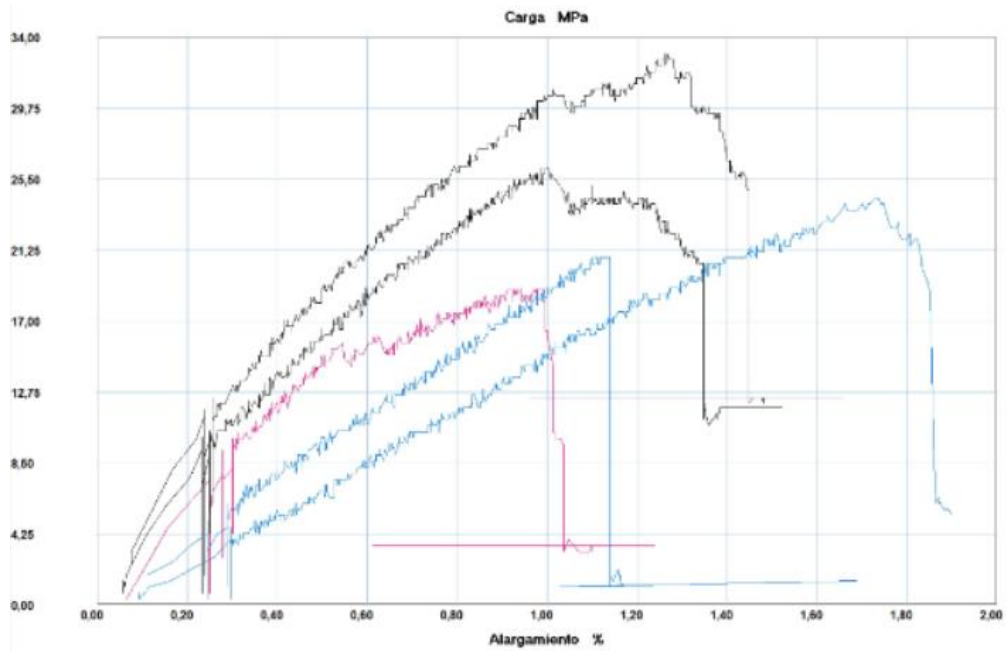
RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación (calculado)	Tipo de falla evaluado
16	4650,00	33,02	2291,20	1,441	LAT
17	3400,00	24,40	1317,45	1,852	AIT
18	2650,00	18,91	1900,30	0,995	AIB
19	3650,00	26,22	1960,29	1,337	AGB
20	2900,00	20,82	1844,25	1,129	LGT
Promedio \bar{x}	3450,000	24,674	1862,698	1,351	-
Desviación estándar	778,621	5,483	350,782	0,330	-
Coefficiente de variación	22,569	22,220	18,832	24,419	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO

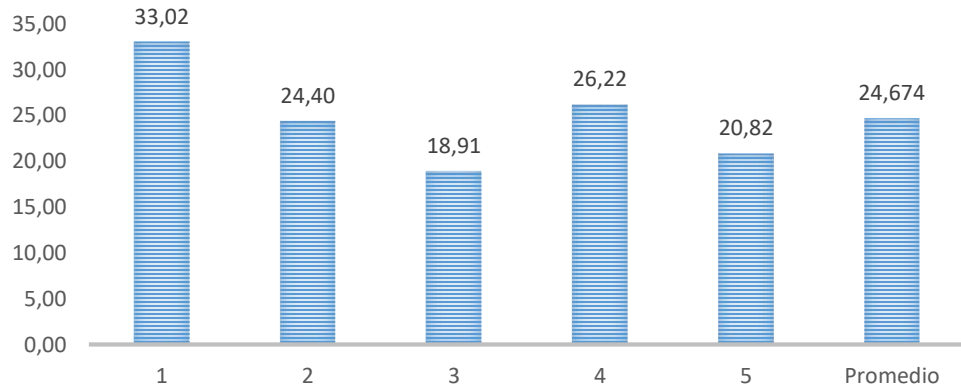


GRÁFICAS

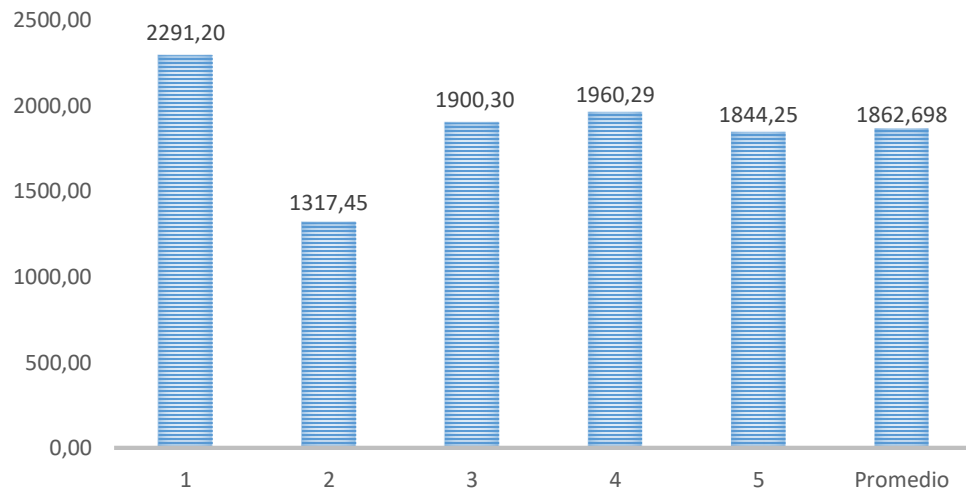


Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	4650,00	3500,00	33,02	24,86
■ 2	3400,00	2600,00	24,40	18,66
■ 3	2650,00	2550,00	18,91	18,20
■ 4	3650,00	2850,00	26,22	20,47
■ 5	2900,00	2850,00	20,82	20,46
Media	3450,000	2870,000	24,674	20,528
Mediana	3400,000	2850,000	24,399	20,457
Desv. Std	778,621	378,484	5,483	2,630
Coef. V.	0,226	0,132	0,222	0,128
Máximo	4650,000	3500,000	33,024	24,857
Mínimo	2650,000	2550,000	18,914	18,201
Rango	2000,000	950,000	14,110	6,656
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	5785,862	4005,451	41,121	28,417
-3 Sigma	1114,138	1734,549	8,226	12,640

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN (MPa)

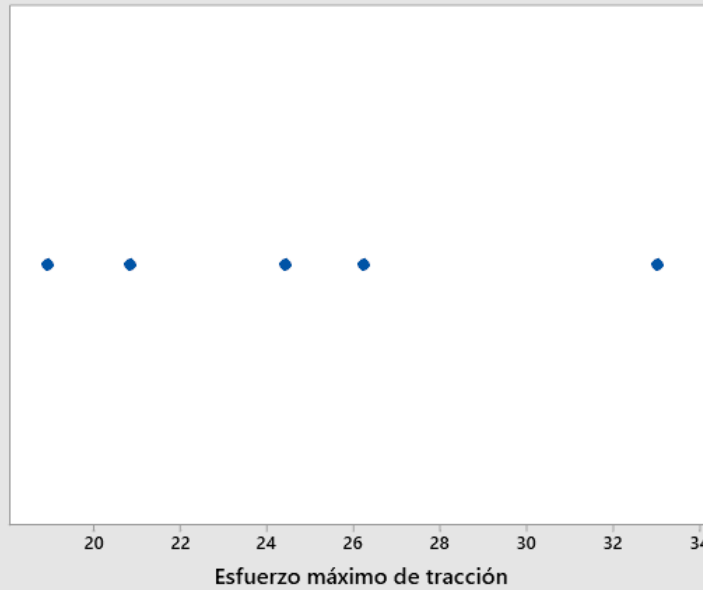


MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

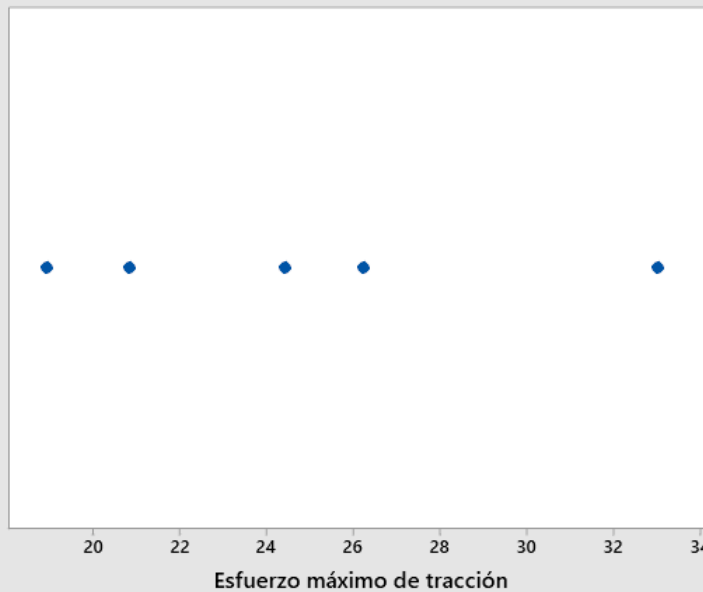
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo de tracción (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
18,91	33,02	1,52	0,336

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo de tracción (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
18,91	33,02	1,52	0,336

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> - La probeta 16 presenta falla lateral en el agarre en parte superior. - La probeta 17 presenta falla angular dentro del agarre en parte superior. - La probeta 18 presenta falla angular dentro del agarre en parte inferior. - La probeta 19 presenta falla angular en zona calibrada en parte inferior. - La probeta 20 presenta falla lateral en zona calibrada en parte superior. 			
EVALUACIÓN			
No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.			
Esfuerzo máximo promedio (MPa):		24,674	
Módulo de elasticidad promedio (MPa):		1862,698	
Espesor promedio real (mm):		5,65	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Jorge Rodas.
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 15. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FL (70-30) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a tracción.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	11/01/20	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.		
Máquina:	Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D3039	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	70%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	30%
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	250*25*e (mm)

Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm
Temperatura:	24,1°C	Longitud de refuerzo:	Larga
Humedad:	52,1%	Velocidad de ensayo:	5 mm/min

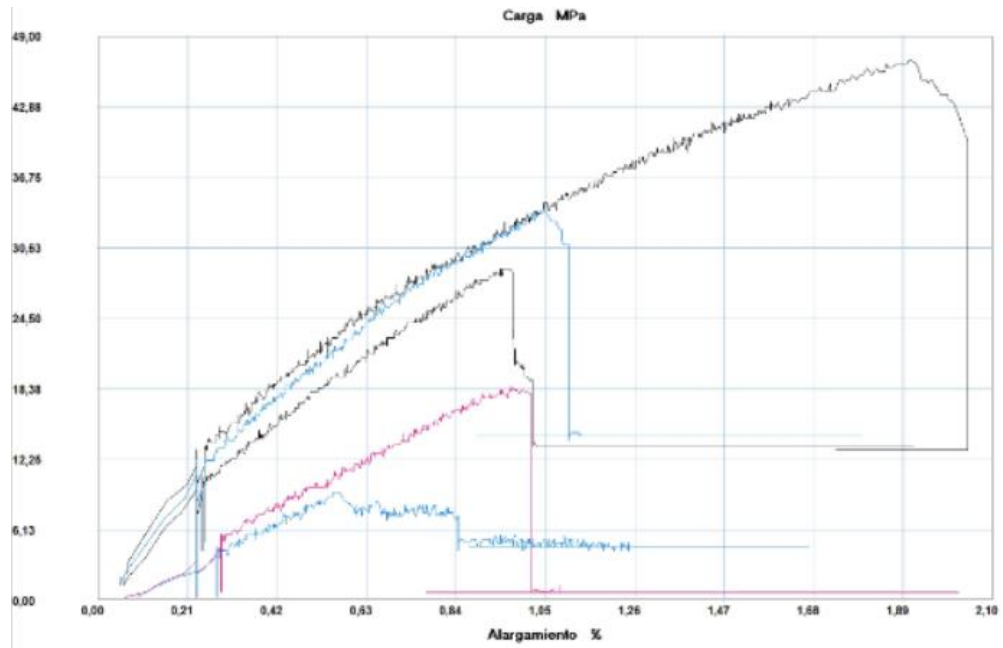
RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación (calculado)	Tipo de falla evaluado
21	7000,00	46,91	2329,87	2,013	AIB
22	1400,00	9,32	1102,97	0,845	AIT
23	2750,00	18,59	1825,68	1,018	AGT
24	4300,00	28,82	2963,17	0,973	LGM
25	5000,00	33,93	3069,70	1,105	LIT
Promedio \bar{x}	4090,000	27,514	2258,275	1,191	-
Desviación estándar	2143,129	14,401	818,884	0,469	-
Coefficiente de variación	52,399	52,343	36,261	39,399	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO

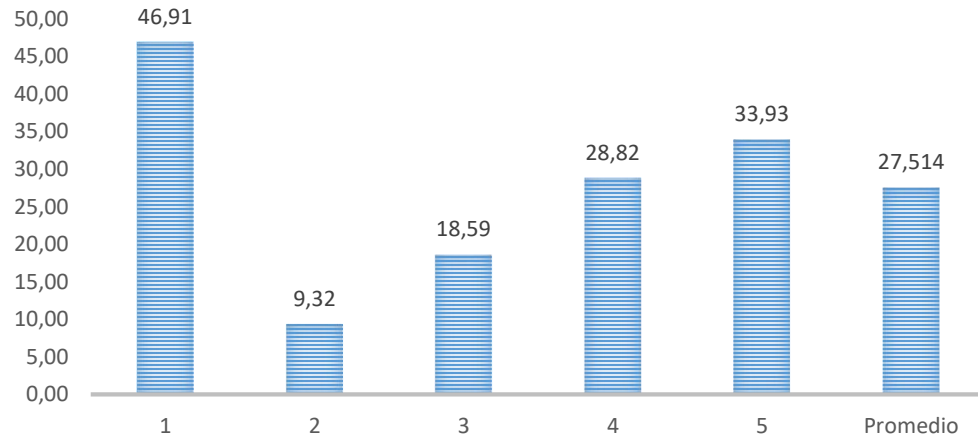


GRÁFICAS

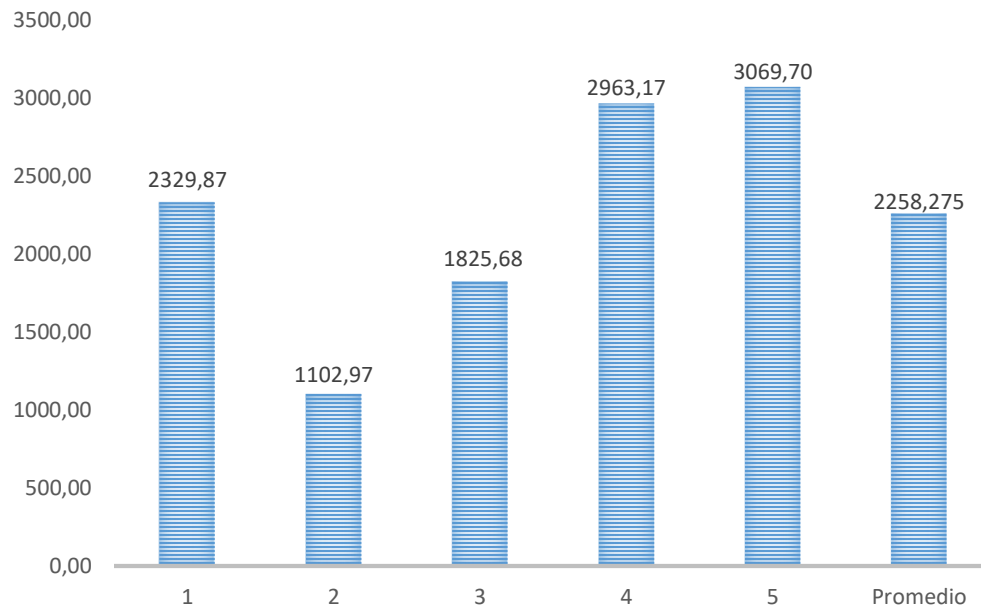


Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	7000,00	6400,00	46,91	42,89
■ 2	1400,00	1100,00	9,32	7,33
■ 3	2750,00	2650,00	18,59	17,91
■ 4	4300,00	4250,00	28,82	28,49
■ 5	5000,00	4550,00	33,93	30,88
Media	4090,000	3790,000	27,514	25,497
Mediana	4300,000	4250,000	28,822	28,487
Desv. Std	2143,129	2008,544	14,401	13,491
Coef. V.	0,524	0,530	0,523	0,529
Máximo	7000,000	6400,000	46,908	42,887
Mínimo	1400,000	1100,000	9,324	7,326
Rango	5600,000	5300,000	37,584	35,562
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	10519,386	9815,633	70,718	65,971
-3 Sigma	-2339,386	-2235,633	-15,691	-14,977

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN (MPa)

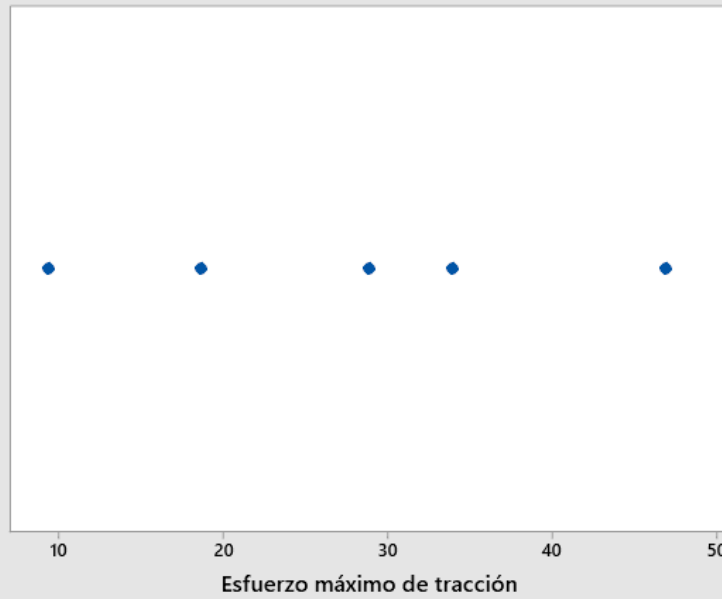


MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

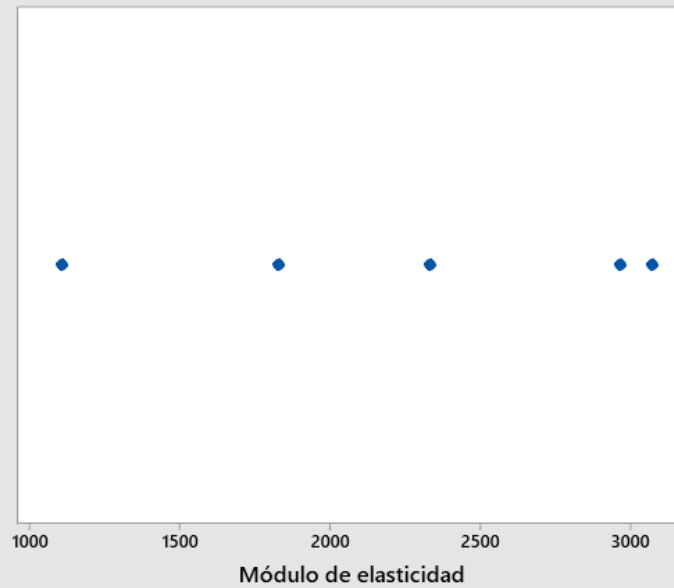
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo de tracción (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
9,32	46,91	1,35	0,710

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Gráfica de valores atípicos de Módulo de elasticidad (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
1102,97	3069,70	1,41	0,564

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> - La probeta 21 presenta falla angular dentro del agarre en parte inferior. - La probeta 22 presenta falla angular dentro del agarre en parte superior. - La probeta 23 presenta falla angular en zona calibrada en parte superior. - La probeta 24 presenta falla lateral en zona calibrada en parte media. - La probeta 25 presenta falla lateral dentro del agarre en parte superior. 			
EVALUACIÓN			
No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.			
Esfuerzo máximo promedio (MPa):		27,514	
Módulo de elasticidad promedio (MPa):		2258,275	
Espesor promedio real (mm):		5,99	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Jorge Rodas.
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 16. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a tracción FL (60-40) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a tracción.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	11/01/20	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.		
Máquina:	Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D3039	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	60%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	40%
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	250*25*e (mm)

Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm
Temperatura:	24,5°C	Longitud de refuerzo:	Larga
Humedad:	50,7%	Velocidad de ensayo:	5 mm/min

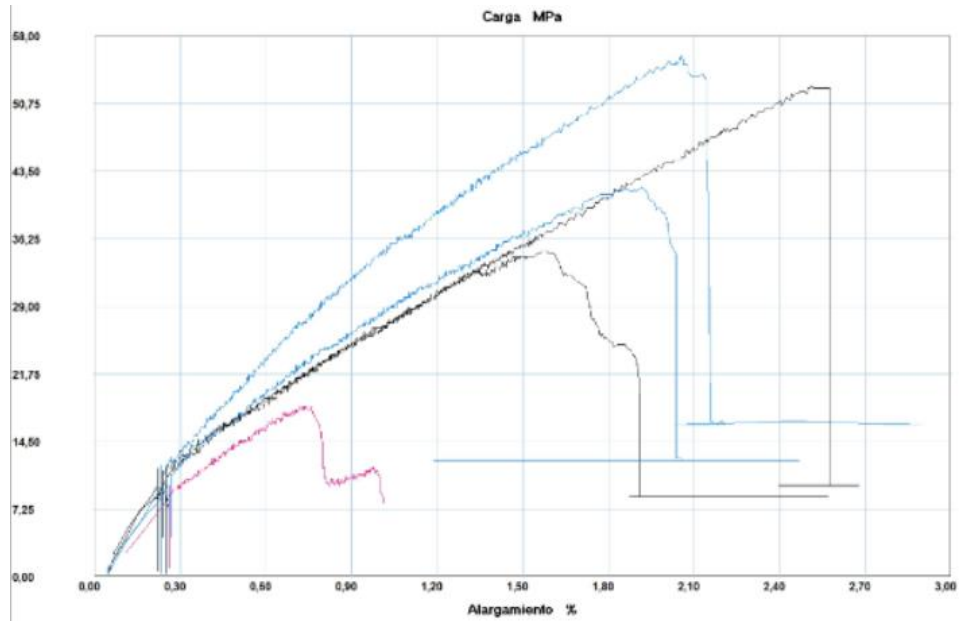
RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	% Elongación (calculado)	Tipo de falla evaluado
26	8600,00	52,69	2046,49	2,575	AGT
27	8900,00	55,88	2609,73	2,141	AGB
28	2800,00	18,25	2285,60	0,799	LIB
29	5900,00	34,95	2026,39	1,725	AGB
30	7400,00	41,88	2085,43	2,008	LIT
Promedio \bar{x}	6720,000	40,730	2210,727	1,849	-
Desviación estándar	2489,377	15,104	245,695	0,663	-
Coefficiente de variación	37,044	37,084	11,114	35,825	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO

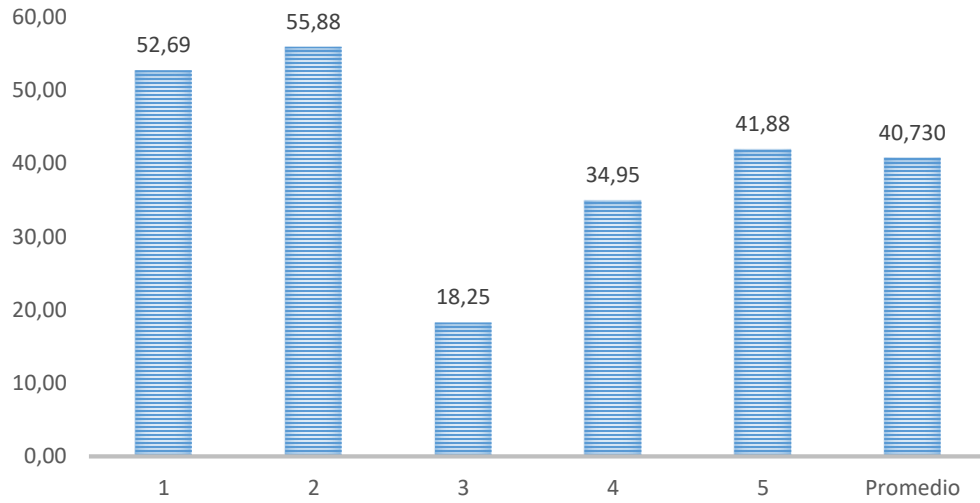


GRÁFICAS

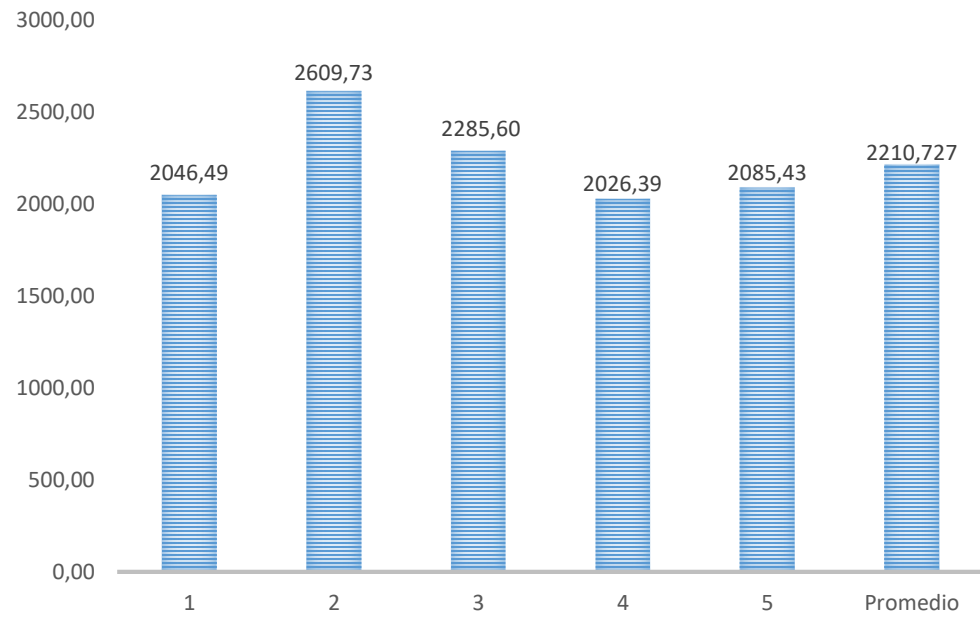


Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	8600,00	8550,00	52,69	52,38
■ 2	8900,00	8500,00	55,88	53,37
■ 3	2800,00	2200,00	18,25	14,34
■ 4	5900,00	5150,00	34,95	30,51
■ 5	7400,00	6700,00	41,88	37,91
Media	6720,000	6220,000	40,730	37,704
Mediana	7400,000	6700,000	41,875	37,914
Desv. Std	2489,377	2653,441	15,104	16,268
Coef. V.	0,370	0,427	0,371	0,431
Máximo	8900,000	8550,000	55,883	53,371
Mínimo	2800,000	2200,000	18,254	14,343
Rango	6100,000	6350,000	37,629	39,029
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	14188,132	14180,323	86,043	86,507
-3 Sigma	-748,132	-1740,323	-4,583	-11,100

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN (MPa)

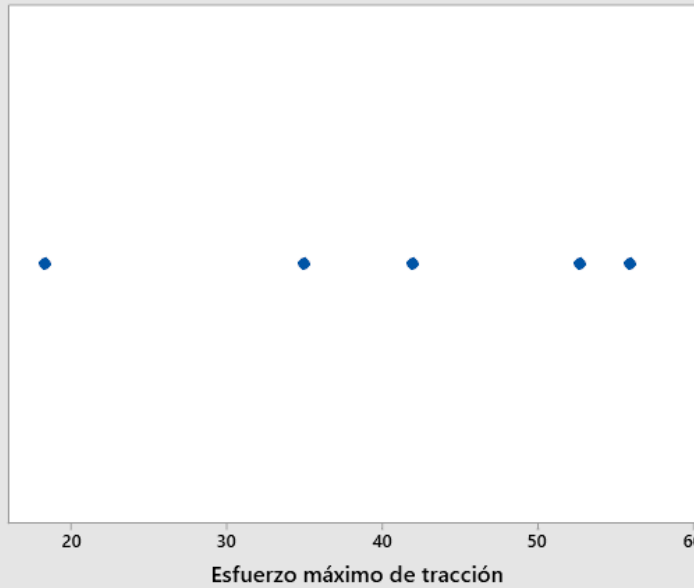


MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

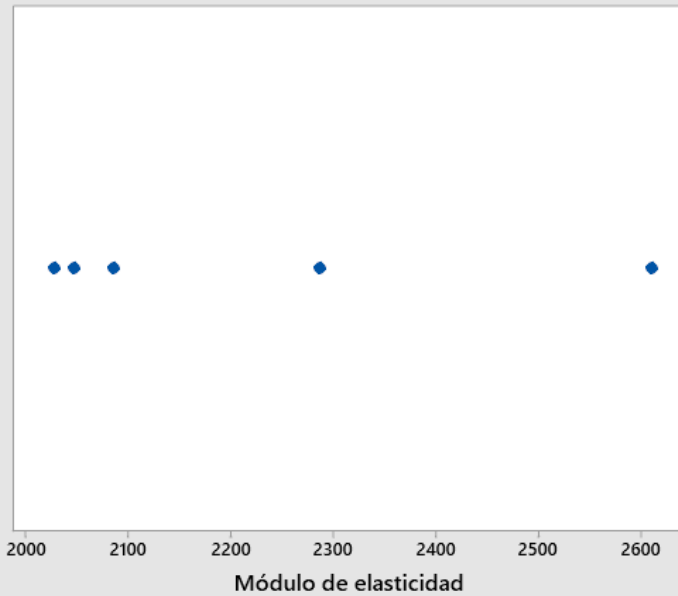
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo de tracción (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
18,25	55,88	1,49	0,403

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Gráfica de valores atípicos de Módulo de elasticidad (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
2026,39	2609,73	1,62	0,166

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> - La probeta 26 presenta falla angular en zona calibrada en parte superior. - Las probetas 27 y 29 presentan fallas angulares en zona calibrada en parte inferior. - La probeta 28 presenta falla lateral dentro del agarre en parte inferior. - La probeta 30 presenta falla lateral dentro del agarre en parte superior. 			
EVALUACIÓN			
No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.			
Esfuerzo máximo promedio (MPa):		40,730	
Módulo de elasticidad promedio (MPa):		2210,727	
Espesor promedio real (mm):		6,64	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Jorge Rodas.
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

3.1.5. Recolección y tabulación de datos de material compuesto ensayado a flexión bajo norma ASTM D 7264

Tabla 17. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FC (80-20) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a flexión.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	02/02/2021	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra - FICT Laboratorio de Geotecnia y Construcción		
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D7264	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	80%

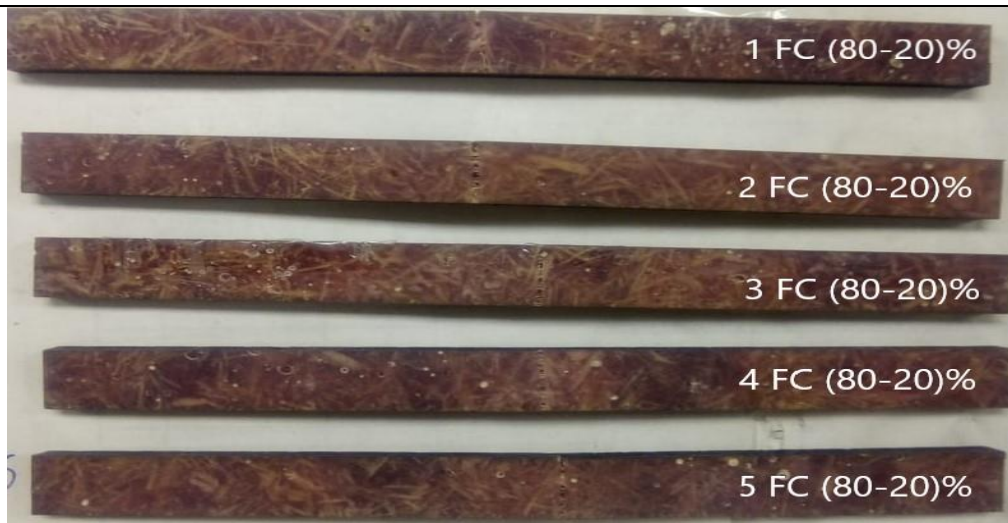
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	20%
Configuración:	Corta al azar	Dimensiones:	160*13*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm
Temperatura:	28°C	Distancia entre apoyos:	135 mm
Humedad:	80%	Velocidad de ensayo:	1 mm/min

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo a flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación máxima %	Tipo de falla
1	56,19	27,95	1644,118	9,015	1,70	TLB
2	48,32	22,98	1915,000	6,310	1,20	TLB
3	85,83	40,25	2563,694	8,163	1,57	TLB
4	85,35	39,14	2558,170	7,872	1,53	TSB
5	58,09	26,61	1774,000	7,741	1,50	TLB
Promedio \bar{x}	66,76	31,39	2090,996	7,820	1,50	-
Desviación estándar	17,58	7,81	439,561	0,979	0,18	-
Coefficiente de variación	26,34	24,89	21,022	12,524	12,11	-

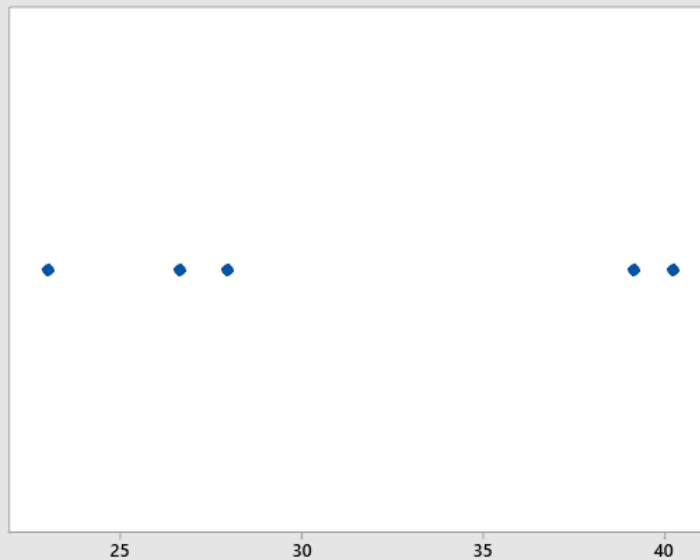
FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO
--



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

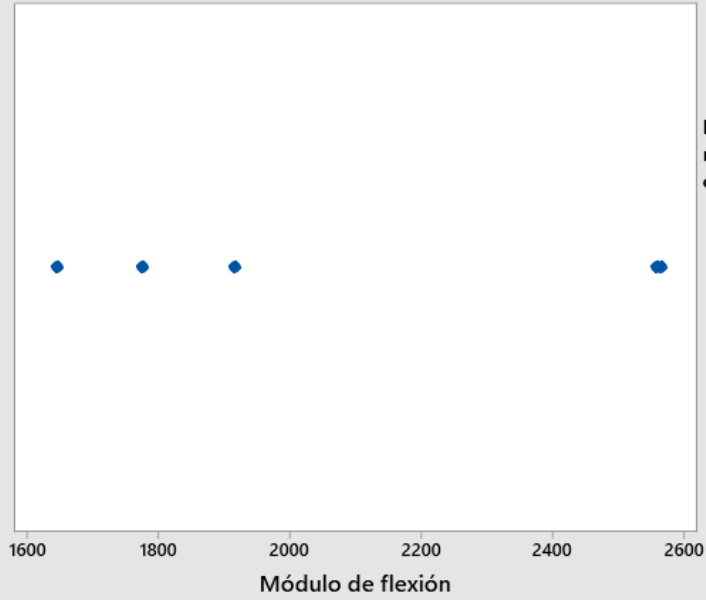
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo a flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Mín.	Máx.	G	P
22,98	40,25	1,13	1,000

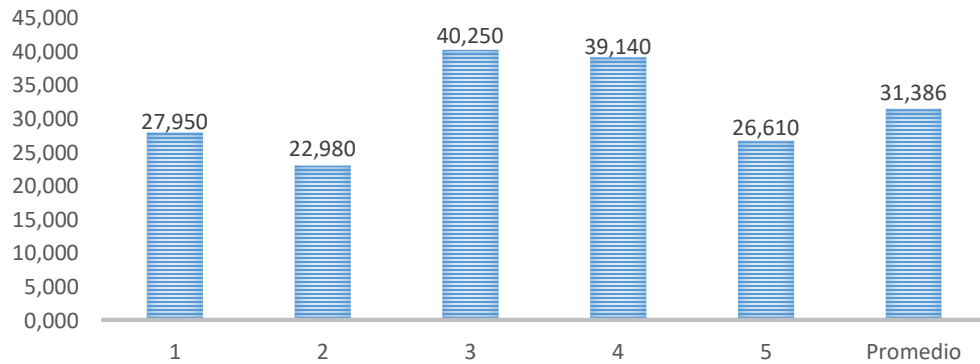
Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

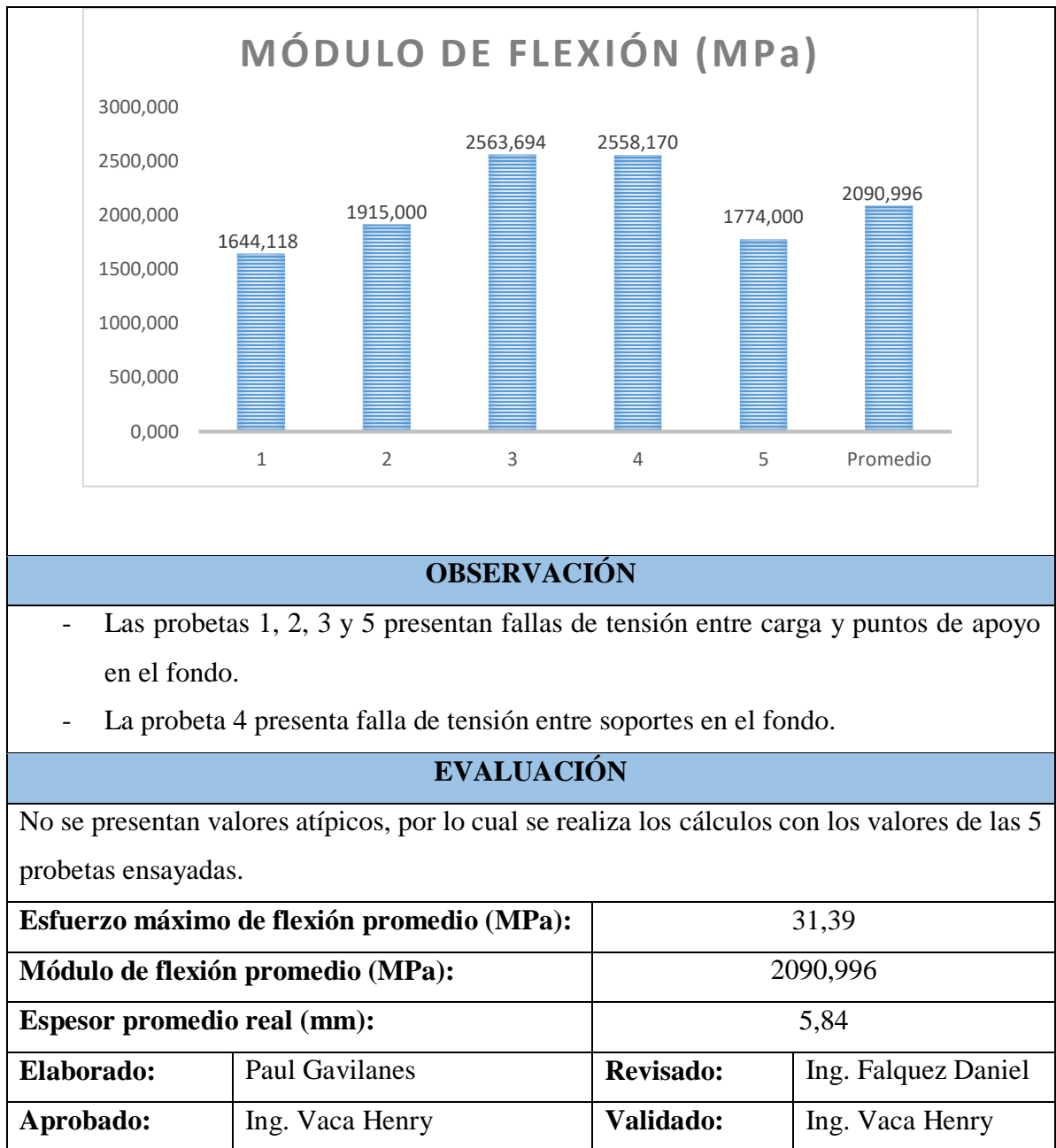
Gráfica de valores atípicos de Módulo de flexión (Metodo de Grubbs)



GRÁFICAS

ESFUERZO MÁXIMO A FLEXIÓN (MPa)





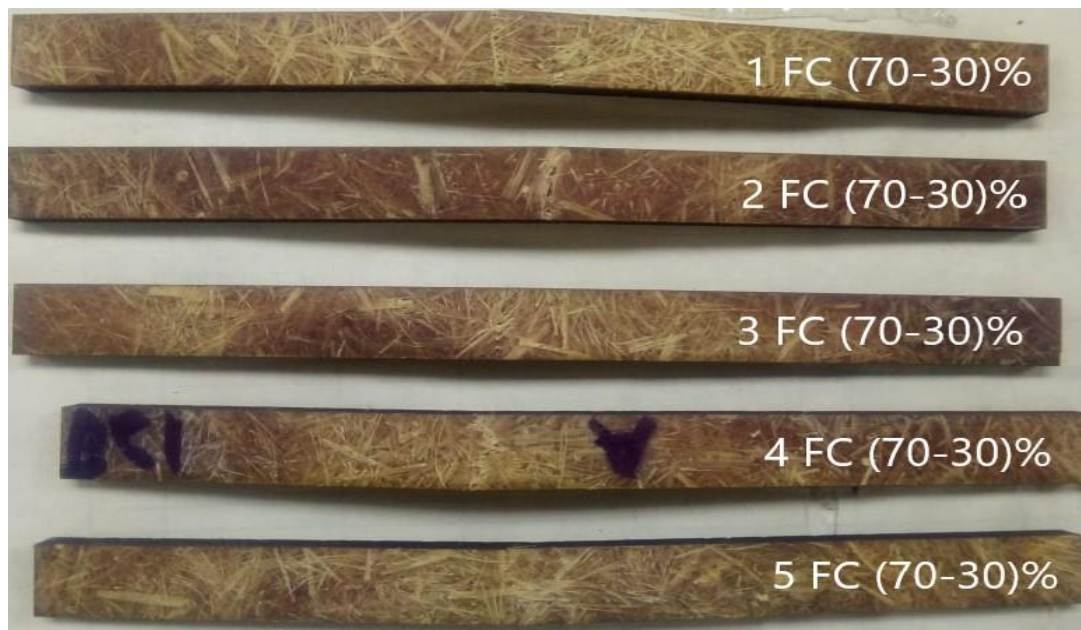
Fuente: Autor.

Tabla 18. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FC (70-30) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a flexión.						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	02/02/2021		Ciudad:	Guayaquil		
Lugar:	ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra - FICT Laboratorio de Geotecnia y Construcción					
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Norma:	ASTM D7264		Número de probetas:	5		
Matriz:	Resina poliéster		Fración volumétrica (M):	70%		
Refuerzo:	Fibra de chambira		Fración volumétrica (R):	30%		
Configuración:	Corta al azar		Dimensiones:	160*13*e (mm)		
Estratificación:	Manual		Espesor promedio:	6 mm		
Temperatura:	28°C		Distancia entre apoyos:	135 mm		
Humedad:	80%		Velocidad de ensayo:	1 mm/min		
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo a flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación máxima %	Tipo de falla
1	68,270	37,690	1239,803	17,089	3,04	TLB
2	54,840	29,470	2090,071	7,870	1,41	TSB
3	63,660	33,790	1806,952	10,264	1,87	TLB
4	85,430	46,400	1427,692	18,170	3,25	TLB
5	82,020	44,900	1656,827	15,123	2,71	TLB
Promedio \bar{x}	70,844	38,450	1644,269	13,703	2,46	-

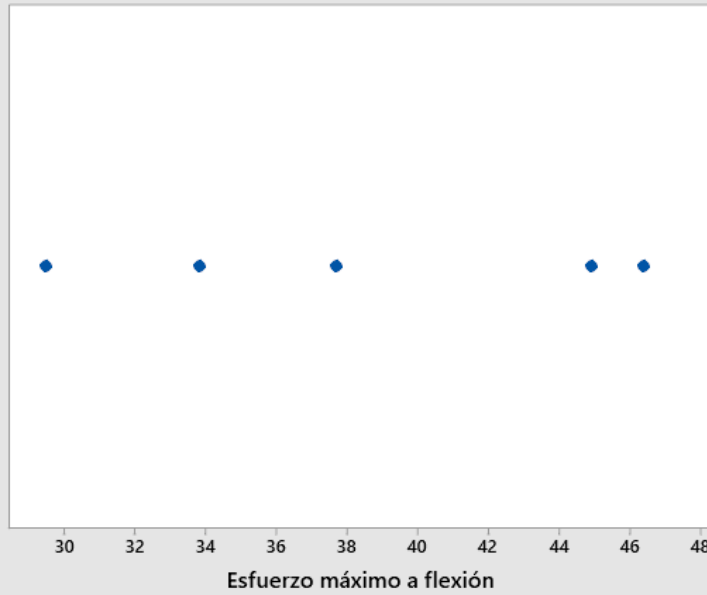
Desviación estándar	12,767	7,207	330,099	4,452	0,79	-
Coefficiente de variación	18,022	18,743	20,076	32,490	32,01	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

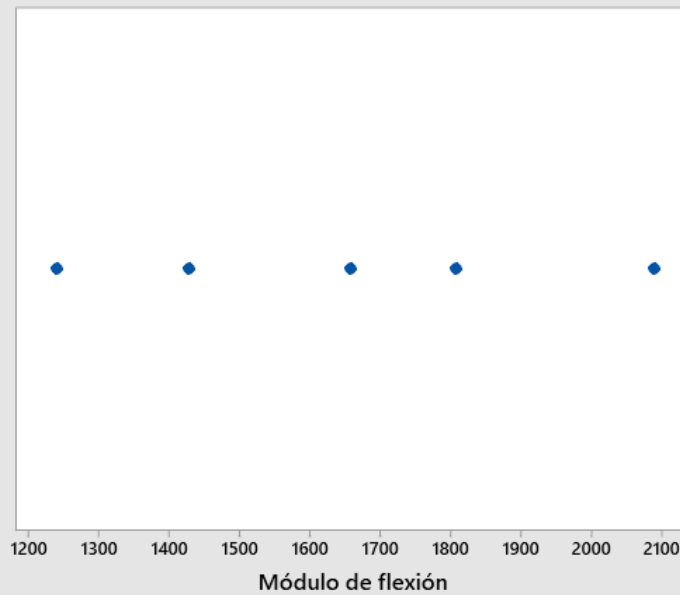
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo a flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
29,47	46,40	1,25	0,956

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

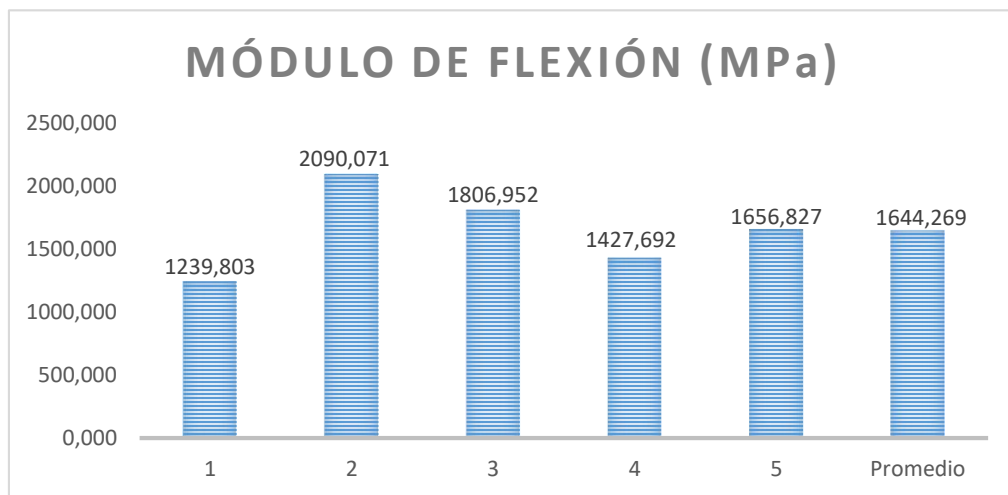
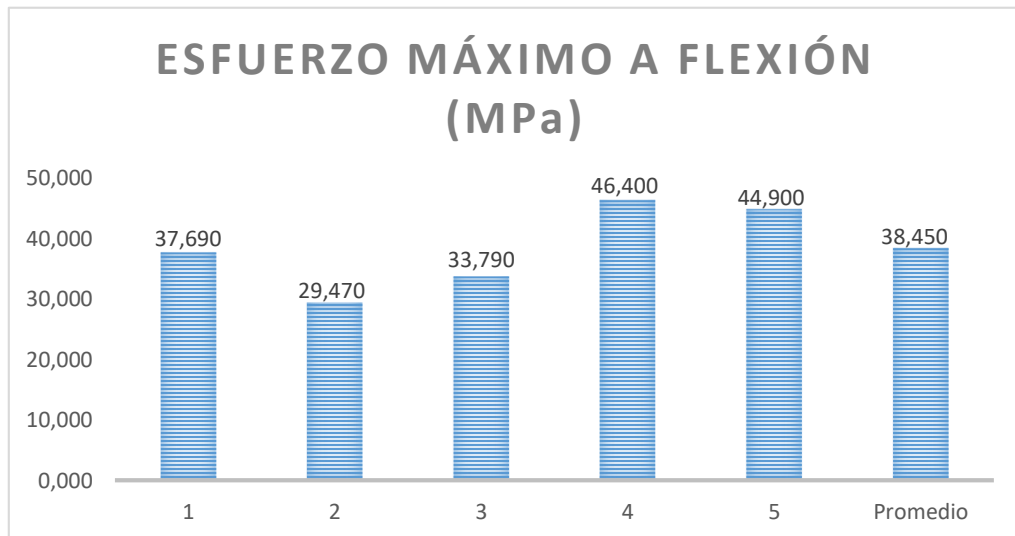
Gráfica de valores atípicos de Módulo de flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
1239,80	2090,07	1,35	0,701

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- Las probetas 1, 3, 4 y 5 presentan fallas de tensión entre carga y puntos de apoyo en el fondo.
- La probeta 2 presenta falla de tensión entre soportes en el fondo.

EVALUACIÓN

No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.

Esfuerzo máximo de flexión promedio (MPa):		38,45	
Módulo de flexión promedio (MPa):		1644,269	
Espesor promedio real (mm):		5,45	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Falquez Daniel
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

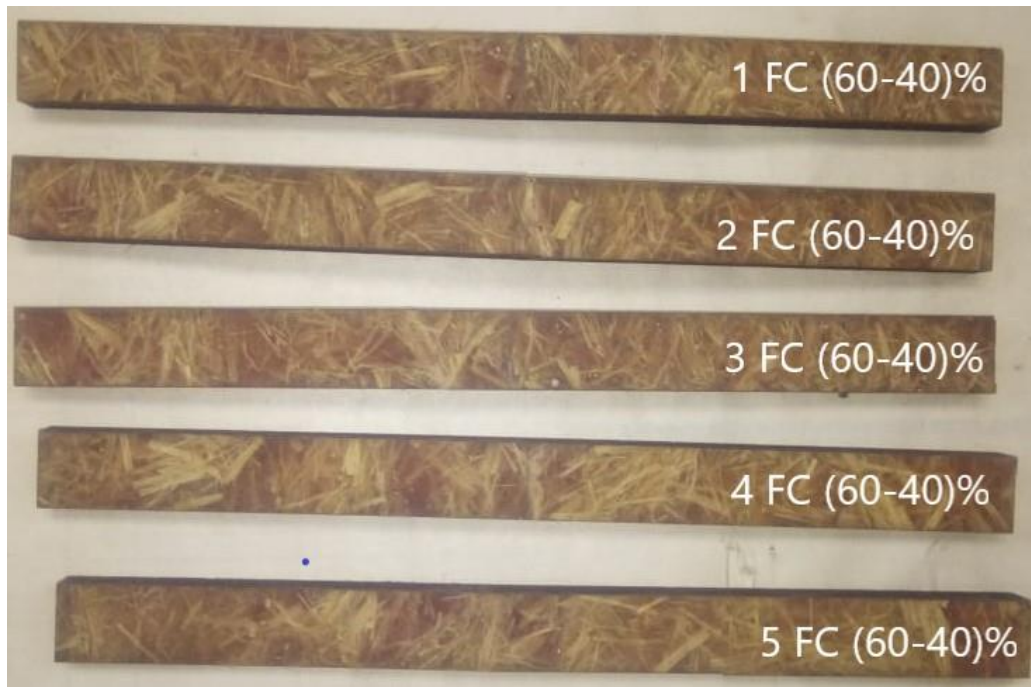
Fuente: Autor.

Tabla 19. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FC (60-40) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a flexión.						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	02/02/2021	Ciudad:	Guayaquil			
Lugar:	ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra - FICT Laboratorio de Geotecnia y Construcción					
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Norma:	ASTM D7264	Número de probetas:	5			
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	60%			
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	40%			
Configuración:	Corta al azar	Dimensiones:	160*13*e (mm)			
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm			
Temperatura:	28°C	Distancia entre apoyos:	135 mm			
Humedad:	80%	Velocidad de ensayo:	1 mm/min			
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo a flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación máxima %	Tipo de falla

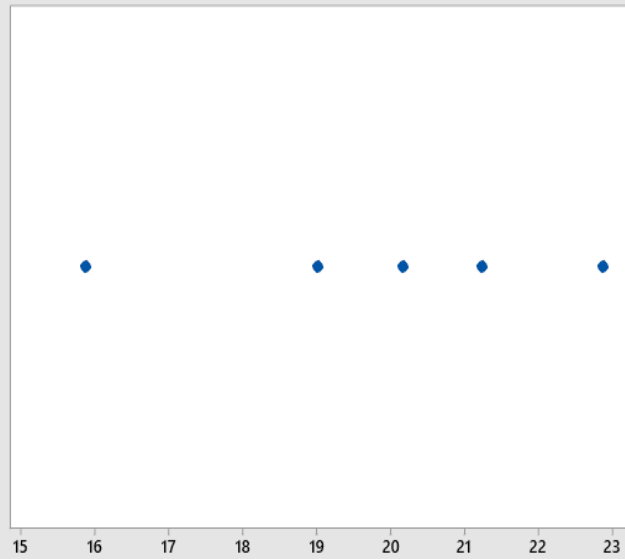
1	48,800	19,000	1484,375	6,088	1,28	TLB
2	51,340	20,170	1505,224	6,392	1,34	TLB
3	54,440	21,230	1302,454	7,746	1,63	TLB
4	37,910	15,870	1429,730	5,436	1,11	TSB
5	54,520	22,870	1094,258	10,275	2,09	TLB
Promedio \bar{x}	49,402	19,828	1363,208	7,187	1,49	-
Desviación estándar	6,851	2,631	169,779	1,921	0,38	-
Coefficiente de variación	13,868	13,269	12,454	26,721	25,75	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

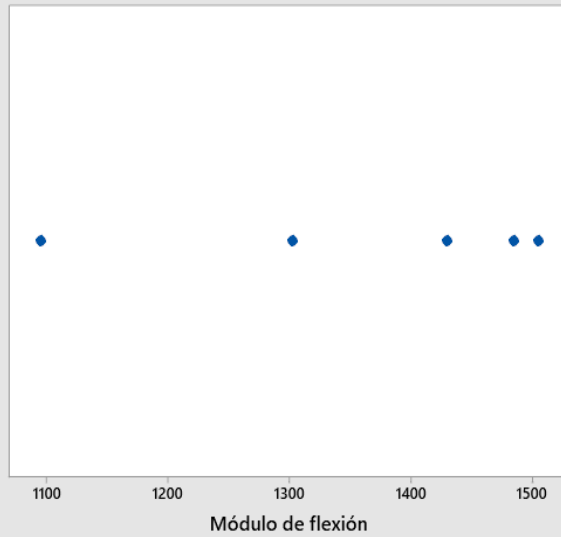
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo a flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
15,87	22,87	1,50	0,371

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

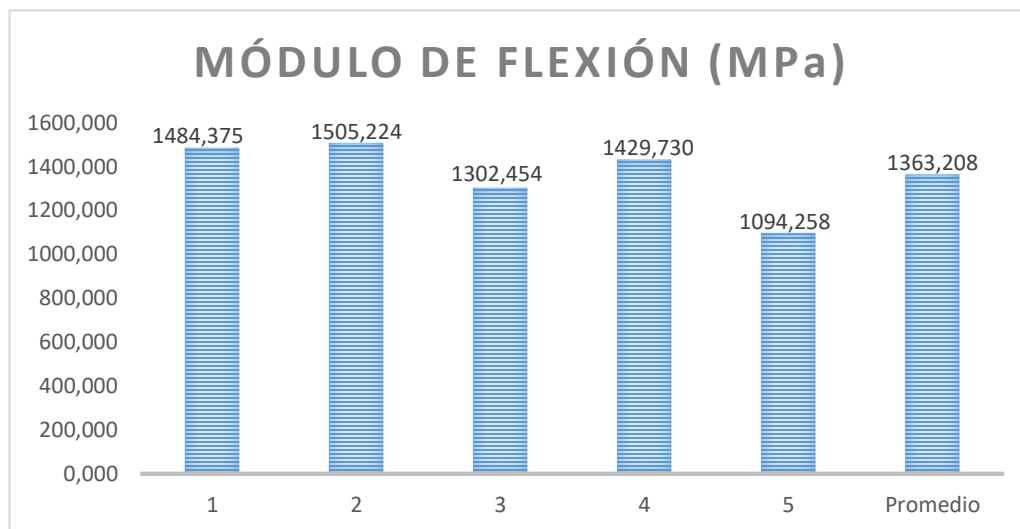
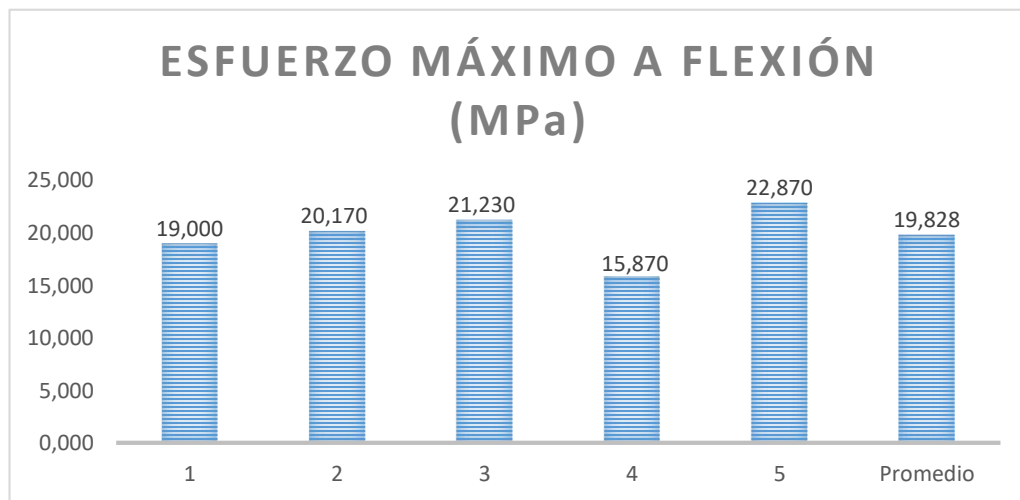
Gráfica de valores atípicos de Módulo de flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
1094,26	1505,22	1,58	0,228

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- Las probetas 1, 2, 3 y 5 presentan fallas de tensión entre carga y puntos de apoyo en el fondo.
- La probeta 4 presenta falla de tensión entre soportes en el fondo.

EVALUACIÓN

No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.

Esfuerzo máximo de flexión promedio (MPa):		19,83	
Módulo de flexión promedio (MPa):		1363,208	
Espesor promedio real (mm):		6,3	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Falquez Daniel
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

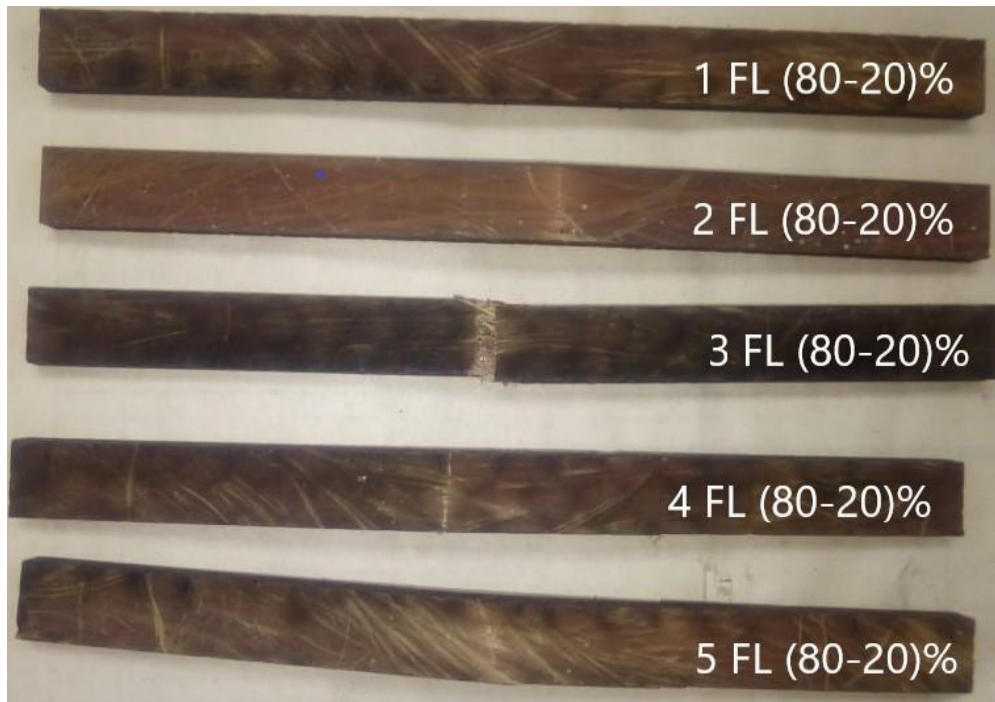
Fuente: Autor.

Tabla 20. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FL (80-20) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a flexión.						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	02/02/2021	Ciudad:	Guayaquil			
Lugar:	ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra - FICT Laboratorio de Geotecnia y Construcción					
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Norma:	ASTM D7264	Número de probetas:	5			
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	80%			
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	20%			
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	160*13*e (mm)			
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm			
Temperatura:	28°C	Distancia entre apoyos:	135 mm			
Humedad:	80%	Velocidad de ensayo:	1 mm/min			
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo a flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación máxima %	Tipo de falla

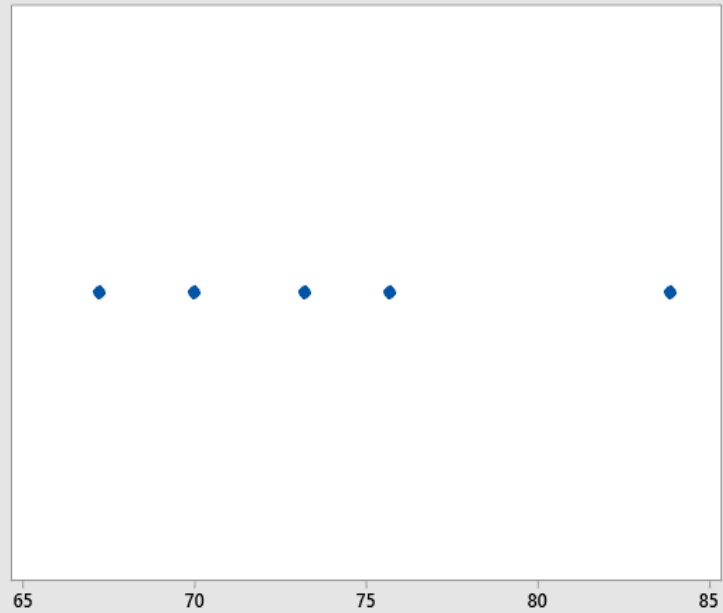
1	133,910	67,180	2105,956	17,144	3,19	TLB
2	137,170	69,970	2133,232	17,688	3,28	TLB
3	143,850	73,190	1838,945	21,496	3,98	TLB
4	165,460	83,860	1739,834	25,943	4,82	TLB
5	151,400	75,660	1556,790	26,003	4,86	TLB
Promedio \bar{x}	146,358	73,972	1874,951	21,655	4,03	-
Desviación estándar	12,609	6,391	245,383	4,284	0,8	-
Coefficiente de variación	8,615	8,640	13,087	19,782	19,9	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

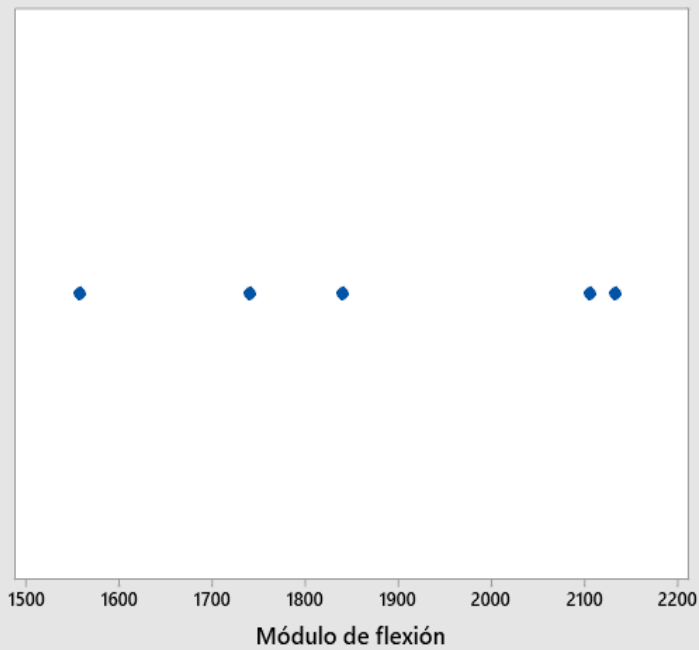
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo a flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Mín.	Máx.	G	P
67,18	83,86	1,55	0,292

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

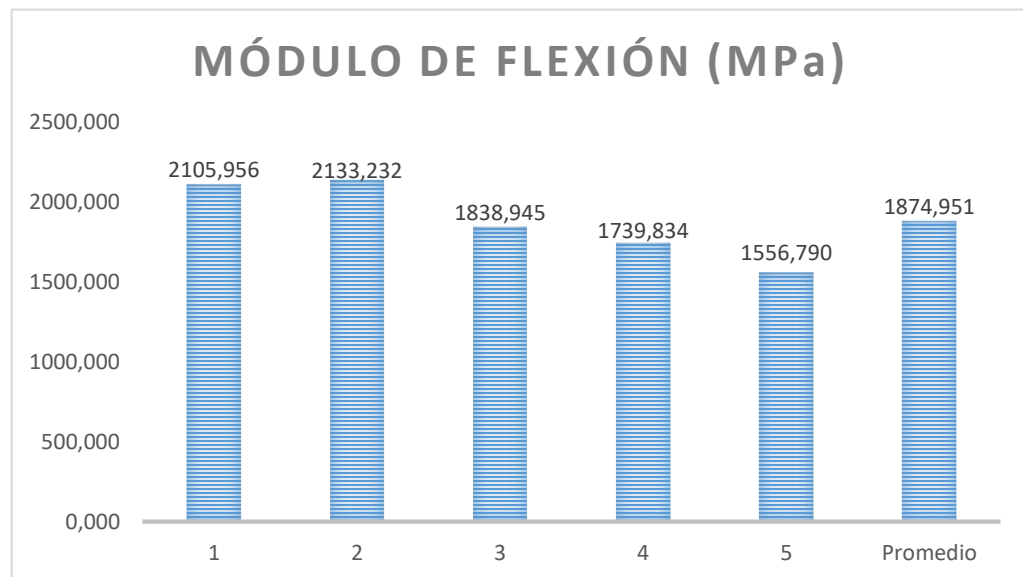
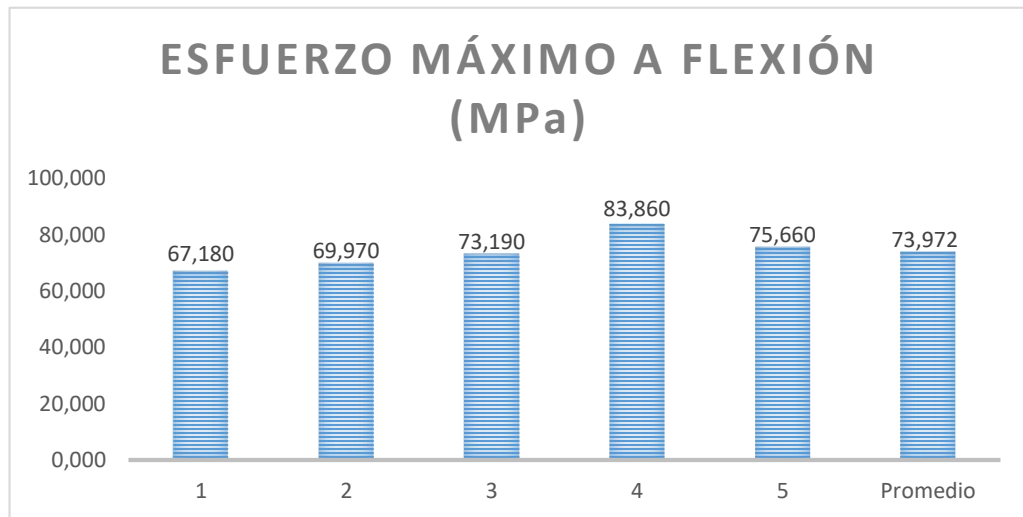
Gráfica de valores atípicos de Módulo de flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Mín.	Máx.	G	P
1556,79	2133,23	1,30	0,830

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- Todas las probetas presentan fallas de tensión entre carga y puntos de apoyo en el fondo.

EVALUACIÓN

No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.

Esfuerzo máximo de flexión promedio (MPa):		73,97	
Módulo de flexión promedio (MPa):		1874,951	
Espesor promedio real (mm):		5,7	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Falquez Daniel
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

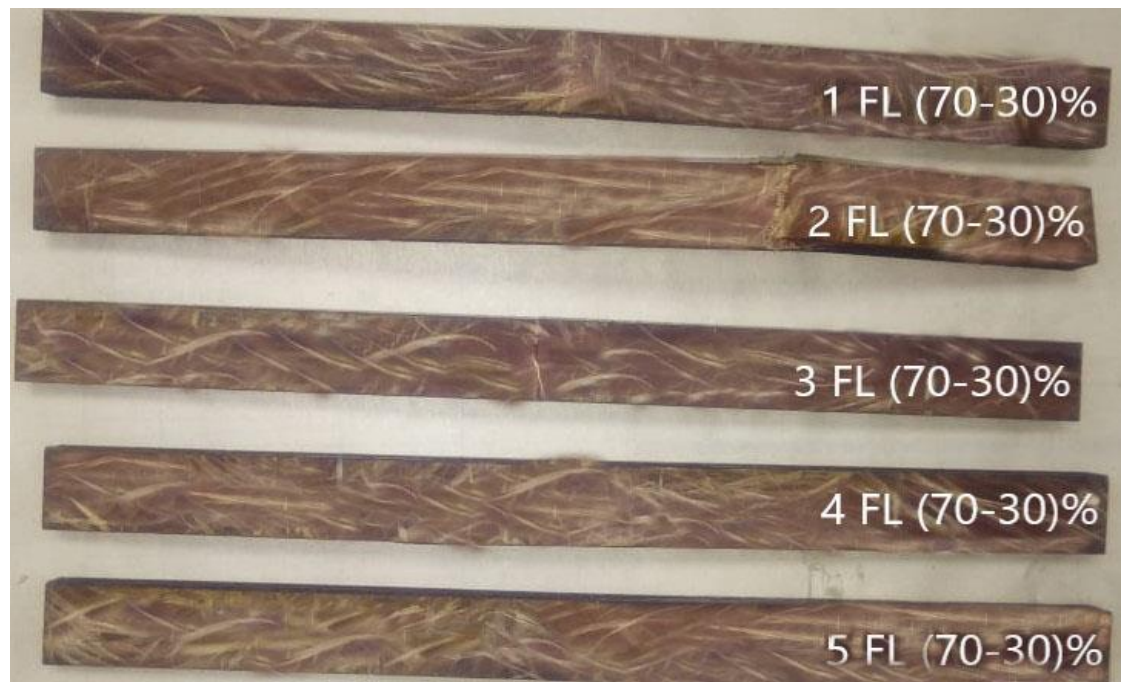
Fuente: Autor.

Tabla 21. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FL (70-30) %

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a flexión.						
DATOS INFORMATIVOS						
Fecha:	02/02/2021		Ciudad:	Guayaquil		
Lugar:	ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra - FICT Laboratorio de Geotecnia y Construcción					
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Norma:	ASTM D7264		Número de probetas:	5		
Matriz:	Resina poliéster		Fracción volumétrica (M):	70%		
Refuerzo:	Fibra de chambira		Fracción volumétrica (R):	30%		
Configuración:	Longitudinal		Dimensiones:	160*13*e (mm)		
Estratificación:	Manual		Espesor promedio:	6 mm		
Temperatura:	28°C		Distancia entre apoyos:	135 mm		
Humedad:	80%		Velocidad de ensayo:	1 mm/min		
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo a flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación máxima %	Tipo de falla

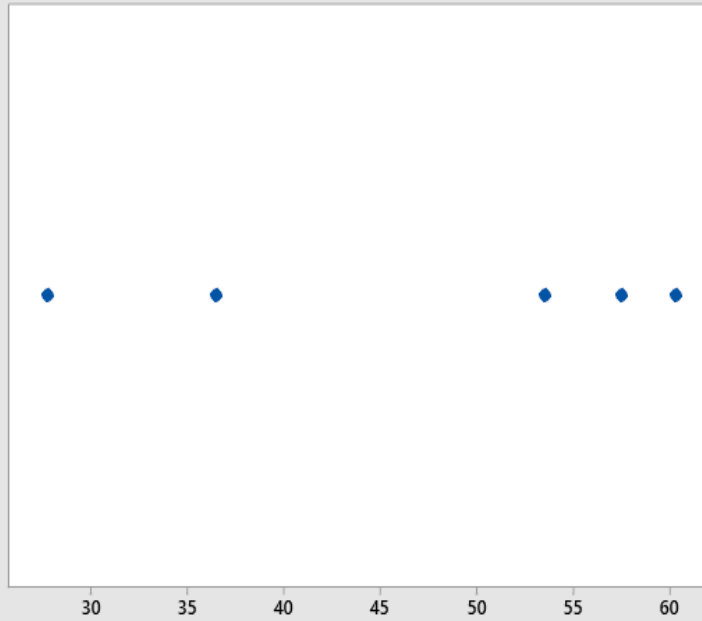
1	123,340	53,530	2268,220	11,735	2,36	TLB
2	141,700	57,470	1690,294	16,465	3,4	TLB
3	92,820	36,480	1665,753	10,431	2,19	TLB
4	144,010	60,310	2310,728	12,838	2,61	TLB
5	70,170	27,710	2430,702	5,405	1,14	TSB
Promedio \bar{x}	114,408	47,100	2073,140	11,375	2,34	-
Desviación estándar	32,109	14,249	365,681	4,022	0,82	-
Coefficiente de variación	28,065	30,253	17,639	35,360	34,98	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo a flexión (Metodo de Grubbs)

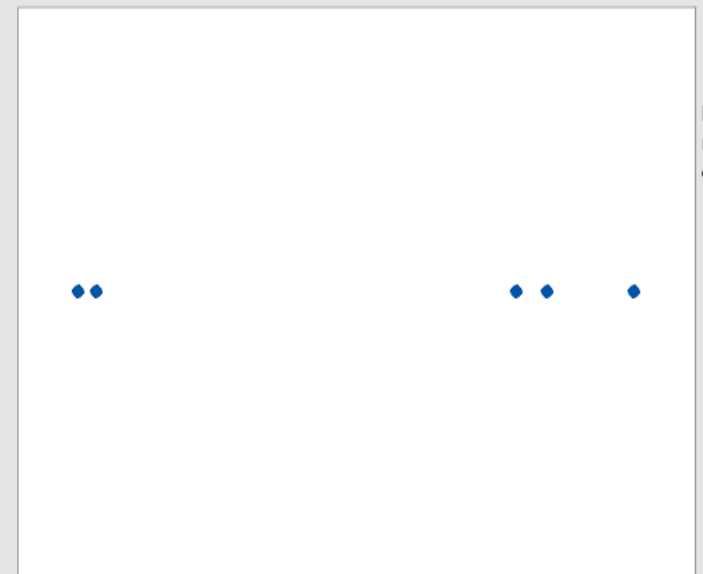


Prueba de Grubbs			
Mín.	Máx.	G	P
27,71	60,31	1,36	0,677

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Esfuerzo máximo a flexión

Gráfica de valores atípicos de Módulo de flexión (Metodo de Grubbs)

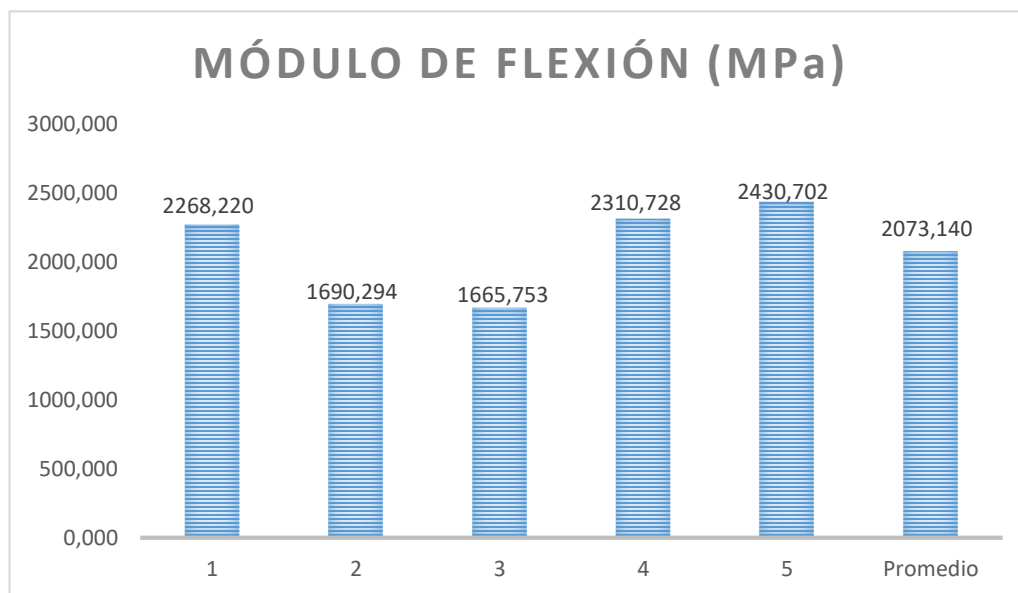
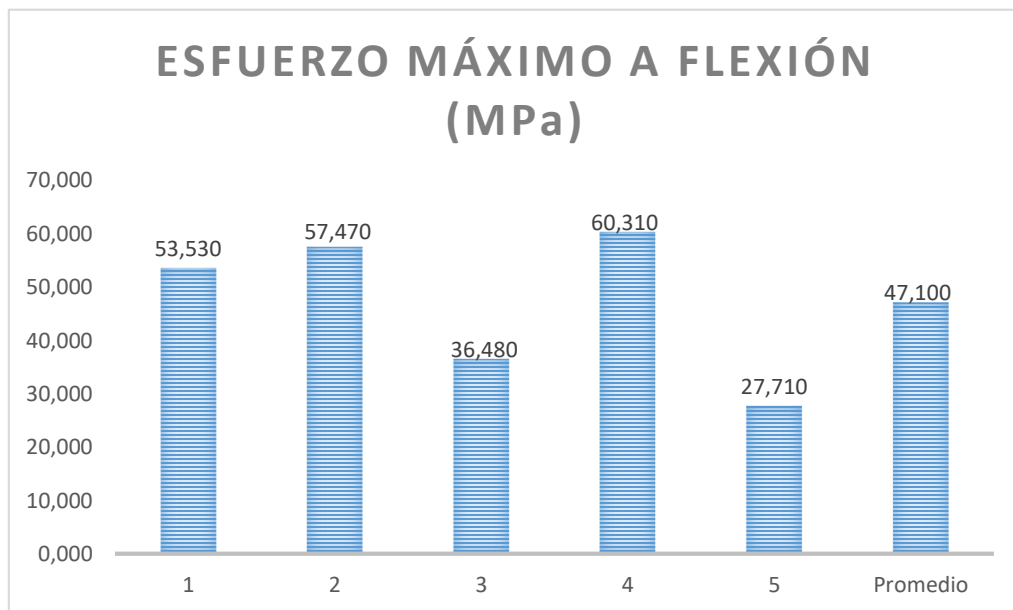


Prueba de Grubbs			
Mín.	Máx.	G	P
1665,75	2430,70	1,11	1,000

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

Módulo de flexión

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- Las probetas 1, 2, 3 y 4 presentan fallas de tensión entre carga y puntos de apoyo en el fondo.
- La probeta 5 presenta falla de tensión entre soportes en el fondo.

EVALUACIÓN			
No se presentan valores atípicos, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 5 probetas ensayadas.			
Esfuerzo máximo de flexión promedio (MPa):		47,10	
Módulo de flexión promedio (MPa):		2073,140	
Espesor promedio real (mm):		6,2	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Falquez Daniel
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 22. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a flexión FL (60-40) %

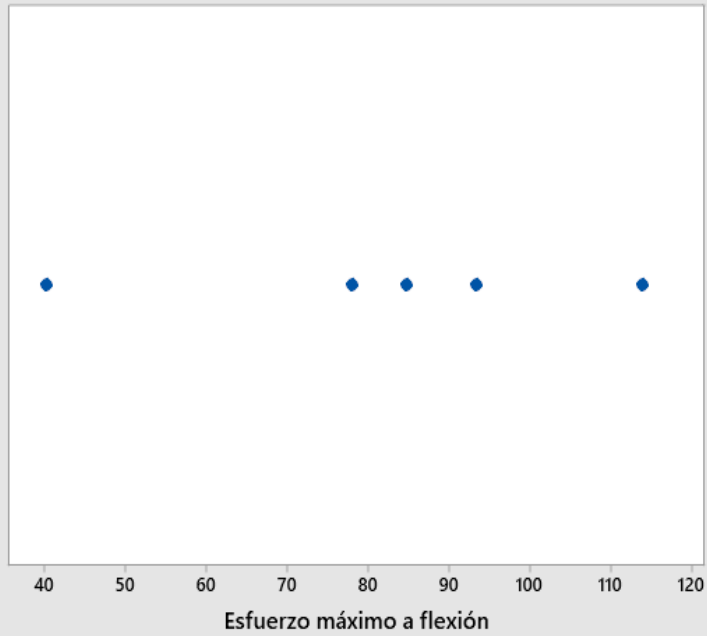
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a flexión.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	02/02/2021	Ciudad:	Guayaquil
Lugar:	ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra - FICT Laboratorio de Geotecnia y Construcción		
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D7264	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	60%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	40%
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	160*13*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm
Temperatura:	28°C	Distancia entre apoyos:	135 mm
Humedad:	80%	Velocidad de ensayo:	1 mm/min

RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo a flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación máxima %	Tipo de falla
1	223,480	84,760	2834,783	13,910	2,99	TLB
2	110,710	40,050	2153,226	8,476	1,86	TLB
3	315,270	113,910	2812,593	18,428	4,05	TSB
4	248,910	93,280	2727,485	15,797	3,42	TLB
5	197,090	78,010	2943,774	12,476	2,65	TLB
Promedio \bar{x}	219,092	82,002	2694,372	13,817	2,99	-
Desviación estándar	74,815	27,059	312,181	3,725	0,82	-
Coefficiente de variación	34,148	32,998	11,586	26,962	27,49	-
FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO						



DETERMINACIÓN DE VALORES ATÍPICOS

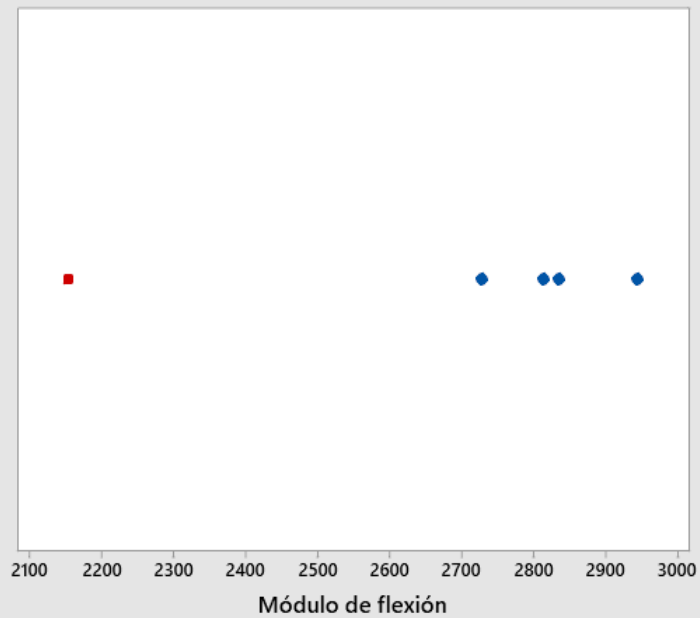
Gráfica de valores atípicos de Esfuerzo máximo a flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
40,05	113,91	1,55	0,286

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

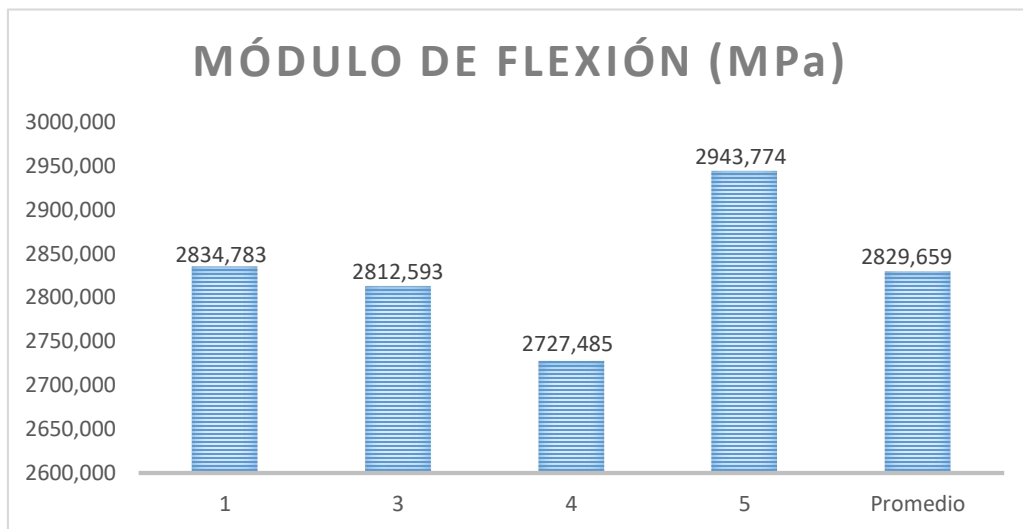
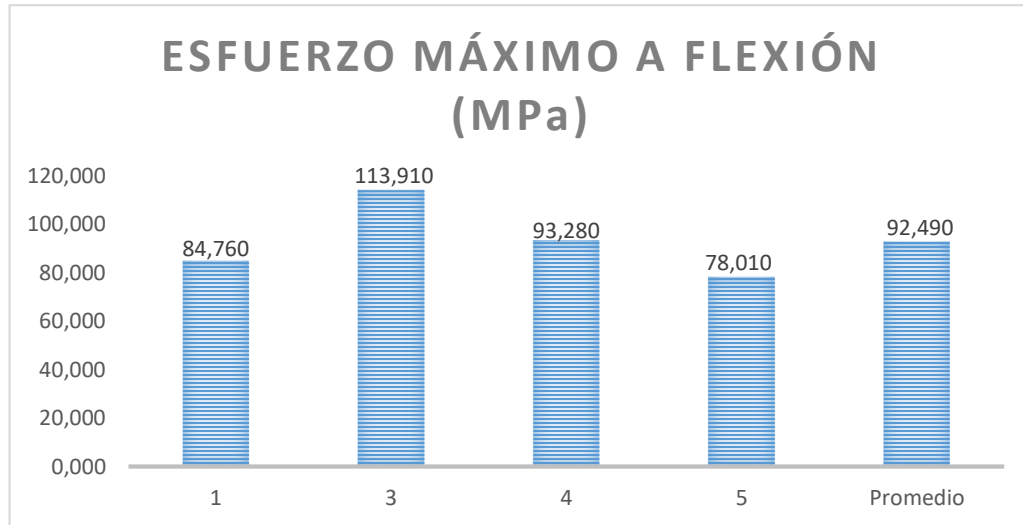
Gráfica de valores atípicos de Módulo de flexión (Metodo de Grubbs)



Prueba de Grubbs			
Min.	Máx.	G	P
2153,23	2943,77	1,73	0,033

Nota: Los valores atípicos se representan por puntos en color rojo.

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- Las probetas 1, 2, 4 y 5 presentan fallas de tensión entre carga y puntos de apoyo en el fondo.
- La probeta 3 presenta falla de tensión entre soportes en el fondo.


EVALUACIÓN			
Se identifica un valores atípico, por lo cual se realiza los cálculos con los valores de las 4 probetas descartando el valor inferior.			
Esfuerzo máximo de flexión promedio (MPa):		92,49	
Módulo de flexión promedio (MPa):		2829,659	
Espesor promedio real (mm):		6,5	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Falquez Daniel
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

3.1.6. Recolección y tabulación de datos de material compuesto ensayado a impacto bajo norma ASTM D 5628

Tabla 23. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Corta 80-20).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a impacto.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Máquina:	Máquina de ensayo a impacto por caída de dardo		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D5628	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	80%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	20%
Configuración:	Corta al azar	Dimensiones:	58*58*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm

Geometría del dardo:	FE	Diámetro del dardo (mm):	20			
Masa del dardo (Kg):	0,232	Temperatura:	21°C			
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Coficiente (f)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de falla evaluado
1	200	0,232	0,00980665	0,802458	No falla	-
2	400	0,232	0,00980665	1,604916	Falla posterior	A
3	600	0,232	0,00980665	2,407374	Falla	B
4	800	0,232	0,00980665	3,209832	Falla	B
5	1000	0,232	0,00980665	4,01229	Falla	B
Promedio \bar{x}	600	0,232	0,00980665	2,808603	-	-
Desviación estándar				1,0359688	-	-
Coficiente de variación				36,885556	-	-
FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO						
						

INICIO DE FALLA			
<ul style="list-style-type: none"> - La probeta 1 no presenta falla. - La probeta 2 presenta falla tipo A, grieta o grietas en una sola superficie (la placa aún podría contener agua). - Las probetas de 3 a 5 presentan fallas tipo B, con grietas que penetran en todo el espesor (el agua penetra a través de la placa). 			
Energía de fallo (J):		1,604916	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Vaca Henry
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 24. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Corta 70-30).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a impacto.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Máquina:	Máquina de ensayo a impacto por caída de dardo		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D5628	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	70%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	30%
Configuración:	Corta al azar	Dimensiones:	58*58*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm
Geometría del dardo:	FE	Diámetro del dardo (mm):	20

Masa del dardo (Kg):	0,232	Temperatura:	21°C			
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Coefficiente (f)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de falla evaluado
1	200	0,232	0,00980665	0,802458	No falla	-
2	400	0,232	0,00980665	1,604916	No falla	-
3	600	0,232	0,00980665	2,407374	Mancha blanca pequeña	A
4	800	0,232	0,00980665	3,209832	Falla	B
5	1000	0,232	0,00980665	4,01229	Falla	B
Promedio \bar{x}	600	0,232	0,00980665	3,209832	-	-
Desviación estándar				0,802458	-	-
Coefficiente de variación				25	-	-
FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO						

INICIO DE FALLA			
<ul style="list-style-type: none"> - Las probetas 1 y 2 no presentan falla. - La probeta 3 presenta falla tipo A, grieta o grietas en una sola superficie (la placa aún podría contener agua). - Las probetas 4 y 5 presentan fallas tipo B, con grietas que penetran en todo el espesor (el agua penetra a través de la placa). 			
Energía de fallo (J):		3,20983	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Vaca Henry
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 25. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Corta 60-40).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a impacto.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Máquina:	Máquina de ensayo a impacto por caída de dardo		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D5628	Número de probetas:	5
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	60%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	40%
Configuración:	Corta al azar	Dimensiones:	58*58*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm
Geometría del dardo:	FE	Diámetro del dardo (mm):	20

Masa del dardo (Kg):	0,232	Temperatura:	21°C			
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Coefficiente (f)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de falla evaluado
1	200	0,232	0,00980665	0,802458	No falla	-
2	400	0,232	0,00980665	1,604916	No falla	-
3	600	0,232	0,00980665	2,407374	Fisura posterior	A
4	800	0,232	0,00980665	3,209832	Mancha blanca pequeña	A
5	1000	0,232	0,00980665	4,01229	Mancha blanca pequeña	A
Promedio \bar{x}	600	0,232	0,00980665	3,209832	-	-
Desviación estándar				0,802458	-	-
Coefficiente de variación				25	-	-
FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO						

			
INICIO DE FALLA			
<ul style="list-style-type: none"> - Las probetas 1 y 2 no presentan falla. - Las probetas 3, 4 y 5 presentan falla tipo A, grieta o grietas en una sola superficie (la placa aún podría contener agua). 			
Energía de fallo (J):		4,465512	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Vaca Henry
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 26. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Longitudinal 80-20).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a impacto.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Máquina:	Máquina de ensayo a impacto por caída de dardo		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Norma:	ASTM D5628	Número de probetas:	5

Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	80%
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	20%
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	58*58*e (mm)
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm
Geometría del dardo:	FE	Diámetro del dardo (mm):	20
Masa del dardo (Kg):	0,232	Temperatura:	21°C

RESULTADOS DEL ENSAYO

Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Coficiente (f)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de falla evaluado
1	200	0,232	0,00980665	0,802458	No falla	-
2	400	0,232	0,00980665	1,604916	Mancha blanca pequeña	A
3	600	0,232	0,00980665	2,407374	Falla+hundimiento	A
4	800	0,232	0,00980665	3,209832	Falla+hundimiento	A
5	1000	0,232	0,00980665	4,01229	Falla+hundimiento	A
Promedio \bar{x}	600	0,232	0,00980665	2,808603	-	-
Desviación estándar				1,0359688	-	-
Coficiente de variación				36,885556	-	-

FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO



INICIO DE FALLA

- La probeta 1 no presentan falla.
- La probeta 2 presenta una mancha blanca provocada por el impacto generando una falla tipo A, grieta o grietas en una sola superficie (la placa aún podría contener agua).
- Las probetas de 3 a 5 presentan falla tipo A, grieta o grietas en una sola superficie (la placa aún podría contener agua).

Energía de fallo (J):		1,604916	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Vaca Henry
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 27. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Longitudinal 70-30).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a impacto.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Máquina:	Máquina de ensayo a impacto por caída de dardo		

PARÁMETROS DE ENSAYO						
Norma:	ASTM D5628	Número de probetas:	5			
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	70%			
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	30%			
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	58*58*e (mm)			
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm			
Geometría del dardo:	FE	Diámetro del dardo (mm):	20			
Masa del dardo (Kg):	0,232	Temperatura:	21°C			
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Coficiente (f)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de falla evaluado
1	200	0,232	0,00980665	0,802458	No falla	-
2	400	0,232	0,00980665	1,604916	No falla	-
3	600	0,232	0,00980665	2,407374	Falla+hun dimiento	A
4	800	0,232	0,00980665	3,209832	Falla+hun dimiento	A
5	1000	0,232	0,00980665	4,01229	Falla	D
Promedio \bar{x}	600	0,232	0,00980665	3,209832	-	-
Desviación estándar				0,802458	-	-
Coficiente de variación				25	-	-
FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO						



INICIO DE FALLA

- Las probetas 1 y 2 no presentan falla.
- Las probetas 3 y 4 presentan falla tipo A con hundimiento, con grieta o grietas en una sola superficie (la placa aún podría contener agua).
- La probeta 5 presenta falla tipo D, con falla dúctil, la barra es penetrada pero no destruye en partes a la probeta.

Energía de fallo (J):		2,407374	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Vaca Henry
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

Tabla 28. Recolección y tabulación de datos de probetas ensayadas a impacto (F. Longitudinal 60-40).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección y tabulación de datos de probetas sometidas a impacto.			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		

Máquina:	Máquina de ensayo a impacto por caída de dardo					
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Norma:	ASTM D5628	Número de probetas:	5			
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica (M):	60%			
Refuerzo:	Fibra de chambira	Fracción volumétrica (R):	40%			
Configuración:	Longitudinal	Dimensiones:	58*58*e (mm)			
Estratificación:	Manual	Espesor promedio:	6 mm			
Geometría del dardo:	FE	Diámetro del dardo (mm):	20			
Masa del dardo (Kg):	0,232	Temperatura:	21°C			
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Coefficiente (f)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de falla evaluado
1	200	0,232	0,00980665	0,802458	No falla	-
2	400	0,232	0,00980665	1,604916	No falla	-
3	600	0,232	0,00980665	2,407374	Falla	A
4	800	0,232	0,00980665	3,209832	Falla	A
5	1000	0,232	0,00980665	4,01229	Falla	C
Promedio \bar{x}	600	0,232	0,00980665	3,611061	-	-
Desviación estándar				0,5674235	-	-
Coefficiente de variación				15,713484	-	-
FOTOGRAFÍAS DE PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO						



INICIO DE FALLA

- Las probetas 1, 2 y 3 no presentan falla.
- Las probetas 4 y 5 presentan falla tipo A con hundimiento, con grieta o grietas en una sola superficie (la placa aún podría contener agua).

Energía de fallo (J):		2,407374	
Elaborado:	Paul Gavilanes	Revisado:	Ing. Vaca Henry
Aprobado:	Ing. Vaca Henry	Validado:	Ing. Vaca Henry

Fuente: Autor.

3.2. Análisis de resultados

Se procede a compilar los valores promedios de los grupos, se debe recalcar que para la determinación de valores promedios se excluyeron valores atípicos determinados mediante el método de Grubbs. En los ensayos de flexión y tracción, los factores analizados son los esfuerzos máximos y sus módulos de flexión y elasticidad respectivamente. Para el caso del ensayo por impacto la constituyente determinante es el análisis de la energía de impacto generada.

3.2.1. Análisis de resultados promedios de esfuerzos máximos a flexión y tracción

Se detallan los resultados promedios de los diferentes grupos de probetas que se ensayaron a tracción y flexión en base a lo que dictamina la normativa ASTM para materiales compuestos, en la siguiente figura 40 se expresa los valores de esfuerzos máximos de cada grupo.

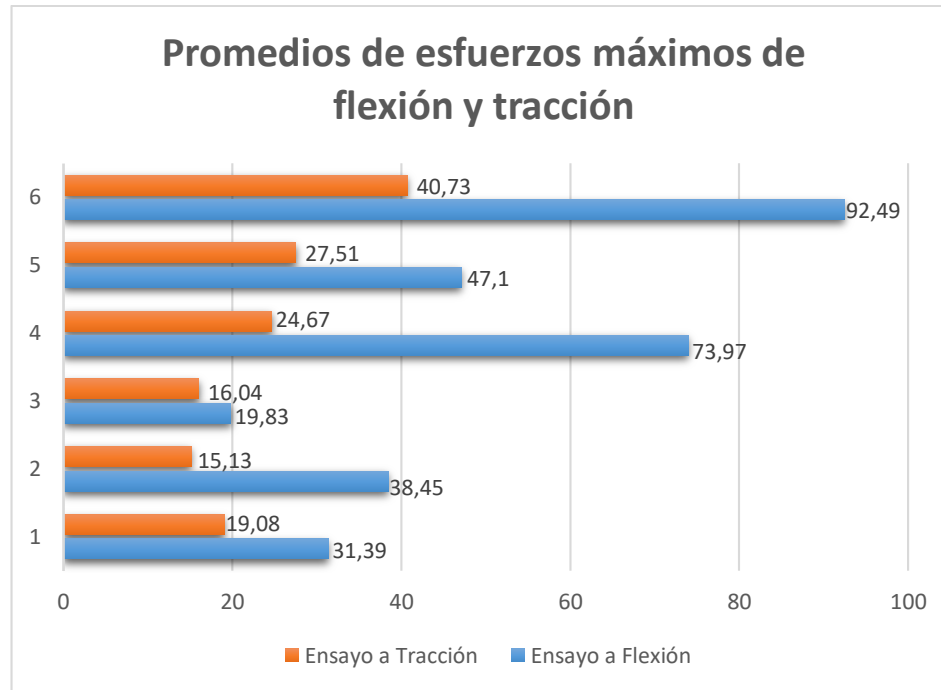


Figura 40. Resultados promedios de esfuerzos máximos a flexión y tracción.

Fuente: Autor.

En la siguiente tabla 29 se identifica los mejores resultados obtenidos para el esfuerzo máximo de flexión, que pertenece al grupo 6 de probetas con una configuración de fibra longitudinal y un 60% de matriz con 40% de refuerzo que alcanza un valor promedio de 92,49 MPa. El mejor resultado en esfuerzo máximo a tracción pertenece al grupo 6 de igual manera con un valor promedio de 40,73 MPa.

Tabla 29. Identificación de mejores promedios de esfuerzos máximos a flexión y tracción.

Grupo de probetas	1	2	3	4	5	6
Tipo de fibra	Fibra Corta	Fibra Corta	Fibra Corta	Fibra Longitudinal	Fibra Longitudinal	Fibra Longitudinal
Fracción volumétrica (matriz-refuerzo)%	(80-20)%	(70-30)%	(60-40)%	(80-20)%	(70-30)%	(60-40)%
Esfuerzo máximo a flexión (MPa)	31,39	38,45	19,83	73,97	47,10	92,49
Esfuerzo máximo a tracción (MPa)	19,083	15,131	16,039	24,674	27,514	40,730

Fuente: Autor.

3.2.2. Análisis de resultados promedios de módulos de flexión y elasticidad

Los resultados promedios de los diferentes grupos de probetas que se ensayaron a tracción y flexión en base a lo que dictamina la normativa ASTM para materiales compuestos, en la siguiente figura 41 se expresa los valores de módulos de elasticidad y flexión de cada grupo respectivamente.

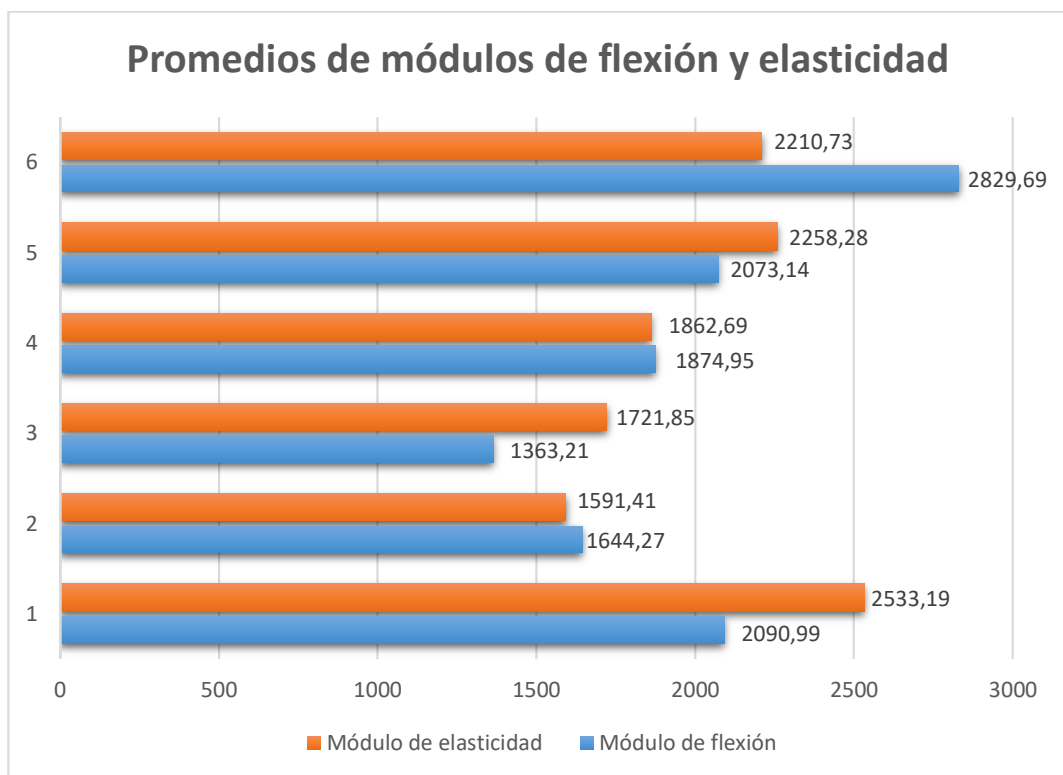


Figura 41. Resultados promedios de módulos de elasticidad y flexión.

Fuente: Autor.

En la siguiente tabla 30 se identifica los resultados dominantes obtenidos para el módulo de flexión, que pertenece al grupo 6 de probetas con una configuración de fibra longitudinal y un 60% de matriz con 40% de refuerzo que alcanza un valor promedio de 2829,69 MPa. El mejor resultado en módulo de elasticidad pertenece al grupo 1 de probetas con una configuración de fibra corta y un 80% de matriz con 20% de refuerzo el cual denota con un valor promedio de 2533,19 MPa.

Tabla 30. Identificación de mejores promedios de módulos de flexión y elasticidad.

Grupo de probetas	1	2	3	4	5	6
Tipo de fibra	Fibra Corta	Fibra Corta	Fibra Corta	Fibra Longitudinal	Fibra Longitudinal	Fibra Longitudinal
Fracción volumétrica	(80-20)%	(70-30)%	(60-40)%	(80-20)%	(70-30)%	(60-40)%

(matriz-refuerzo)%						
Módulo de flexión (MPa)	2090,99	1644,27	1363,21	1874,95	2073,14	2829,69
Módulo de elasticidad (MPa)	2533,19	1591,41	1721,85	1862,69	2258,28	2210,73

Fuente: Autor.

3.2.3. Análisis de resultados de energía de fallo (J)

En la siguiente tabla 31 y en la figura 42 se detallan los resultados de los grupos ensayados a impacto, en el cual se identifica que la mejor configuración es de fibra corta con fracción volumétrica de 60% de matriz poliéster con 40% de refuerzo de fibra de chambira con una energía de fallo de 4,46512 (J).

Tabla 31. Comparación de datos de ensayo de impacto.

Grupo de probetas	1	2	3	4	5	6
Tipo de fibra	Fibra Corta	Fibra Corta	Fibra Corta	Fibra Longitudinal	Fibra Longitudinal	Fibra Longitudinal
Fracción volumétrica (matriz-refuerzo)%	(80-20)%	(70-30)%	(60-40)%	(80-20)%	(70-30)%	(60-40)%
Energía de fallo (J)	1,605	3,209	4,466	1,605	2,407	2,407

Fuente: Autor.

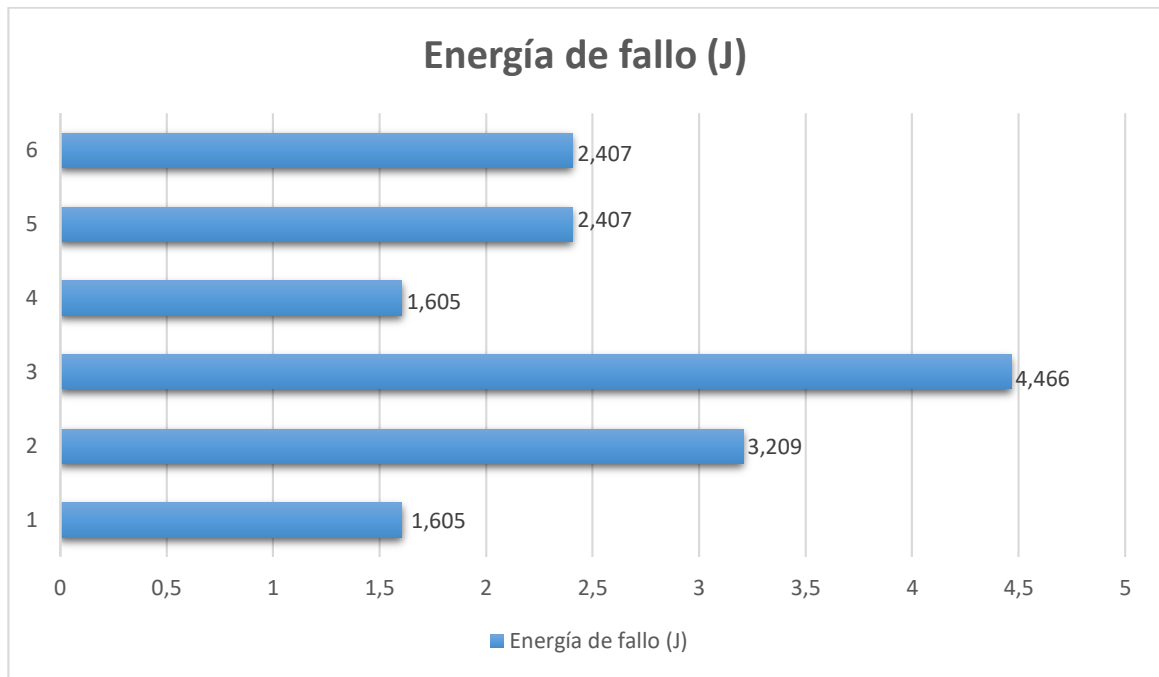


Figura 42. energía de fallo de grupos ensayados a impacto.

Fuente: Autor.

3.3. Verificación de hipótesis

Una vez que se tiene los resultados tabulados e interpretados, el método empleado para la verificación de la hipótesis es la distribución t-Student debido a que se analizan los distintos grupos de probetas con respecto a la disposición del refuerzo y su fracción volumétrica respectiva.

Hipótesis Nula (H_0)

Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira no se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para aplicaciones industriales.

Hipótesis Alternativa (H_a)

Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para aplicaciones industriales.

Cálculos de probabilidad y grados de libertad

Se efectúa por medio de un ensayo bilateral de doble cola para la verificación de la hipótesis, con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%.

Se procede a realizar el cálculo de la probabilidad empleando la siguiente ecuación.

$$p = \frac{\alpha}{100}$$

Teniendo:

α = nivel de significancia

p = probabilidad

$$p = \frac{5}{100}$$

$$p = 0,05$$

Como el análisis se efectuará con un ensayo bilateral de dos colas, la probabilidad se divide para dos.

$$p = \frac{0,05}{2}$$

$$p = 0,025$$

Para el cálculo de los grados de libertad se emplea la siguiente ecuación.

$$\text{GDL} = (n + m - 2)$$

Teniendo:

GDL = grados de libertad

n = número de muestras

$$\text{GDL} = (5 + 5 - 2)$$

$$\text{GDL} = 8$$

Determinación de t-tabulada

Una vez determinado la probabilidad y los grados de libertad, determinamos el valor t-tabulado mediante la utilización de la tabla t-Student como se muestra en la siguiente figura 43.

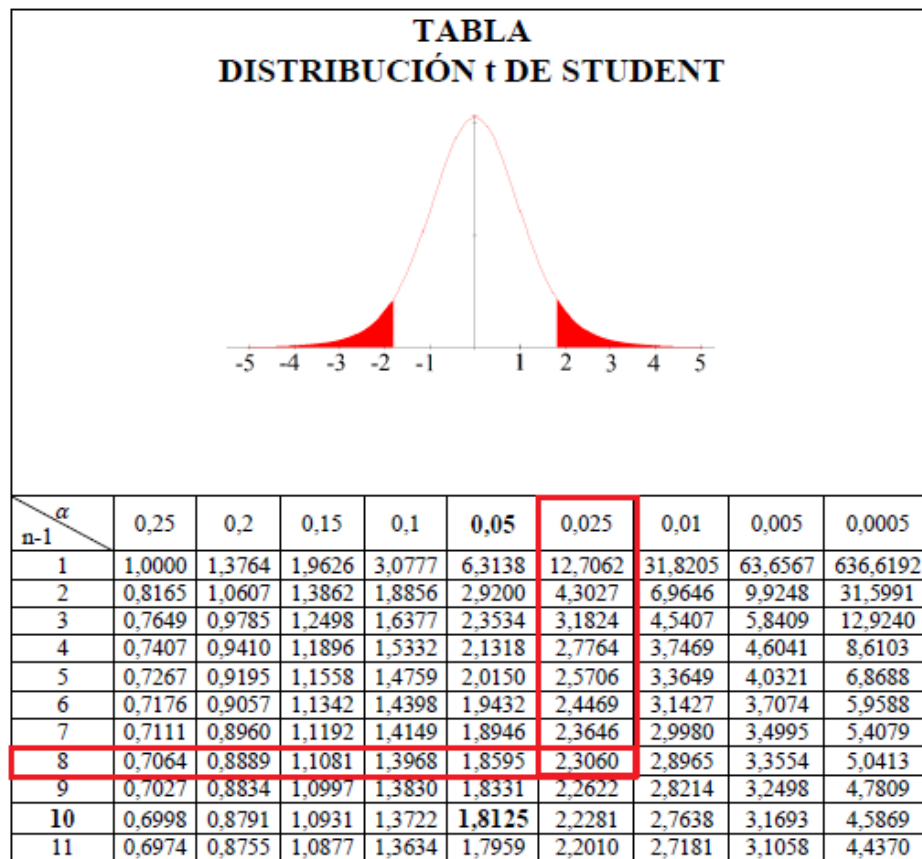


Figura 43. Tabla de distribución t-Student [15].

Por lo tanto se tiene un $t_{tab} = \pm 2,306$, el cual nos brinda un rango para aceptar la hipótesis alternativa H_a (Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para posibles futuras aplicaciones industriales). Caso contrario de

caer fuera de este rango de valores se procede a aceptar la hipótesis nula H_0 (Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira no se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para posibles futuras aplicaciones industriales).

3.3.1. Verificación de la hipótesis de dos grupos de probetas ensayadas a tracción con mejores propiedades

Los grupos que presentan mejores características mecánicas con respecto al esfuerzo máximo a tracción al ser ensayadas son, el grupo 5 (Fibra longitudinal de 70% matriz con 30% refuerzo) y 6 (Fibra longitudinal de 60% matriz con 40% refuerzo). En la siguiente tabla 32 se muestra los valores obtenidos de las 5 probetas de cada grupo.

Tabla 32. Datos de grupo 5 y 6 para analizar hipótesis de ensayo a tracción.

Nº. de Probeta	Esfuerzo máx. a tracción (MPa)	Esfuerzo máx. a tracción (MPa)
	Grupo 5	Grupo 6
1	46,91	52,69
2	9,32	55,88
3	18,59	18,25
4	28,82	34,95
5	33,93	41,88
Promedio	27,514	40,730
Desviación estándar	14,401	15,104

Fuente: Autor.

Con la ayuda del software MINITAB como se muestra en la figura 44, determinamos si nuestros valores están distribuidos normalmente en la cual se aplica la prueba de Shapiro - Wilk.

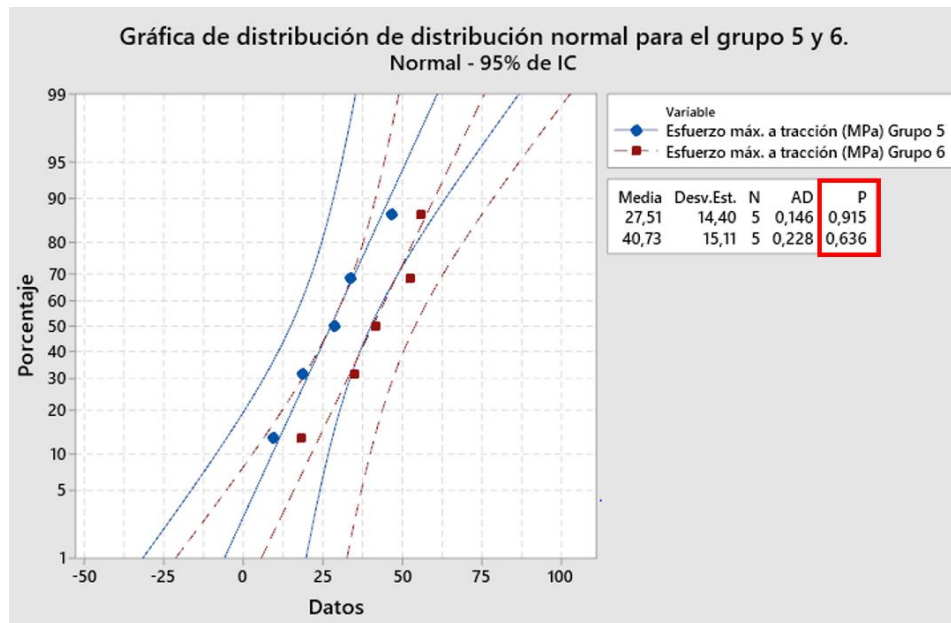


Figura 44. Determinación de valores normales.

Fuente: Autor.

Como todos los valores de p son mayores que el valor de 0,05 nos muestra que los datos tienen una distribución normal. Después de haber determinado la normalidad de los datos se aplica el método t-Student.

Calculo de varianza

$$S_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Teniendo:

$S_{x,y}$ = Desviación estandar

n = tamaño de muestra

Por lo tanto, la desviación estándar para el grupo 6 es:

$$S_x = 14,401$$

Y la desviación estándar para el grupo 5 es:

$$S_y = 15,104$$

Procedemos a determinar la t-calculada con la siguiente ecuación:

$$t_{cal} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}}$$

Teniendo:

t_{cal} = t calculado

\bar{X} = media aritmética de grupo 6

\bar{Y} = media aritmética de grupo 5

n = tamaño de muestra de grupo 6

m = tamaño de muestra de grupo 5

S_x = Desviación estándar grupo 6

S_y = Desviación estándar grupo 5

$$t_{cal} = 1,416$$

Donde $t_{cal} = 1,416 < t_{tab} = 2,306$

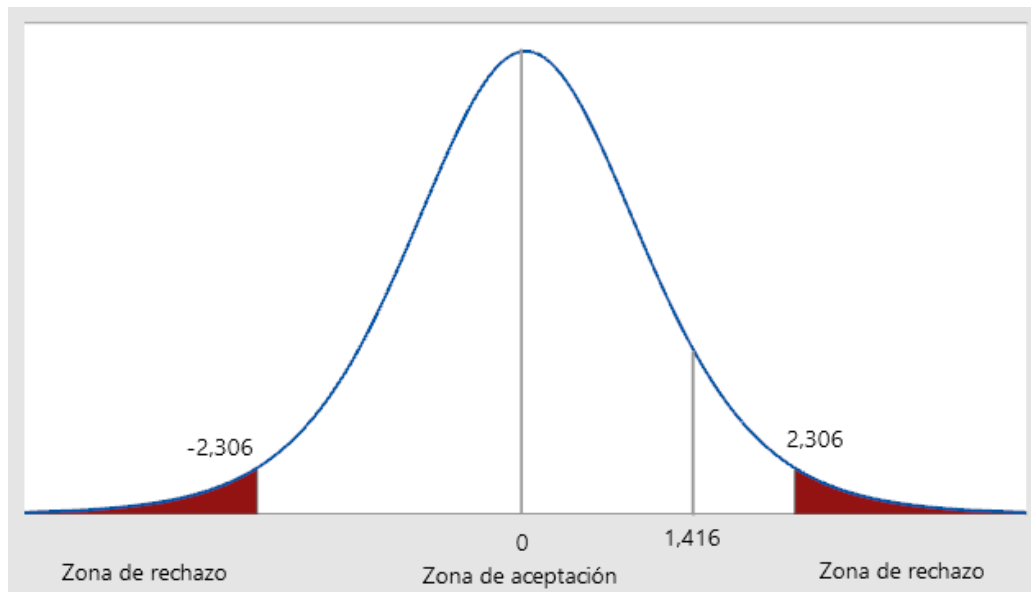


Figura 45. Distribución t-Student de ensayo a tracción.

Fuente: Autor.

Como se detalla en la figura 46 de distribución t-Student del ensayo a tracción se rechaza la hipótesis alternativa H_a , ya que entra en el rango de aceptación de la hipótesis nula H_0 (Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira no se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para aplicaciones industriales), por lo que presenta una discrepancia estadística entre el análisis de los dos mejores grupos, teniendo así que la fracción volumétrica de fibra longitudinal de 60% matriz con 40% refuerzo es la ideal para trabajar a tracción.

3.3.2. Verificación de la hipótesis de dos grupos de probetas ensayadas a flexión con mejores propiedades

Los grupos que presentan mejores características mecánicas con respecto al esfuerzo máximo a flexión al ser ensayadas son, el grupo 4 (Fibra longitudinal de 80% matriz con 20% refuerzo) y 6 (Fibra longitudinal de 60% matriz con 40% refuerzo). En la siguiente tabla 33 se muestra los valores obtenidos de las 5 probetas de cada grupo.

Tabla 33. Datos de grupo 4 y 6 para analizar hipótesis de ensayo a tracción.

Nº. de Probeta	Esfuerzo máx. a flexión (MPa) Grupo 4	Esfuerzo máx. a flexión (MPa) Grupo 6
1	67,180	84,760
2	69,970	-
3	73,190	113,910
4	83,860	93,280
5	75,660	78,010
Promedio	73,972	92,49
Desviación estándar	6,391	15,59

Fuente: Autor.

Por el motivo que se presenta un valor atípico dentro del grupo 6 se analiza únicamente con los cuatro valores restantes, los cuales presentarán resultados verídicos para la aceptación o rechazo de las hipótesis.

Se procede a realizar un nuevo cálculo de los grados de libertad.

$$\text{GDL} = (n + m - 2)$$

Teniendo:

GDL = grados de libertad

m = número de muestras grupo 4

n = número de muestras grupo 6

$$\text{GDL} = (4 + 5 - 2)$$

$$\text{GDL} = 7$$

Determinación de t-tabulada

Una vez determinado la probabilidad y los grados de libertad, determinamos el valor t-tabulado mediante la utilización de la tabla t-Student como se muestra en la siguiente figura 47.

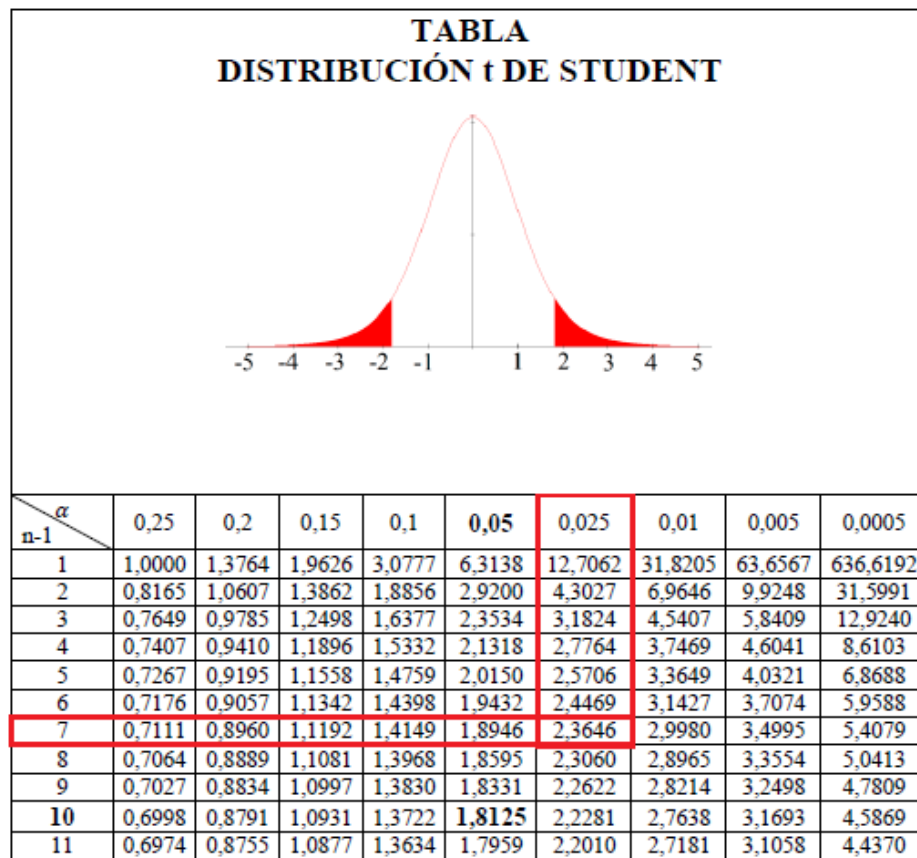


Figura 46. Tabla de distribución t-Student. [15]

Por lo tanto se tiene un $t_{tab} = \pm 2,3646$, el cual nos brinda un rango para aceptar la hipótesis alternativa H_a (Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para posibles futuras aplicaciones industriales). Caso contrario de caer fuera de este rango de valores se procede a aceptar la hipótesis nula H_0 (Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra

de chambira no se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para posibles futuras aplicaciones industriales).

Con la ayuda del software MINITAB como se muestra en la figura 48, determinamos si nuestros valores están distribuidos normalmente en la cual se aplica la prueba de Shapiro - Wilk.

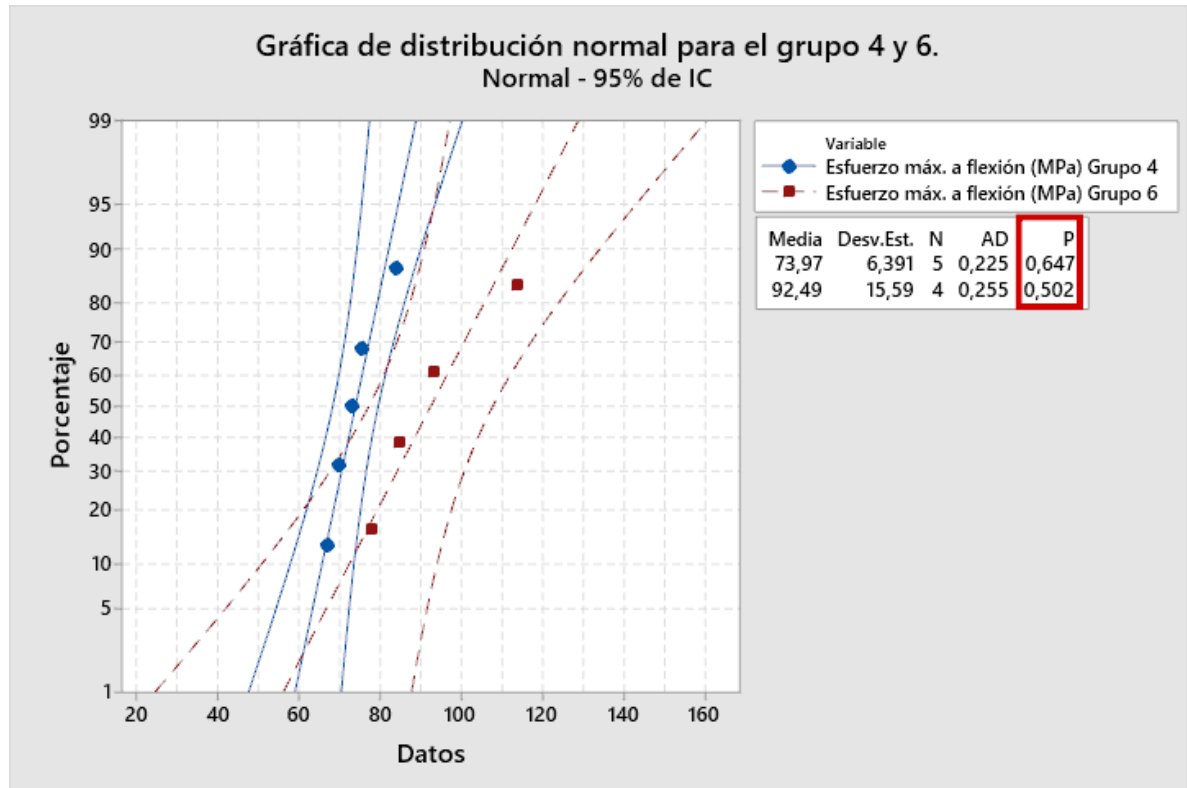


Figura 47. Determinación de distribución normal de valores.

Fuente: Autor.

Como todos los valores de p son mayores que el valor de 0,05 se identifica que los datos tienen una distribución normal. Después de haber determinado la normalidad de los valores se aplica el método t-Student con sus respectivos cálculos.

Calculo de varianza

$$S_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Teniendo:

$S_{x,y}$ = Desviación estándar

n = tamaño de muestra

Por lo tanto, la desviación estándar para el grupo 6 es:

$$S_x = 15,59$$

Y la desviación estándar para el grupo 4 es:

$$S_y = 6,391$$

Procedemos a determinar la t-calculada con la siguiente ecuación:

$$t_{cal} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}}$$

Teniendo:

t_{cal} = t calculado

\bar{X} = media aritmética de grupo 6

\bar{Y} = media aritmética de grupo 4

n = tamaño de muestra de grupo 6

m = tamaño de muestra de grupo 4

S_x = Desviación estándar grupo 6

S_y = Desviación estándar grupo 4

$$t_{cal} = 2,129$$

Dónde $t_{cal} = 2,129 < t_{tab} = 2,3646$

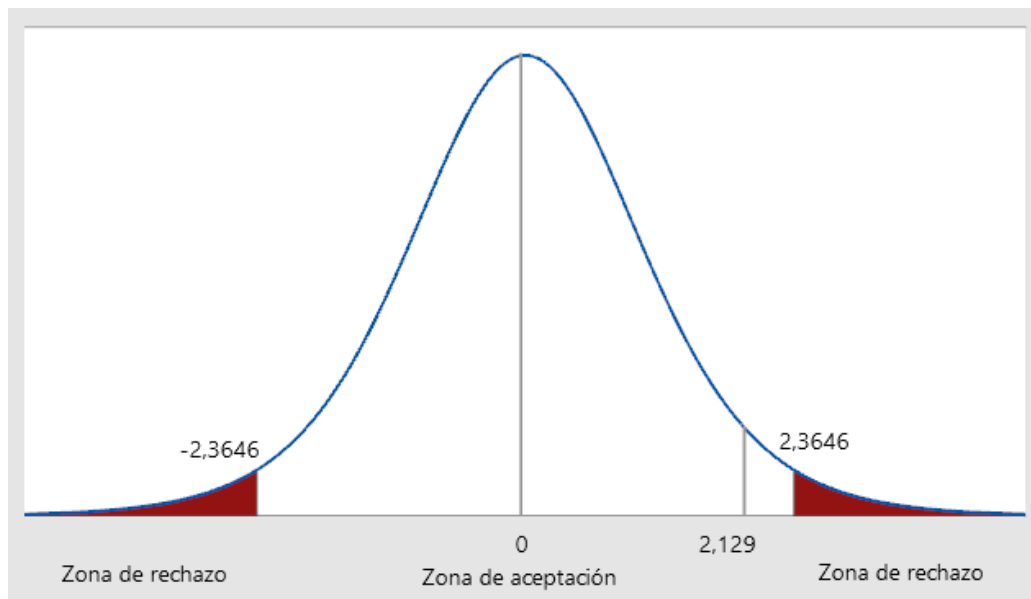


Figura 48. Distribución t-Student de ensayo a flexión.

Fuente: Autor.

Como se detalla en la figura 50 de distribución t-Student de ensayo a flexión se rechaza la hipótesis alternativa H_a , ya que entra en el rango de aceptación de la hipótesis nula H_0 (Con el estudio del nuevo material compuesto de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira no se conseguirá determinar las mejores propiedades mecánicas para aplicaciones industriales), por lo que presenta una discrepancia estadística entre el análisis de los dos mejores grupos, teniendo así que la fracción volumétrica de fibra longitudinal de 60% matriz con 40% refuerzo es la ideal para trabajar a flexión.

3.4. Comparación de propiedades mecánicas del nuevo material compuesto con materiales compuestos similares

Se procede a realizar la comparación del nuevo material compuesto elaborado con matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de chambira mediante estratificación manual la cual se identifica en la siguiente tabla 34 con materiales compuestos de matriz similar con distinto tipo de refuerzo, para lo cual se emplea la fracción volumétrica y configuración con mejores resultados al ser ensayados a flexión y tracción en este trabajo.

Tabla 34. Comparación de materiales compuestos de matriz poliméricas con distinto refuerzo [16].

Matriz poliéster con refuerzo de:	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la flexión (MPa)	Espesor
Fibra de chambira	40,73	92,49	6
Fibra de vidrio	67,54	111,1	5
Fibra corta de coco	45	56	5
Fibra de pelo de res	30,87	54,99	5
Fibra de abacá	24,9	43,02	5
Fibra de yucca elephantipes	33,41	73,49	5
Cabello humano	28,47	66,24	6
Fibra de cabuya	74,34	61,78	5

En la siguiente figura 51 se muestra una comparativa de los valores de las propiedades mecánicas de los diversos materiales compuestos con matriz de resina poliéster y diversos tipos de refuerzos, en la cual se evidencia que el material compuesto de matriz poliéster con refuerzo de fibra de chambira presenta propiedades a flexión muy notables cercanas a las de refuerzo de fibra de vidrio y con una aceptable resistencia a la tracción.

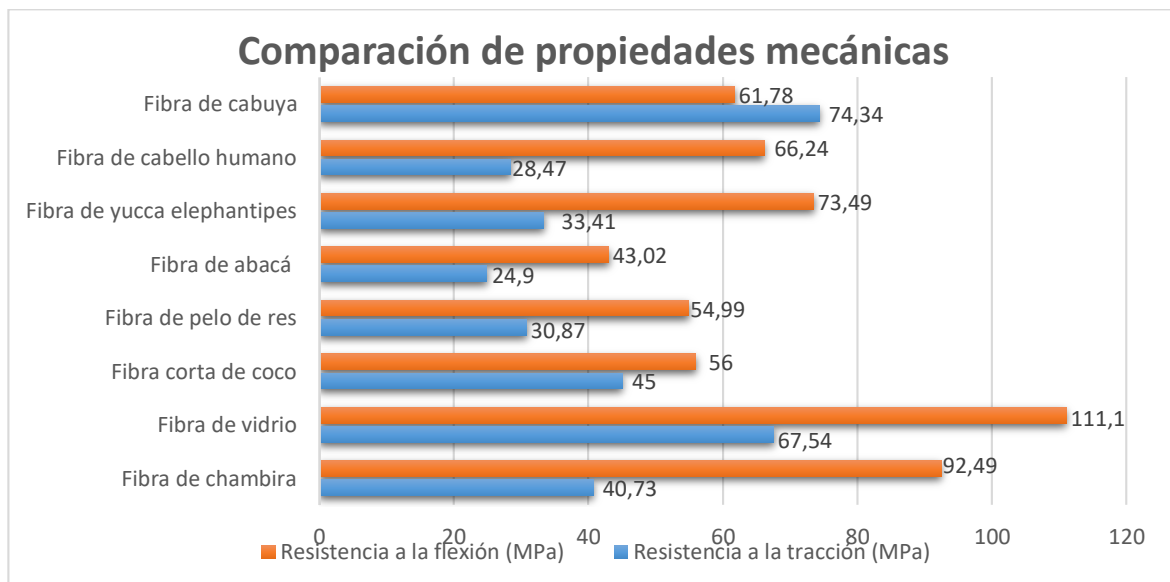


Figura 49. Comparación de propiedades mecánicas.

Fuente: Autor.

3.5. Posible aplicación industrial

Después de realizar el análisis del nuevo material compuesto de matriz poliéster con refuerzo de fibra de chambira mediante ensayos de flexión, tracción e impacto, se identifica que no llega a poseer características mecánicas superiores o similares como las que presenta la fibra de vidrio, en el caso de este nuevo material por su bajo costo de elaboración, fácil preparación, poseer excelente apariencia estética y además de ser ligero tiene opciones de reemplazar a diversos materiales en la industria que no se encuentran sometidos a cargas altas de trabajo.

Industria automotriz

Uno de los principales objetivos en la industria automotriz a lo largo de su evolución ha sido el aligerar el peso de sus componentes y el nuevo material compuesto desarrollado puede ser empleado en la construcción de alerones, faldones, estribos personalizados y diversos accesorios fabricados con fibra de vidrio que no se encuentran sometidos a una carga tan elevada de trabajo como se observa en la figura 52, con ello se reduciría el peso del vehículo permitiéndole el ahorro de energía y con ello mayor eficiencia.



Figura 50. Accesorios para vehículos.

Fuente: Autor.

En la industria carrocera de autobuses se puede llevar a cabo la fabricación accesorios como basureros, mamparas, fibras que cubren guardafangos, etc.

Industria de producción de muebles

En esta industria entre los principales elementos empleados en la construcción de modulares es la madera que posee una resistencia a la flexión de 30 MPa y en tracción de 18 MPa y el MDF de 45 MPa y 1 MPa respectivamente, este último que es sensible a la humedad y tiende a sufrir de pandeo el cual genera. Por otro lado, el nuevo material compuesto posee mejores propiedades mecánicas a estos con una resistencia a la tracción de 40,73 MPa y a la flexión de 92,49 MPa.



Figura 51. Posibles aplicaciones para industria del mueble.

Fuente: Autor.

Esto permitirá reducir la tala de árboles empleados para la fabricación de muebles, además de poseer una excelente estética y no absorber la humedad teniendo una vida de uso prolongada.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El grupo de probetas que presentó los mejores resultados después de ser analizadas mediante ensayos de tracción y flexión son aquellas que tienen una configuración de fibra longitudinal con fracción volumétrica de 60% matriz poliéster y 40% de refuerzo de fibra de chambira.
- Las probetas se desarrollaron mediante estratificación manual permitiendo una correcta distribución homogénea de la fibra a lo largo y ancho del molde.
- El grupo 6 de probetas ensayadas a tracción con una configuración de fibra longitudinal y fracción volumétrica de 60% matriz y 40% refuerzo presentaron el valor más elevado de las medias obtenidas de esfuerzo máximo a tracción con 40,73 MPa.
- Las probetas con una configuración de fibra longitudinal y fracción volumétrica de 60% matriz y 40% refuerzo presentan una media de esfuerzo máximo a flexión de 92,49 MPa y un módulo de flexión de 2829,69 MPa.
- El notable valor de esfuerzo máximo a flexión se debe a la configuración de la fibra ya que esta permite distribuir los esfuerzos a lo largo de la probeta, así evitando concentraciones de esfuerzos.
- El grupo de probetas que presentó los mejores resultados al ser analizadas en ensayo a impacto son aquellas con fracción volumétrica de 60% matriz y 40% de refuerzo con una configuración de fibra corta mixta inclinada al azar teniendo una energía de fallo de 4,466 J.
- El nuevo material compuesto desarrollado puede ser empleado en diversas industrias como la automotriz, carrocería, fabricación de muebles y en las cuales los componentes elaborados con esta composición no se encuentren sometidos a una alta carga de trabajo.

4.2. Recomendaciones

- Para el desarrollo de este nuevo material compuesto la resina poliéster adquirida se debe mantener a en espacios oscuros y correctamente sellado para así evitar la evaporización de esta.
- Por el manejo de productos tóxicos de alto riesgo para la salud personal se debe utilizar a cada momento los equipos de protección personal mientras se elaboran las probetas.
- La fibra debe ser tratada y preparada correctamente para obtener una continuidad que facilite su adherencia a la resina.
- Emplear una cera para desmoldar adecuada para resinas y no afectar al acabado de las probetas.
- El área de trabajo debe estar siempre nivelado para que el espesor de las probetas sea constante y no ocurra aglomeración y escases de material en ciertos sectores del molde.
- Para el tiempo curado de las probetas se debe tomar en cuenta las indicaciones que dicta el fabricante de la resina, además de mantener a la temperatura sugerida por el mismo.
- Para evitar inconvenientes en caso de ruptura de una probeta por mal manejo de esta, se debe generar un número mayor de probetas a la programada.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. J. G. P. Salinas., «Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses.,» UTA, Ambato, 2012.
- [2] M. F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*, 2da ed, Oxford, 1999.
- [3] G. JANNETH, «Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco.,» Escuela Politecnica Nacional del Ecuador., Quito, 2011.
- [4] M. Herrera, «Obtención de materiales compuestos de matriz polimérica formulado incorporando tejidos y no tejidos naturales.,» Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, Quito, 2015.
- [5] C. A. P. Guerrero, «CARATERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE HOJA DE YUCCA ELEPHANTIPES PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES,» UTA, Ambato, 2018.
- [6] J. D. T. TABORDA, «PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MATRIZ DE POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE COCO COMPARADAS CON LA MISMA MATRIZ REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO,» PEREIRA, 2014.
- [7] G. V, « APLICACIONES ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES,» *Nuevos Materiales*, 12 2011.
- [8] A. F. M. Machado, «CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ ELASTOMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES,» UTA, Ambato, 2019.
- [9] A. Patra y D. Bisoyi, «Investigation of the electrical and mechanical properties of short sisal fiber-reinforced epoxy composite in correlation with structural parameters of the reinforced fiber,» *Springer Science+Business Media*, 2011.

- [10] S. Rogovina, E. Prut y A. Berlin, «Composite Materials Based on Synthetic Polymers Reinforced with Natural Fibers,» *Semenov Institute of Chemical Physics*, 2019.
- [11] A. Gholampour y T. Ozbakkaloglu, «A review of natural fiber composites: properties, modification and processing techniques, characterization, applications,» *Springer*, 2019.
- [12] S. M. V. Restrepo, «Use of vegetable fibers in polymer matrix composites: a review with a view to their application in designing new products,» *Informador Técnico*, 2016.
- [13] K. Gokul, T. Prabhu y T. Rajasekaran, «Processing and Evaluation of Mechanical Properties of Sugarcane Fiber Reinforced Natural Composites,» *The Indian Institute of Metals*, 2017.
- [14] C. A. P. Guerrero, «CARATERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE HOJA DE YUCCA ELEPHANTIPES PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [15] E. MINIGUANO, «Estadística en Investigación,» 2016. [En línea]. Available: <https://estadisticaeninvestigacion.wordpress.com/distribucion-t-de-student/>.
- [16] D. A. F. Roberto, Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzada con fibra de coco y fibra de vidrio para la elaboración de tableros., Quito: Escuela Politécnica Nacional (Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial), 2012.
- [17] «GAZECHIM COMPOSITES IBÉRICA,» 23 09 2016. [En línea]. Available: <https://www.gazechim.es/noticias/actualidad/resina-poliester1/>.

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha técnica de resina poliéster.

ANEXO 2. Informe técnico de ensayo a flexión emitido por la ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – FICT (Laboratorio de Geotecnia y Construcción)

ANEXO 3. Informe técnico de ensayo a tracción emitido por el laboratorio de materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua.

ANEXO 4. Informe técnico de ensayo a impacto efectuado y emitido por el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

ANEXO 5. Planos del molde desarrollado.

ANEXO 6. Factura de licencia software MINITAB.

ANEXO 1.
**FICHA TÉCNICA DE RESINA
POLIÉSTER**



HOJA TÉCNICA

Revisado, Julio 04 del 2019

RESINA POLIESTER SEMI RIGIDO USO GENERAL DPI-33-0	
Características Físicas	
Viscosidad Gardner a 25°C	Y - Z2
Disolvente	Estireno monómero
Contenido de sólidos, %	72 ± 2
Número de Acido, mg/g KOH	40 máximo
Color Gardner	1 máximo
% Transmitancia a 400 un	40 mínimo
Densidad a 25 °C, g/ml	1,2 ± 0,02
Aspecto	Cristalino
Estabilidad no catalizada almacenada a 25°C, meses	3
Sistema Catalítico	
Acelerante de Cobalto al 12%	0,1 % en peso
Catalizador MEK-P al 50%	1,0 % en peso
Característica típicas de curado	
Tiempo de gel, minutos	17 ± 8
Pico exotérmico, °C	148 ± 28
Tiempo al pico exotérmico, minutos	17 ± 8
Dureza Barcol GYZJ 934-1 (120 °C - 2 hr.)	44 - 47
Aplicaciones	
Laminado	Revestimientos, planchas translúcidas
Moldeo	Recipientes, embarcaciones, carrocerías, piezas de prensado y moldeo.
Coladas	Mármol sintético, superficies, sólidas, vanidades domésticas
Recomendaciones	A pesar de poseer buena solubilidad con el estireno no adicionar más del 25 % en peso, para evitar pérdidas de sus propiedades. En volumen se usa el 25% para diluir la resina poliéster, es decir que dependiendo de la pieza a fabricar 1 galón de resina se adelgaza con 1 litro de estireno.
No someta la pieza a condiciones extremas hasta que su curado sea completo.	

ANEXO 2.

**INFORME TÉCNICO DE ENSAYO A
FLEXIÓN EMITIDO POR LA ESPOL -
FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS DE LA TIERRA – FICT
(LABORATORIO DE GEOTECNIA Y
CONSTRUCCIÓN)**



**EMPRESA PUBLICA DE SERVICIOS ESPOL -
TECH E.P.**

R.U.C.:0968592010001

Dir Matriz: KM 30 5 VIA PERIMETRAL, CAMPUS GUSTAVO
GALINDO

Telfs: 042269142

Contribuyente Especial: SEGUN RESOLUCION N° 616 DEL 02/10/2013

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA

No. 001-002-000054735

NUMERO DE AUTORIZACION

2801202101096859201000120010020000547351234567815

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISION: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

2801202101096859201000120010020000547351234567815

FECHA: 28/01/2021
CLIENTE: GAVILANES MEDINA JOHN PAUL
DIRECCION: Ambato
R.U.C./C.I.: 1501080004
PROYECTO: FACULTAD DE CIENCIA DE LA TIERRA
CC: 2121-40-01

TELEFONO: 0958774583

GUIA REMISION

TRAMITE: RECP26

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO	PRECIO TOTAL
6240399001030	1.00	Pago por servicio de flexion en vigas	\$ 300.00	\$ 0.00	\$ 300.00

OBSERVACIONES:

SON: TRESCIENTOS TREINTA Y SEIS CON 00/100 DÓLARES.
FACT.54735.-Pago por servicio de flexion en vigas
LA EMPRESA PUBLICA DE SERVICIOS ESPOL TECH E.P. DE ACUERDO A LA LEY ORGANICA DE EMPRESAS PUBLICAS, ART.41 RESUELVE QUE ESTAMOS EXCENTO DE TODO TRIBUTO. SIRVASE CANCELAR CON CHEQUE CERTIFICADO A LA ORDEN DE ESPOL TECH E.P EN EL PLAZO DE 8 DIAS

SUBTOTAL 12%	\$300.00
SUBTOTAL 0%	\$0.00
SUBTOTAL NO SUJETO DE IVA	\$0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$300.00
DESCUENTO	\$0.00
ICE	\$0.00
IVA 12%	\$36.00
PROPINA	\$0.00
VALOR TOTAL	\$336.00

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	336.00	0	Dias





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO

Información de contacto del cliente

Nombre del solicitante: Sr Paul Gavilanes	Empresa: -
Dirección: Plutarco Naranjo y Neptali Sancho	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0958774853	Correo electrónico: jgavilanes1997@gmail.com
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 28/Ene/2021	Fecha de emisión del reporte: 02/Feb/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
1 FC (80-20)%	5.72	12.44	135.00	56.19	9.015	27.95	0.0170	TLB
2 FC (80-20)%	5.80	12.66	135.00	48.32	6.310	22.98	0.0120	TLB
3 FC (80-20)%	5.84	12.66	135.00	85.83	8.163	40.25	0.0157	TLB
4 FC (80-20)%	5.92	12.60	135.00	85.35	7.872	39.14	0.0153	TSB
5 FC (80-20)%	5.90	12.70	135.00	58.09	7.741	26.61	0.0150	TLB
\bar{X}	-	-	-	66.76	7.820	31.39	0.0150	-
S_{n-1}	-	-	-	17.58	0.979	7.81	0.0018	-
CV	-	-	-	26.34	12.524	24.89	12.11	-

- FC Fibra Corta
- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. (+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO

Información de contacto del cliente

Nombre del solicitante: Sr Paul Gavilanes	Empresa: -
Dirección: Plutarco Naranjo y Neptali Sancho	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0958774853	Correo electrónico: jgavilanes1997@gmail.com

Información del ensayo

Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 28/Ene/2021	Fecha de emisión del reporte: 02/Feb/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
1 FC (70-30)%	5.40	12.58	135.00	68.27	17.089	37.69	0.0304	TLB
2 FC (70-30)%	5.46	12.64	135.00	54.84	7.870	29.47	0.0141	TSB
3 FC (70-30)%	5.52	12.52	135.00	63.66	10.264	33.79	0.0187	TLB
4 FC (70-30)%	5.44	12.60	135.00	85.43	18.170	46.40	0.0325	TLB
5 FC (70-30)%	5.44	12.50	135.00	82.02	15.123	44.90	0.0271	TLB
\bar{X}	-	-	-	70.84	13.703	38.45	0.0246	-
S_{n-1}	-	-	-	12.77	4.452	7.21	0.0079	-
CV	-	-	-	18.02	32.491	18.74	32.01	-

- FC Fibra Corta
h Espesor
b Ancho
L Distancia entre apoyos
P Carga máxima
 δ Deflexión
 σ Esfuerzo de flexión máximo
 ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones

* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente

* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad

Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.

(+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO

Información de contacto del cliente

Nombre del solicitante: Sr Paul Gavilanes	Empresa: -
Dirección: Plutarco Naranjo y Neptali Sancho	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0958774853	Correo electrónico: jgavilanes1997@gmail.com
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 29/Ene/2021	Fecha de emisión del reporte: 02/Feb/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
1 FC (60-40)%	6.40	12.70	135.00	48.80	6.088	19.00	0.0128	TLB
2 FC (60-40)%	6.38	12.66	135.00	51.34	6.392	20.17	0.0134	TLB
3 FC (60-40)%	6.40	12.68	135.00	54.44	7.746	21.23	0.0163	TLB
4 FC (60-40)%	6.20	12.58	135.00	37.91	5.436	15.87	0.0111	TSB
5 FC (60-40)%	6.18	12.64	135.00	54.52	10.275	22.87	0.0209	TLB
\bar{X}	-	-	-	49.40	7.187	19.83	0.0149	-
S_{n-1}	-	-	-	6.85	1.921	2.63	0.0038	-
CV	-	-	-	13.87	26.721	13.26	25.75	-

- FC Fibra Corta
- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. (+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO

Información de contacto del cliente

Nombre del solicitante: Sr Paul Gavilanes	Empresa: -
Dirección: Plutarco Naranjo y Neptali Sancho	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0958774853	Correo electrónico: jgavilanes1997@gmail.com
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 01/Feb/2021	Fecha de emisión del reporte: 02/Feb/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
1 FL (80-20)%	5.66	12.60	135.00	133.91	17.144	67.18	0.0319	TLB
2 FL (80-20)%	5.64	12.48	135.00	137.17	17.688	69.97	0.0328	TLB
3 FL (80-20)%	5.62	12.60	135.00	143.85	21.496	73.19	0.0398	TLB
4 FL (80-20)%	5.64	12.56	135.00	165.46	25.943	83.86	0.0482	TLB
5 FL (80-20)%	5.68	12.56	135.00	151.40	26.003	75.66	0.0486	TLB
\bar{X}	-	-	-	146.36	21.655	73.97	0.0403	-
S_{n-1}	-	-	-	12.61	4.284	6.39	0.0080	-
CV	-	-	-	8.62	19.782	8.64	19.90	-

- FL Fibra Larga
- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones

- * El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
- * Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad

Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.

(+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO

Información de contacto del cliente

Nombre del solicitante: Sr Paul Gavilanes	Empresa: -
Dirección: Plutarco Naranjo y Neptali Sancho	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0958774853	Correo electrónico: jgavilanes1997@gmail.com
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 01/Feb/2021	Fecha de emisión del reporte: 02/Feb/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
1 FL (70-30)%	6.10	12.54	135.00	123.34	11.735	53.53	0.0236	TLB
2 FL (70-30)%	6.28	12.66	135.00	141.70	16.465	57.47	0.0340	TLB
3 FL (70-30)%	6.38	12.66	135.00	92.82	10.431	36.48	0.0219	TLB
4 FL (70-30)%	6.18	12.66	135.00	144.01	12.838	60.31	0.0261	TLB
5 FL (70-30)%	6.38	12.60	135.00	70.17	5.405	27.71	0.0114	TSB
\bar{X}	-	-	-	114.41	11.375	47.10	0.0234	-
S_{n-1}	-	-	-	32.11	4.022	14.25	0.0082	-
CV	-	-	-	28.06	35.360	30.26	34.98	-

- FL Fibra Larga
- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. (+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO

Información de contacto del cliente

Nombre del solicitante: Sr Paul Gavilanes	Empresa: -
Dirección: Plutarco Naranjo y Neptali Sancho	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0958774853	Correo electrónico: jgavilanes1997@gmail.com
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 02/Feb/2021	Fecha de emisión del reporte: 02/Feb/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
1 FL (60-40)%	6.52	12.56	135.00	223.48	13.910	84.76	0.0299	TLB
2 FL (60-40)%	6.66	12.62	135.00	110.71	8.476	40.05	0.0186	TLB
3 FL (60-40)%	6.68	12.56	135.00	315.27	18.428	113.91	0.0405	TSB
4 FL (60-40)%	6.58	12.48	135.00	248.91	15.797	93.28	0.0342	TLB
5 FL (60-40)%	6.46	12.26	135.00	197.09	12.476	78.01	0.0265	TLB
\bar{X}	-	-	-	219.09	13.817	82.00	0.0299	-
S_{n-1}	-	-	-	74.82	3.726	27.06	0.0082	-
CV	-	-	-	34.15	26.963	33.00	27.49	-

- FL Fibra Larga
- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. (+593 4) 2269428



ANEXO 3.

**INFORME TÉCNICO DE ENSAYO A
TRACCIÓN EMITIDO POR EL
LABORATORIO DE MATERIALES DEL
CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO
METALMECÁNICO CARROCERO DE
TUNGURAHUA**



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 150108000420210104-ETC.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Gavilanes Medina John Paúl.	
Dirección: Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1501080004.	Teléfono: +593958774853.
E-mail: jgavilanes1997@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material compuesto: Resina Poliéster con refuerzo de fibra de Chambira.
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M-17. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación de probetas	Tipo de fibra	% de Resina Poliéster	% de Fibra de Chambira	Probetas a Ensayar
1	150108000420210104-ETC 01	Corta	80	20	5
2	150108000420210104-ETC 02	Corta	70	30	5
3	150108000420210104-ETC 03	Corta	60	40	5
4	150108000420210104-ETC 04	Larga	80	20	5
5	150108000420210104-ETC 05	Larga	70	30	5
6	150108000420210104-ETC 06	Larga	60	40	5
Total					30

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



ENSAYO SOLICITADO			
No.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	150108000420210104-ETC 01-1	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
2	150108000420210104-ETC 01-2	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
3	150108000420210104-ETC 01-3	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
4	150108000420210104-ETC 01-4	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
5	150108000420210104-ETC 01-5	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
6	150108000420210104-ETC 02-1	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
7	150108000420210104-ETC 02-2	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
8	150108000420210104-ETC 02-3	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
9	150108000420210104-ETC 02-4	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
10	150108000420210104-ETC 02-5	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
11	150108000420210104-ETC 03-1	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
12	150108000420210104-ETC 03-2	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
13	150108000420210104-ETC 03-3	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
14	150108000420210104-ETC 03-4	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
15	150108000420210104-ETC 03-5	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
16	150108000420210104-ETC 04-1	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
17	150108000420210104-ETC 04-2	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
18	150108000420210104-ETC 04-3	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
19	150108000420210104-ETC 04-4	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
20	150108000420210104-ETC 04-5	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
21	150108000420210104-ETC 05-1	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
22	150108000420210104-ETC 05-2	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
23	150108000420210104-ETC 05-3	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
24	150108000420210104-ETC 05-4	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
25	150108000420210104-ETC 05-5	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
26	150108000420210104-ETC 06-1	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
27	150108000420210104-ETC 06-2	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
28	150108000420210104-ETC 06-3	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
29	150108000420210104-ETC 06-4	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05
30	150108000420210104-ETC 06-5	Cumple criterios dimensionales	2021/01/05

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



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

Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 150108000420210104-ETC.

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2021_002.

Empresa/Cliente: Gavilanes Medina John Paúl.

RUC/C.I.: 1501080004.

Dirección: Ambato.

Correo: jgavilanes1997@gmail.com.

DATOS DEL ENSAYO:

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

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

Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M-17. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Tipo de probeta: Plana.

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Metrotec 1500KN

Modelo: STH-1500/CS.

Serie: 8802M001

Velocidad de ensayo: 5 mm/min.

Precarga: 0,01 N.

Fecha Inicio de Ensayo: 2021/01/11. Fecha Finalización de Ensayo: 2021/01/11.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de material compuesto: Resina Poliéster con refuerzo de fibra de Chambira.*

Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H. Gobierno Provincial de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación de probetas	Tipo de fibra	% de Resina Poliéster	% de Fibra de Chambira	Probetas a Ensayar
1	150108000420210104-ETC 01	Corta	80	20	5
2	150108000420210104-ETC 02	Corta	70	30	5
3	150108000420210104-ETC 03	Corta	60	40	5
4	150108000420210104-ETC 04	Larga	80	20	5
5	150108000420210104-ETC 05	Larga	70	30	5
6	150108000420210104-ETC 06	Larga	60	40	5
				Total	30

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

	
Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 18 de enero de 2021.

N° de factura: 001-002-000010132.



RESULTADOS:

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
1	150108000420210104-ETC 01-1	21,7	58,5	24,84	6,04	1900,00	12,66	2327,91	0,816	0,544	LAT
2	150108000420210104-ETC 01-2	21,7	58,5	24,88	6,02	1850,00	12,35	2369,24	0,782	0,521	LAT
3	150108000420210104-ETC 01-3	21,7	58,5	24,86	6,02	3150,00	21,05	2424,90	1,302	0,868	LGM
4	150108000420210104-ETC 01-4	21,7	58,5	24,85	6,01	3650,00	24,44	2673,90	1,371	0,914	LGB
5	150108000420210104-ETC 01-5	21,7	58,5	24,84	6,06	3750,00	24,91	2870,04	1,302	0,868	LGT
Promedio \bar{X}						2860,000	19,083	2533,198	1,115	0,743	
Desviación estándar S_{n-1}						927,631	6,186	231,307	0,290	0,193	
Coeficiente de variación CV						32,435	32,414	9,131	25,994	25,994	

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
6	150108000420210104-ETC 02-1	22,1	58,1	24,86	5,71	1850,00	13,03	1103,84	1,771	1,181	AGM
7	150108000420210104-ETC 02-2	22,1	58,1	24,72	5,71	1750,00	12,40	1965,86	0,946	0,631	AGB
8	150108000420210104-ETC 02-3	22,1	58,1	24,85	5,72	2700,00	19,00	2104,33	1,354	0,903	LAB
9	150108000420210104-ETC 02-4	22,1	58,1	24,86	5,73	2200,00	15,44	1570,60	1,475	0,983	LGT
10	150108000420210104-ETC 02-5	22,1	58,1	24,78	5,88	2300,00	15,79	1212,38	1,953	1,302	LGT
Promedio \bar{X}						2160,000	15,131	1591,404	1,500	1,000	
Desviación estándar S_{n-1}						379,803	2,614	443,036	0,390	0,260	
Coeficiente de variación CV						17,583	17,275	27,839	25,984	25,984	



N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
11	150108000420210104-ETC 03-1	23,1	56	24,94	6,47	1550,00	9,61	1057,13	1,363	0,909	AGT
12	150108000420210104-ETC 03-2	23,1	56	24,81	6,51	3550,00	21,98	2086,67	1,580	1,053	LGB
13	150108000420210104-ETC 03-3	23,1	56	24,81	6,59	2650,00	16,21	1667,51	1,458	0,972	LGB
14	150108000420210104-ETC 03-4	23,1	56	24,89	6,57	1800,00	11,01	1145,80	1,441	0,961	AGT
15	150108000420210104-ETC 03-5	23,1	56	24,75	6,61	3500,00	21,39	2652,15	1,210	0,807	LGB
Promedio \bar{X}						2610,000	16,039	1721,851	1,410	0,940	
Desviación estándar S_{n-1}						929,650	5,716	666,181	0,136	0,091	
Coeficiente de variación CV						35,619	35,639	38,690	9,668	9,668	

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
16	150108000420210104-ETC 04-1	23,7	52,3	24,79	5,68	4650,00	33,02	2291,20	2,162	1,441	LAT
17	150108000420210104-ETC 04-2	23,7	52,3	24,62	5,66	3400,00	24,40	1317,45	2,778	1,852	AIT
18	150108000420210104-ETC 04-3	23,7	52,3	24,71	5,67	2650,00	18,91	1900,30	1,493	0,995	AIB
19	150108000420210104-ETC 04-4	23,7	52,3	24,73	5,63	3650,00	26,22	1960,29	2,006	1,337	AGB
20	150108000420210104-ETC 04-5	23,7	52,3	24,79	5,62	2900,00	20,82	1844,25	1,693	1,129	LGT
Promedio \bar{X}						3450,000	24,674	1862,698	2,026	1,351	
Desviación estándar S_{n-1}						778,621	5,483	350,782	0,495	0,330	
Coeficiente de variación CV						22,569	22,220	18,832	24,419	24,419	



N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
21	150108000420210104-ETC 05-1	24,1	52,1	24,83	6,01	7000,00	46,91	2329,87	3,020	2,013	AIB
22	150108000420210104-ETC 05-2	24,1	52,1	24,86	6,04	1400,00	9,32	1102,97	1,268	0,845	AIT
23	150108000420210104-ETC 05-3	24,1	52,1	24,91	5,94	2750,00	18,59	1825,68	1,527	1,018	AGT
24	150108000420210104-ETC 05-4	24,1	52,1	24,66	6,05	4300,00	28,82	2963,17	1,459	0,973	LGM
25	150108000420210104-ETC 05-5	24,1	52,1	24,85	5,93	5000,00	33,93	3069,70	1,658	1,105	LIT

Promedio \bar{X}	4090,000	27,514	2258,275	1,786	1,191
Desviación estándar S_{n-1}	2143,129	14,401	818,884	0,704	0,469
Coefficiente de variación CV	52,399	52,343	36,261	39,399	39,399

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
26	150108000420210104-ETC 06-1	24,5	50,7	24,73	6,60	8600,00	52,69	2046,49	3,862	2,575	AGT
27	150108000420210104-ETC 06-2	24,5	50,7	24,73	6,44	8900,00	55,88	2609,73	3,212	2,141	AGB
28	150108000420210104-ETC 06-3	24,5	50,7	24,78	6,19	2800,00	18,25	2285,60	1,198	0,799	LIB
29	150108000420210104-ETC 06-4	24,5	50,7	24,79	6,81	5900,00	34,95	2026,39	2,587	1,725	AGB
30	150108000420210104-ETC 06-5	24,5	50,7	24,75	7,14	7400,00	41,88	2085,43	3,012	2,008	LIT

Promedio \bar{X}	6720,000	40,730	2210,727	2,774	1,849
Desviación estándar S_{n-1}	2489,377	15,104	245,695	0,994	0,663
Coefficiente de variación CV	37,044	37,084	11,114	35,825	35,825

Nomenclatura:

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

Primer caracter	Tipo de falla	Segundo caracter	Área de la falla	Tercer caracter	Localización de falla
L	Lateral	A	En el agarre	T	Parte superior
X	Explosiva	I	Dentro del agarre	B	Parte Inferior
A	Angular	G	Zona calibrada	M	Medio

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 150108000420210104-ETC.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Gavilanes Medina John Paúl.	
Dirección: Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1501080004.	Teléfono: +593958774853.
E-mail: jgavilanes1997@gmail.com.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material compuesto: Resina Poliéster con refuerzo de fibra de Chambira.
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M-17. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	150108000420210104-ETC 01-1	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
2	150108000420210104-ETC 01-2	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
3	150108000420210104-ETC 01-3	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
4	150108000420210104-ETC 01-4	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
5	150108000420210104-ETC 01-5	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	150108000420210104-ETC 02-1	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
7	150108000420210104-ETC 02-2	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
8	150108000420210104-ETC 02-3	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
9	150108000420210104-ETC 02-4	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
10	150108000420210104-ETC 02-5	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
11	150108000420210104-ETC 03-1	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
12	150108000420210104-ETC 03-2	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
13	150108000420210104-ETC 03-3	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
14	150108000420210104-ETC 03-4	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
15	150108000420210104-ETC 03-5	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
16	150108000420210104-ETC 04-1	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
17	150108000420210104-ETC 04-2	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
18	150108000420210104-ETC 04-3	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
19	150108000420210104-ETC 04-4	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
20	150108000420210104-ETC 04-5	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	



Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
21	150108000420210104-ETC 05-1	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
22	150108000420210104-ETC 05-2	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
23	150108000420210104-ETC 05-3	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
24	150108000420210104-ETC 05-4	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
25	150108000420210104-ETC 05-5	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
26	150108000420210104-ETC 06-1	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
27	150108000420210104-ETC 06-2	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
28	150108000420210104-ETC 06-3	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
29	150108000420210104-ETC 06-4	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	
30	150108000420210104-ETC 06-5	2021/01/05	2021/01/18	Cliente	Se entrega al cliente	

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

Elaborado por:	Aprobado por:	Recibido por:
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.	Cliente
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	



**ANEXO 4. INFORME TÉCNICO DE
ENSAYO A IMPACTO EFECTUADO Y
EMITIDO POR EL LABORATORIO DE
MATERIALES DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
AMBATO**

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

RESISTENCIA DE IMPACTO SEGÚN ASTM D 5628-10

MARZO DE 2021

AMBATO-ECUADOR

INFORME TÉCNICO CTT-0020-2021

Objetivo

- Establecer y mantener un método para evaluar la energía media de impacto en polímeros.

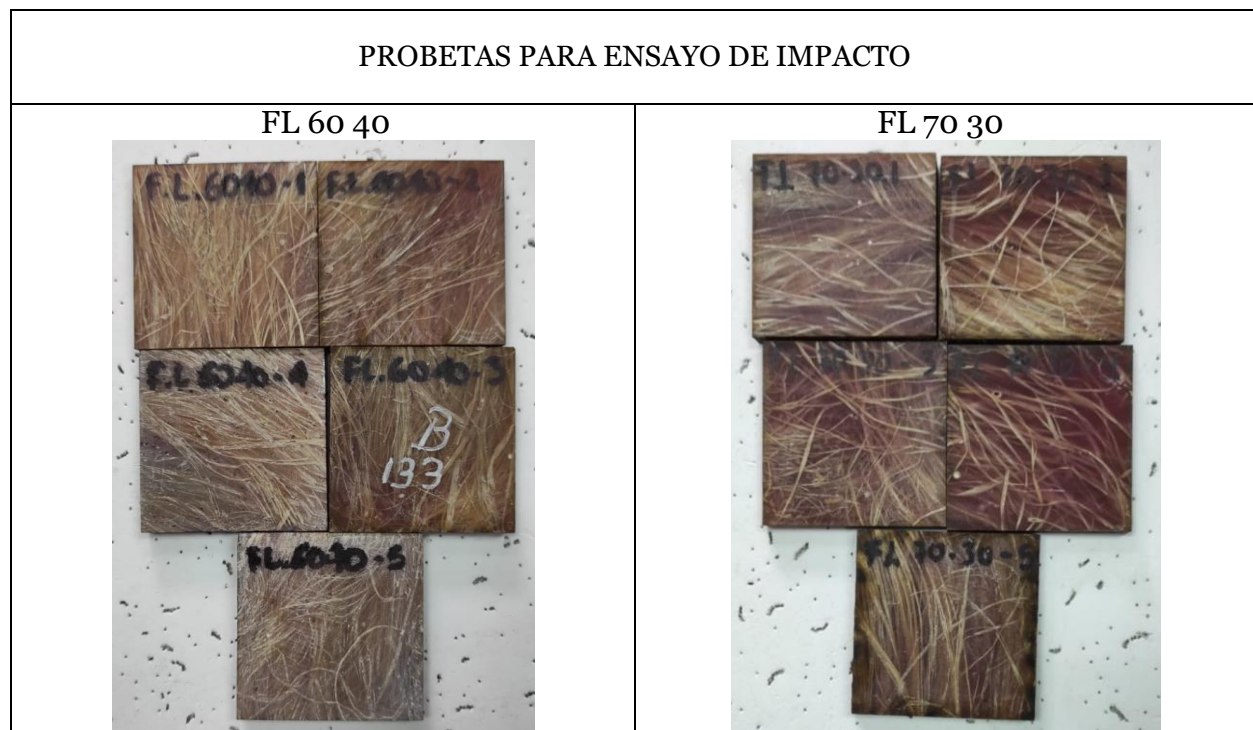
Alcance

Determinación de energía necesaria para el fallo de polímeros por impacto de dardo según las especificaciones señaladas en la norma ASTM D 5628-10.

ANTECEDENTES:

Con fecha 26 de febrero de 2021, el Señor. John Paul Gavilanes Medina egresado de la Universidad Técnica de Ambato domiciliado en la ciudad de Ambato, solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, realizar ensayos de laboratorio para medir la energía media de impacto en muestras de material compuesto.

Se reciben 36 muestras o probetas, en seis grupos bajo las designaciones: Material de refuerzo fibra larga las siguientes: FL 60 40, FL 70 30, FL 80 20; y con un material de refuerzo fibra corta FC 60 40, FC 70 30, FC 80 20; (Probetas para ensayo de Impacto en Material compuesto de una matriz de poliéster reforzado con fibra de chambira mediante moldeo de compresión). De dimensiones de 58x58 mm. Todos los grupos presentan superficies lisas.



FL 80 20



FC 60 40



FC 70 30



FC 80 20



PROCESO GENERAL:

- Determinación de número de especímenes para cada muestra.
- Mantener hermetizadas las muestras hasta el ensayo y marcarlas para su identificación.
- Preparación de la máquina de ensayos para la geometría preestablecida (FA, FB, FC, FD, FE) en este caso para el tipo FE dadas las dimensiones de la probeta.

Geometría	Diámetro de la Probeta mm	Probeta Cuadrada mm
FA	89	89
FB	51	51
FC	140	140
FD	89	89
FE	58	58

- Medición y registro del espesor de cada muestra, el cual se muestra en los resultados del ensayo.
- Realizar la prueba de impacto con probetas de calibración, fuera de los grupos mostrados anteriormente y localizamos el rango de falla del material.
- Se colocan las mordazas utilizando una fuerza que permita la inmovilidad de la probeta al momento del impacto.
-



- Colocar la masa a la altura preestablecida, según el método de prueba seleccionado.



- Se libera el dardo asegurándonos que golpee justo en el centro de la muestra, impidiendo cualquier rebote del dardo.
- Retirar la muestra y revisar si ha fallado o no. Considerando que una falla es cualquier grieta o ruptura generado por el impacto el cual pueda ser distinguido por el ojo humano bajo luz normal en condiciones normales.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.		
Tipo de material:	Material polimérico - Cod. FL 60 40	Orden:025	
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)	Norma:	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	Nº de probetas:	5



CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de Falla
FL-60 40 - 01	57,56	57,92	6,94	0,232	0,177	200	0,802458	No falla	
FL 60 40 - 02	57,73	57,75	7,27	0,232	0,177	400	1,604916	No falla	
FL 60 40 - 03	57,28	57,7	7,05	0,232	0,177	600	2,407374	Falla	
FL 60 40 - 04	57,77	57,34	6,82	0,232	0,177	800	3,209832	Falla	
FL 60 40 - 05	57,14	58,09	7,18	0,232	0,177	1000	4,01229	Falla	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.		
Tipo de material:	Material polimérico - Cod. FL 70 30	Orden:025	
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)	Norma:	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	Nº de probetas:	5



CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de Falla
FL-70 30 - 01	57,70	57,45	6,02	0,232	0,177	200	0,802458	No falla	
FL 70 30 - 02	47,94	57,63	6,14	0,232	0,177	400	1,604916	No falla	
FL 70 30 - 03	57,77	57,61	5,69	0,232	0,177	600	2,407374	Falla	
FL 70 30 - 04	57,59	57,78	5,95	0,232	0,177	800	3,209832	Falla	
FL 70 30 - 05	57,37	57,94	6,1	0,232	0,177	1000	4,01229	Falla	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
Centro de Transferencia y Tecnología			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.		
Tipo de material:	Material polimérico - Cod. FL 80 20	Orden:025	
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)	Norma:	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	Nº de probetas:	5
			

CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de Falla
FL-80 20 - 01	57,92	57,81	5,82	0,232	0,177	200	0,802458	No falla	
FL 80 20 - 02	57,37	57,69	5,53	0,232	0,177	400	1,604916	Mancha blanca	
FL 80 20 - 03	57,41	57,63	5,84	0,232	0,177	600	2,407374	Falla	
FL 80 20 - 04	57,80	57,50	5,66	0,232	0,177	800	3,209832	Falla	
FL 80 20 - 05	57,97	57,40	5,62	0,232	0,177	1000	4,01229	Falla	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.		
Tipo de material:	Material polimérico - Cod. FC 60 40	Orden:025	
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)	Norma:	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	Nº de probetas:	5



CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de Falla
FC-60 40 - 01	57,96	57,49	6,38	0,232	0,177	200	0,802458	No falla	
FC 60 40 - 02	57,58	57,96	6,25	0,232	0,177	400	1,604916	No falla	
FC 60 40 - 03	57,84	57,63	6,48	0,232	0,177	600	2,407374	Fisura posterior	
FC 60 40 - 04	57,56	57,95	6,36	0,232	0,177	800	3,209832	Mancha blanca	
FC 60 40 - 05	57,71	57,51	6,15	0,2782	0,177	1000	4,465512	Falla	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.		
Tipo de material:	Material polimérico - Cod. FC 70 30	Orden:025	
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)	Norma:	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	Nº de probetas:	5



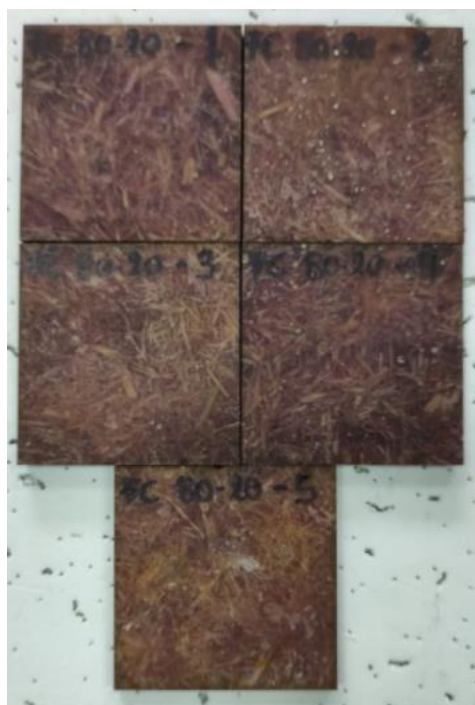
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de Falla
FC-70 30 - 01	57,47	57,70	5,68	0,232	0,177	200	0,802458	No falla	
FC 70 30 - 02	57,43	57,98	5,61	0,232	0,177	400	1,604916	No falla	
FC 70 30 - 03	57,68	57,65	5,63	0,232	0,177	600	2,407374	Mancha blanca	
FC 70 30 - 04	57,80	57,46	5,64	0,232	0,177	800	3,209832	Falla	
FC 70 30 - 05	57,52	57,70	5,62	0,232	0,177	1000	4,01229	Falla	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	08/03/2021	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.		
Tipo de material:	Material polimérico - Cod. FC 80 20	Orden:025	
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)	Norma:	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	Nº de probetas:	5



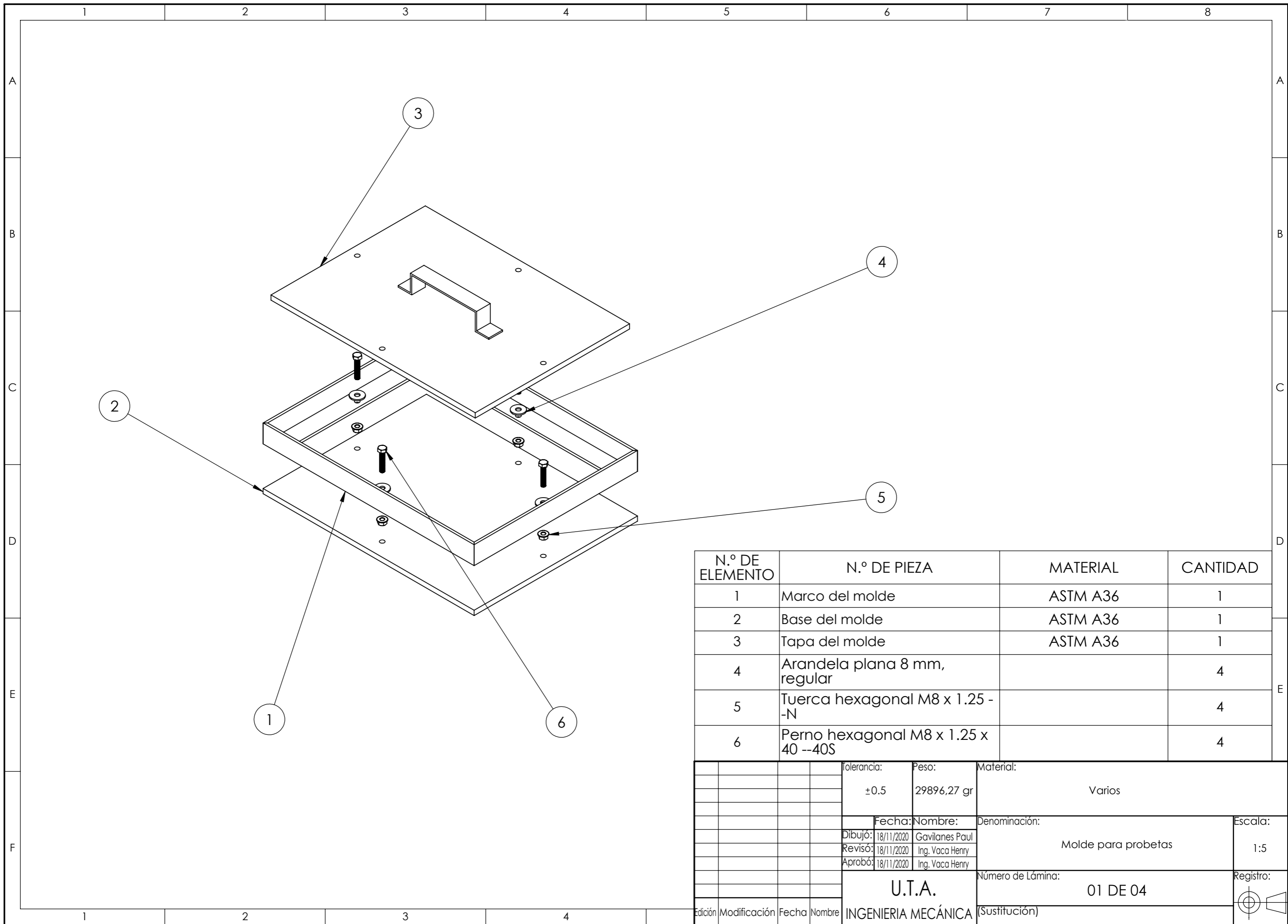
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	Tipo de Falla
FC-80 20 - 01	57,63	57,33	6,04	0,232	0,177	200	0,802458	No falla	
FC 80 20 - 02	58,03	57,48	6,02	0,232	0,177	400	1,604916	Falla posterior	
FC 80 20 - 03	57,46	57,78	5,98	0,232	0,177	600	2,407374	Falla	
FC 80 20 - 04	57,33	57,50	5,97	0,232	0,177	800	3,209832	Falla	
FC 80 20 - 05	57,52	57,60	6,14	0,232	0,177	1000	4,01229	Falla	

Conclusiones

- Para las probetas tipo FL 60 40 tienen una energía de fallo de 2,407374 J.
- Para las probetas tipo FL 70 30 tienen una energía de fallo de 2,407374 J.
- Para las probetas tipo FL 80 20 tienen una energía de fallo de 1,604916 J.
- Para las probetas tipo FC 60 40 tienen una energía de fallo de 4,465512 J.
- Para las probetas tipo FC 70 30 tienen una energía de fallo de 3,209832 J.
- Para las probetas tipo FC 80 20 tienen una energía de fallo de 1,604916 J.
- Todas las probetas se las ensayó con el método de prueba E, con el dardo de 0,223 Kg más un peso adicional de 0,177 kg, según lo especificado por la normativa ASTM D5628-10.

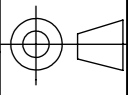
Ing. Sebastián Villegas S.
TÉCNICO DE LABORATORIO
INGENIERÍA MECÁNICA

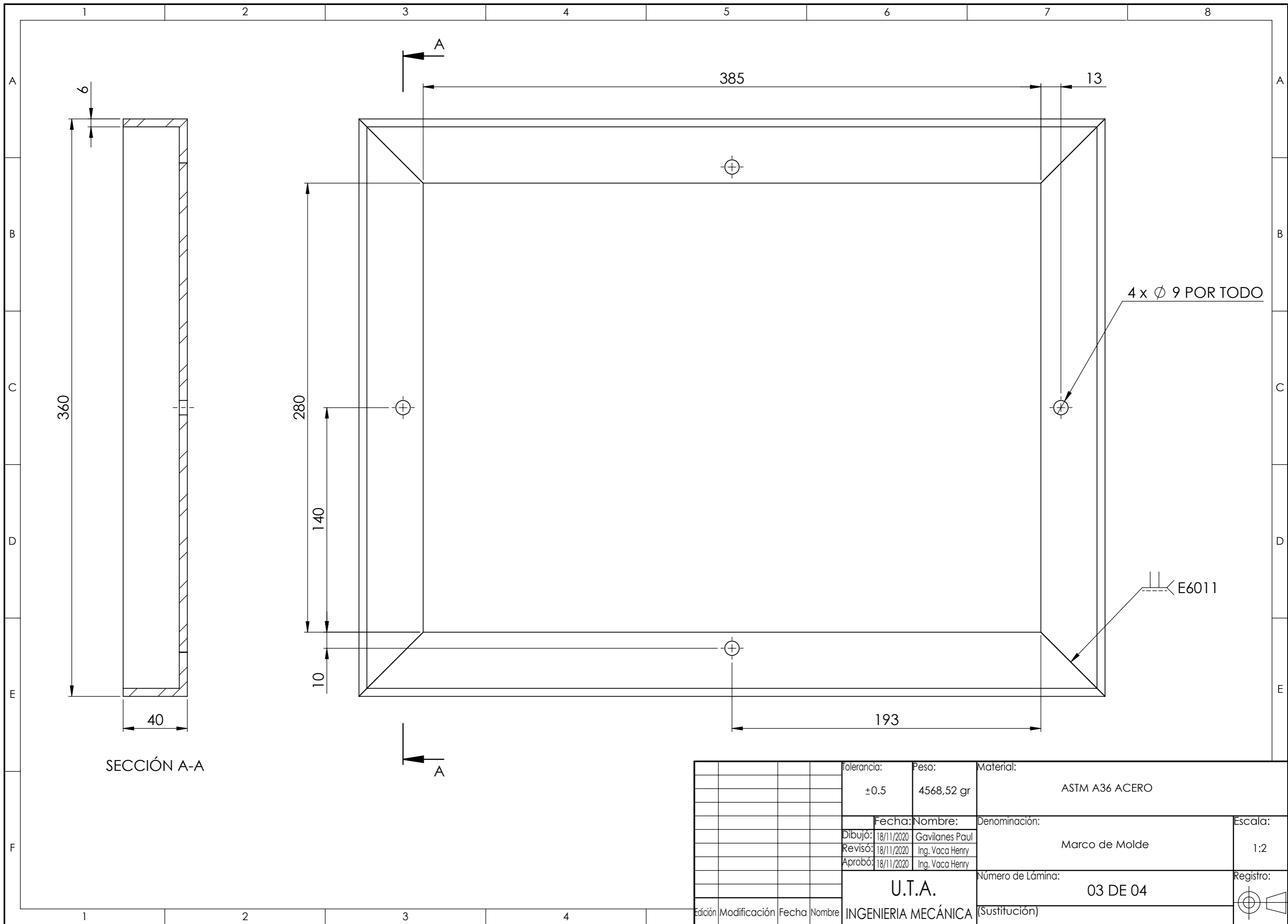
**ANEXO 5. PLANOS DEL MOLDE
DESARROLLADO**



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Marco del molde	ASTM A36	1
2	Base del molde	ASTM A36	1
3	Tapa del molde	ASTM A36	1
4	Arandela plana 8 mm, regular		4
5	Tuerca hexagonal M8 x 1.25 -N		4
6	Perno hexagonal M8 x 1.25 x 40 --40S		4

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.5	29896,27 gr	Varios	
					Fecha:	Nombre:	Denominación:
					Dibujó: 18/11/2020	Gavilanes Paul	Molde para probetas
					Revisó: 18/11/2020	Ing. Vaca Henry	
					Aprobó: 18/11/2020	Ing. Vaca Henry	
							Escala:
							1:5
							Registro:
							U.T.A.
							INGENIERIA MECÁNICA
							Número de Lámina:
							01 DE 04
							(Sustitución)



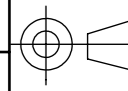


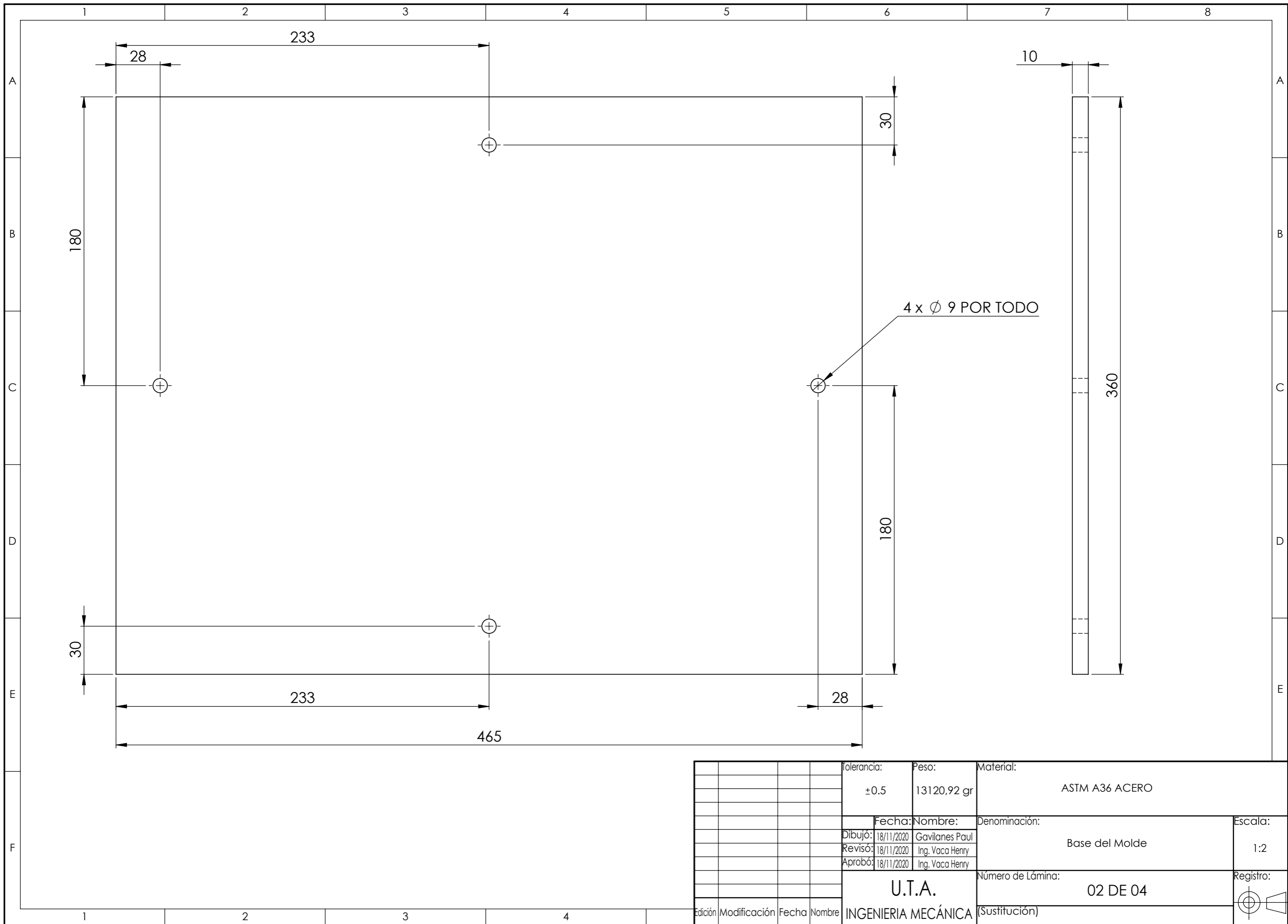
SECCIÓN A-A

4 x Ø 9 POR TODO

E6011

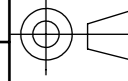
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±0.5	4568,52 gr	ASTM A36 ACERO		
					Fecha:	Nombre:	Denominación:	
				Dibujó:	18/11/2020	Gavilanes Paul	Marco de Molde	
				Revisó:	18/11/2020	Ing. Vaca Henry		
				Aprobó:	18/11/2020	Ing. Vaca Henry		
				U.T.A.			Número de Lámina:	Registro:
				INGENIERIA MECÁNICA			(Sustitución) 03 DE 04	1:2
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

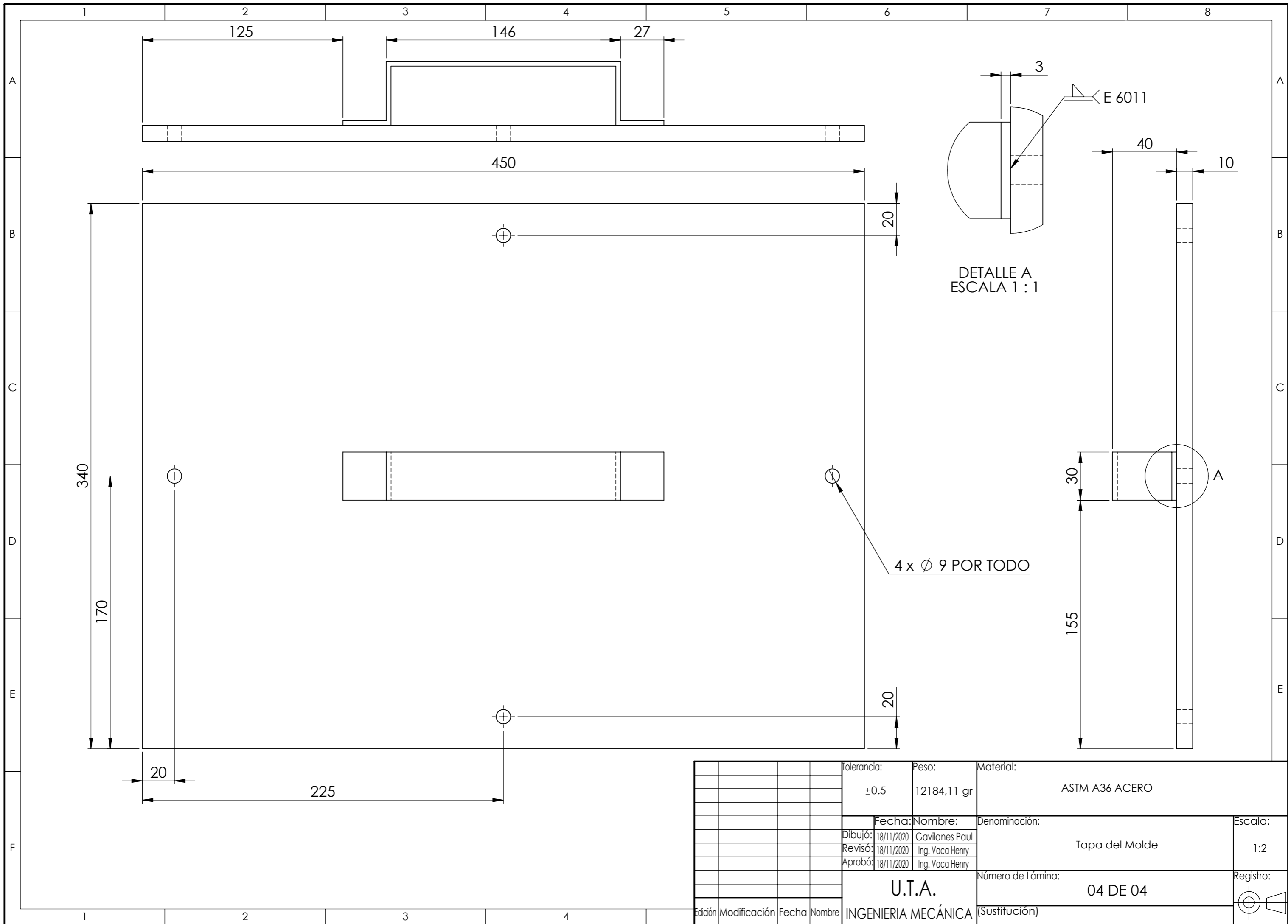




4 x \varnothing 9 POR TODO

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.5	13120,92 gr	ASTM A36 ACERO	
					Fecha:	Nombre:	Denominación:
				Dibujó:	18/11/2020	Gavilanes Paul	Base del Molde
				Revisó:	18/11/2020	Ing. Vaca Henry	
				Aprobó:	18/11/2020	Ing. Vaca Henry	
				U.T.A.		Número de Lámina:	Registro:
				INGENIERIA MECÁNICA		(Sustitución)	02 DE 04
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				





				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.5	12184,11 gr	ASTM A36 ACERO	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 18/11/2020	Gavilanes Paul	Tapa del Molde	1:2
				Revisó: 18/11/2020	Ing. Vaca Henry		
				Aprobó: 18/11/2020	Ing. Vaca Henry		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		Número de Lámina:	Registro:
						04 DE 04	(Sustitución)
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

ANEXO 6.

FACTURA DE LICENCIA SOFTWARE

MINITAB

Resumen de pedido

Número de pedido: 100708074806
Fecha del pedido: 2021-03-28 19:09
Hora de verano del Este

Información del pedido

Nombre: John Gavilanes
Correo electrónico: jgavilanes0004@uta.edu.ec
Tarjeta de crédito: PayPal
jcstalin32@gmail.com
Esta transacción puede reflejarse como "estore.onthehub.com" en su estado de su cuenta.

Dirección de facturación

JOHN PAUL GAVILANES MEDINA
Av. Los chasquis, UTA
Parroquia Santa rosa, Ambato
Ambato 180103
Ecuador

Ítems (Todos los precios están en Dólares estadounidenses)

[Vea los detalles para recuperar los artículos de su pedido.](#)

1. [Minitab Statistical Software: Cloud App & Windows Desktop \(06-Mo Rental\) - Subscription](#)

Importe

\$32.99

Subtotal: \$32.99

Impuestos: --

Total: \$32.99