



UNIVERSIDAD TÉCNICA 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 DE UN MATERIAL
COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA
DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS.”**

AUTOR: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza

TUTOR: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

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 DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.”**, elaborado por el Sr. Darwin Iván Alomaliza Masaquiza, portador de la cédula de ciudadanía: 180436722-3, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico que:

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

Ambato, Julio 2021

Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Alomaliza Masaquiza Darwin Iván, con C.I. 180436722-3 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.”**, así como el contenido, ensayos, análisis, conclusiones y recomendaciones son de absoluta responsabilidad del autor, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el trabajo.

Ambato, Julio 2021



Darwin Iván Alomaliza Masaquiza

C.I. 1804367223

AUTOR

DERECHO DEL 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 una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Julio 2021



Darwin Iván Alomaliza Masaquiza

C.I. 1804367223

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Alomaliza Masaquiza Darwin Iván de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.”**,

Ambato, Julio 2021

Para constancia firman:

Ing.Mg. Alejandra Marlene Lascano Moreta

Miembro calificador

Ing.Mg.Juan Gilberto Paredes Salinas

Miembro calificador

DEDICATORIA

A mi padre Jaime y a mi madre Myriam, por brindarme todo su apoyo, esfuerzos y sacrificios realizados en todo este camino académico, por permitirme llegar a cumplir una meta más propuesta en mi vida ya que sin el apoyo de mis padres no lo lograría, todos los valores inculcados hasta el día de hoy me han servido de mucha ayuda para lograr formarme como una persona de bien.

A mis hermanos por el apoyo de positivismo presente en cada momento del camino.

A mis abuelitos que con su humildad y su gran apoyo me proporcionaron mucho impulso para seguir adelante.

Darwin Alomaliza

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme las fuerzas, sabiduría e inteligencia para poder lograr lo que siempre tuve anhelo que es terminar mis estudios universitarios.

El agradecimiento más grande para mi padre Jaime Alomaliza y mi madre Myrian Masaquiza por darme su apoyo tanto moral como económico ya que han estado presente en todo mi camino académico sin dejarme a un lado en las necesidades requeridas para poder culminar este logro.

A mi tutor por sus conocimientos, tiempo y ayudas aportadas en el trabajo experimental.

A la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por la oportunidad de formarme como profesional en la Carrera de Ingeniería Mecánica.

A los docentes por sus conocimientos proporcionados en cada una de las materias cursadas en todos estos años.

Darwin Alomaliza

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| CERTIFICACIÓN | ii |
| AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN | iii |
| DERECHO DEL AUTOR | iv |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiii |
| RESUMEN..... | xv |
| ABSTRACT..... | xvi |
| TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL..... | 1 |
| CAPITULO I..... | 1 |
| MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes Investigativos | 1 |
| 1.2 Justificación..... | 4 |
| 1.3 OBJETIVOS | 5 |
| 1.3.1 Objetivo general | 5 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 5 |
| 1.4 Fundamentación teórica | 5 |
| 1.4.1 Material compuesto..... | 5 |
| 1.4.2 Clasificación de los materiales compuestos..... | 6 |
| 1.4.3 La matriz | 6 |
| 1.4.4 Tipos de matriz..... | 7 |
| 1.4.5 Tipos de matriz poliméricas | 8 |
| 1.4.6 Resina poliéster | 9 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| 1.4.7 | Proceso de curado | 10 |
| 1.4.8 | Refuerzo | 11 |
| 1.4.9 | Fibras de vidrio | 15 |
| 1.4.10 | Acero inoxidable | 16 |
| 1.4.11 | Acero galvanizado..... | 17 |
| 1.4.12 | Elaboración del material compuesto | 17 |
| 1.4.13 | Ensayos de materiales | 18 |
| CAPITULO II | | 21 |
| METODOLOGÍA | | 21 |
| 2.1 | Materiales..... | 21 |
| 2.1.1 | Resina poliéster | 21 |
| 2.1.2 | Fibra de vidrio | 21 |
| 2.1.3 | Acero galvanizado..... | 22 |
| 2.1.4 | Acero inoxidable | 22 |
| 2.2 | MÉTODOS..... | 23 |
| 2.2.1 | Descriptivo | 23 |
| 2.2.2 | Experimental | 23 |
| 2.2.3 | Bibliográfico | 23 |
| 2.2.4 | Exploratorio..... | 24 |
| 2.3 | Hipótesis | 24 |
| 2.3.1 | Señalamiento de las variables de la hipótesis | 24 |
| 2.3.2 | Operacionalización de variables | 25 |
| 2.4 | Diagrama de la elaboración del material compuesto..... | 27 |
| 2.5 | Determinación de la densidad de la fibra y mallas de acero | 30 |
| 2.6 | Probetas para ensayos destructivos | 36 |
| 2.6.1 | Probetas a tracción | 36 |
| 2.6.2 | Probetas a Flexión | 37 |
| 2.6.3 | Probetas a impacto | 38 |
| 2.7 | Combinación y número de capas..... | 39 |
| 2.8 | Temperatura de curado | 40 |
| 2.9 | Estratificación de las probetas | 40 |
| 2.10 | Distribución de las probetas | 41 |
| 2.11 | Cálculos | 42 |
| 2.11.1 | Factor de mayoración..... | 49 |
| 2.12 | Diseño y construcción del molde | 50 |
| 2.13 | Elaboración de las probetas | 52 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| 2.13.1 | Materiales y equipos | 52 |
| 2.13.2 | Procedimiento de elaboración | 57 |
| 2.14 | Número de probetas para los ensayos | 62 |
| CAPÍTULO III | | 65 |
| 3.1 | Tabulación de los resultados | 65 |
| 3.1.1 | Ficha de datos ensayo de tracción | 65 |
| 3.1.2 | Ficha de datos ensayo de flexión | 77 |
| 3.1.3 | Ficha de datos ensayo de impacto | 89 |
| 3.2 | Análisis de resultados | 101 |
| 3.2.1 | Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del esfuerzo máximo (MPa)..... | 101 |
| 3.2.2 | Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del módulo de elasticidad (MPa) | 103 |
| 3.2.3 | Resultados del ensayo a impacto según la norma ASTM D5628. | 104 |
| 3.3 | Verificación de Hipótesis | 105 |
| CAPITULO IV | | 113 |
| 4.1 | CONCLUSIONES | 113 |
| 4.2 | RECOMENDACIONES | 114 |
| 5. | BIBLIOGRAFÍA | 115 |
| ANEXOS | | 118 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Distribución elemental de un material compuesto. | 6 |
| Figura 2: Cargas de compresión y tracción en el material compuesto. | 7 |
| Figura 3: Categorización del tipo de refuerzo. | 11 |
| Figura 4: Material compuesto con refuerzo de partículas. | 12 |
| Figura 5: Compuesto conformado con refuerzo de whiskers. | 13 |
| Figura 6 : Compuesto conformado con refuerzo de fibras. | 13 |
| Figura 7 : Compuesto conformado con refuerzo de alambre. | 13 |
| Figura 8: Compuesto conformado con compuesto laminar. | 14 |
| Figura 9: Compuesto conformado con refuerzo tipo sánduche. | 14 |
| Figura 10: Esquema del recubrimiento del acero galvanizado | 17 |
| Figura 11: Estratificación manual. | 18 |
| Figura 12: Proceso de estratificación a compresión. | 18 |
| Figura 13: Esquema del ensayo de tracción. | 19 |
| Figura 14: Distribución del ensayo a flexión en tres puntos. | 20 |
| Figura 15: Máquina de ensayo de impacto. | 20 |
| Figura 16: Resina poliéster | 21 |
| Figura 17: Fibra de vidrio | 22 |
| Figura 18: Acero galvanizado. | 22 |
| Figura 19: Malla de acero inoxidable 304 | 23 |
| Figura 20 : Medición de fibra de vidrio | 30 |
| Figura 21: Medición de resina poliéster. | 31 |
| Figura 22 : Medición de fibra de vidrio y resina poliéster. | 31 |
| Figura 23: Medición de malla galvanizada. | 32 |
| Figura 24: Medición de agua. | 32 |
| Figura 25: Medición de malla galvanizada y agua. | 33 |
| Figura 26: Medición de malla acero inoxidable. | 34 |
| Figura 27: Medición de agua. | 34 |
| Figura 28: Medición de malla inoxidable y agua. | 35 |
| Figura 29 : Medidas de probetas a tracción | 36 |
| Figura 30: Medidas de probetas a flexión. | 37 |

| | |
|---|-----|
| Figura 31: Medidas de probetas a impacto | 38 |
| Figura 32: Porcentajes del material compuesto | 41 |
| Figura 33: Distribución de las probetas | 41 |
| Figura 34: Partes del molde | 51 |
| Figura 35: Corte del molde | 52 |
| Figura 36: Marco del molde..... | 52 |
| Figura 37: Molde | 52 |
| Figura 38: Implementación de la cera en el molde..... | 57 |
| Figura 39: Corte de la malla de acero..... | 57 |
| Figura 40: Orden en la elaboración de la matriz del compuesto | 58 |
| Figura 41: Medición de la resina | 58 |
| Figura 42: Medición y mezcla del acelerante y catalizador..... | 58 |
| Figura 43: Colocación de resina poliéster | 59 |
| Figura 44: Colocar la fibra de vidrio | 59 |
| Figura 45: Aplicación de la resina en la fibra de vidrio..... | 59 |
| Figura 46: Implementación de la malla de acero en el material compuesto..... | 60 |
| Figura 47: Compresión de las tuercas en el molde | 60 |
| Figura 48: Molde con el material compuesto. | 60 |
| Figura 49: Desmolde de la probeta | 61 |
| Figura 50: Colocación de la lija..... | 61 |
| Figura 51: Esfuerzo máximo a tracción y flexión (MPa) | 102 |
| Figura 52: Módulo de elasticidad a tracción y flexión(MPa) | 104 |
| Figura 53: Energía media fallo (J) de las probetas. | 105 |
| Figura 54: Tabla T-Student utilizada para los ensayos [24]. | 106 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Tipos de matriz polimérica | 8 |
| Tabla 2: Propiedades de la resina poliéster | 9 |
| Tabla 3: Tipos y propiedades de varias fibras de vidrio. | 15 |
| Tabla 4: Propiedades de la malla de alambre de acero inoxidable. | 16 |
| Tabla 5: Propiedades de la resina poliéster | 21 |
| Tabla 6: Datos del material colchoneta picada de vidrio E..... | 22 |
| Tabla 7: Variable Independiente | 25 |
| Tabla 8: Variable Dependiente | 26 |
| Tabla 9: Ficha de la densidad de la fibra de vidrio | 30 |
| Tabla 10: Ficha de la densidad de la malla galvanizada | 32 |
| Tabla 11: Ficha de la densidad de la malla inoxidable 304 | 34 |
| Tabla 12: Configuraciones del material compuesto a 25 °C..... | 39 |
| Tabla 13: Material compuesto a temperaturas diferentes | 40 |
| Tabla 14: Calculo de la masa y volumen de las probetas | 49 |
| Tabla 15: Recalculo de la resina poliéster | 49 |
| Tabla 16: Lista de materiales para el molde | 50 |
| Tabla 17: Lista de materiales utilizados en la fabricación de las probetas. | 53 |
| Tabla 18: Probetas para los ensayos con temperatura de curado 25°C..... | 62 |
| Tabla 19: Número de probetas a 45°C y 65°C..... | 62 |
| Tabla 20: Probetas tipo A con temperatura de curado a 25 °C..... | 63 |
| Tabla 21: Probetas tipo B con temperatura de curado a 25 °C | 63 |
| Tabla 22: Probetas tipo C con temperatura de curado a 25 °C | 64 |
| Tabla 23: Probetas tipo D con temperatura de curado a 25 °C..... | 64 |
| Tabla 24: Ficha de ensayo a tracción del grupo TA1 a 25°C | 65 |
| Tabla 25: Ficha de ensayo a tracción del grupo TB1 a 25°C..... | 67 |
| Tabla 26: Ficha de ensayo a tracción del grupo TC1 a 25°C..... | 69 |
| Tabla 27: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD1 a 25°C | 71 |
| Tabla 28: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD2 a 45°C | 73 |
| Tabla 29: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD3 a 65°C | 75 |
| Tabla 30: Ficha de ensayo a flexión del grupo TA1 a 25°C..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 31: Ficha de ensayo a flexión del grupo TB1 a 25°C | 79 |
| Tabla 32: Ficha de ensayo a flexión del grupo TC1 a 25°C | 81 |
| Tabla 33: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD1 a 25°C | 83 |
| Tabla 34: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD2 a 45°C | 85 |
| Tabla 35: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD3 a 65°C | 87 |
| Tabla 36: Ficha de ensayo a impacto del grupo TA1 a 25°C | 89 |
| Tabla 37: Ficha de ensayo a impacto del grupo TB1 a 25°C | 91 |
| Tabla 38: Ficha de ensayo a impacto del grupo TC1 a 25°C | 93 |
| Tabla 39: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD1 a 25°C | 95 |
| Tabla 40: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD2 a 45°C | 97 |
| Tabla 41: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD3 a 65°C | 99 |
| Tabla 42: Caracterización del material de compuesto. | 101 |
| Tabla 43: Evaluación de la composición del material compuesto con sus promedios del ensayo a tracción y flexión del esfuerzo máximo (MPa) | 102 |
| Tabla 44: Evaluación de la composición del material compuesto a temperatura ambiente de los ensayos a flexión. | 103 |
| Tabla 45: Evaluación de la composición del material compuesto con los ensayos a impacto con la norma ASTM D5628. | 104 |
| Tabla 46: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a tracción | 107 |
| Tabla 47: Datos del grupo TD1 ensayo a tracción | 108 |
| Tabla 48: Datos del grupo TD3 del ensayo a tracción | 108 |
| Tabla 49: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a flexión | 110 |
| Tabla 50: Datos del grupo TC1 del ensayo a flexión | 110 |
| Tabla 51: Datos del grupo TD3 del ensayo a flexión. | 111 |

RESUMEN

En este trabajo se realizó una investigación experimental de un material compuesto para la determinación de las propiedades mecánicas conformado por resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero. En este material compuesto el refuerzo de malla de acero tiene 2 tipos diferentes como son: malla de acero galvanizado y malla de acero inoxidable, se varió el número de capas de fibra vidrio, la elaboración de las probetas se realizó mediante estratificación a compresión con un molde construido con material de acero A36.

En esta investigación el propósito es encontrar la mejor configuración que proporcione altas propiedades mecánicas, las probetas son ensayadas y fabricadas según las normas ASTM, para ensayo a tracción se implementó la norma ASTM D3039, en los ensayos a flexión la norma ASTM D7264 y ensayo a impacto según la norma ASTM D5628.

Luego de ser ensayadas las probetas, tabulados y recolectados los datos. La configuración que presenta mejores resultados es la de 2 capas de fibra de vidrio, 1 capa de malla de acero inoxidable curada a 25 grados centígrados al ambiente, elaborada con estratificación a compresión tiene como resultado el esfuerzo máximo a tracción de 64,01 (MPa), esfuerzo máximo a flexión de 145,85 (MPa) y energía media de fallo de 0,910 (J).

ABSTRACT

In this work, an experimental investigation of a composite material for the determination of the mechanical properties made up of polyester resin reinforced with fiberglass and steel mesh was carried out. In this composite material, the steel mesh reinforcement has 2 different types such as: galvanized steel mesh and stainless steel mesh, the number of fiberglass layers was varied, the preparation of the test pieces was carried out by compression stratification with a mold Constructed of A36 steel material.

In this research the purpose is to find the best configuration that provides high mechanical properties, the specimens are tested and manufactured according to ASTM standards, for tensile testing the ASTM D3039 standard was implemented, in the bending tests the ASTM D7264 standard and test to impact according to ASTM D5628.

After being tested the specimens, tabulated and collected the data. The configuration that presents the best results is that of 2 layers of fiberglass, 1 layer of stainless steel mesh cured at 25 degrees centigrade in the environment, made with compression stratification, resulting in a maximum tensile stress of 64.01 (MPa), maximum bending stress of 145.85 (MPa) and mean failure energy of 0,910 (J).

TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

La revista de publicaciones científicas Springer Science+Business Media publicó en el año 2018 el artículo científico: “INVESTIGATION ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF STAINLESS STEEL WIRE MESH-GLASS FIBRE REINFORCED POLYMER COMPOSITE ” realizada por los señores M. Sakthivel, S. Vijayakumar, B. Vijaya Ramnath en el Departamento de Ingeniería Mecánica del T. John Institute of Technology ubicado en la India, la investigación se basaba en la fabricación de un material compuesto de fibra de vidrio tejida y malla de acero inoxidable con el tipo de resina epoxi.

Teniendo como resultado que en el compuesto con fracciones de un peso 10% de malla de alambre de acero inoxidable, un peso de fibra de vidrio de 52.2% y 37.5 en peso de resina epoxi tiene un incremento de sus propiedades mecánicas si se compara con los demás tipos de composiciones con propiedades módulo de flexión 18,3 GPa en el ensayo de flexión, en el ensayo de impacto la energía absorbida es 9 J y ensayo a tracción con un módulo de tracción 18,3 GPa. Todas las probetas que se utilizaron mallas de alambre de acero inoxidable presentaron un incremento en la primera carga de fisura. Concluyendo que la incorporación de malla de acero inoxidable en el compuesto es una nueva técnica para el incremento de las propiedades y un aumento del rendimiento. [1]

La revista de International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management público en el año 2014 el artículo científico: “MECHANICAL PROPERTIES FOR POLYESTER RESIN REINFORCE WITH FE WEAVE WIRE” realizada por los señores Alaa A. Abdul-Hamead, Thekra Kasim y Awattiff A.Mohammed en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Bagdad ubicado en Irak, la investigación se realizó para el estudio de un compuesto polimérico de poliéster con refuerzo de alambre tejido de hierro.

La investigación de este artículo se centralizó en las propiedades mecánicas de la matriz de poliéster con refuerzo de alambre de tejido de hierro con varios porcentajes en peso de (5,10,15,20%) de la composición. Al efectuar los ensayos los resultados indican que al proporcionar el refuerzo de metal en el compuesto se aumenta el valor de las propiedades mecánicas dependiendo del incremento de porcentaje metálico como refuerzo. [2]

En el año 2017, en la Facultad de Ingeniería, perteneciente a la Universidad Nacional De Trujillo, el Señor Edwin Castillo, estudiante de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Materiales, desarrolló la indagación del tema: “INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN EN PESO DE FIBRA DE CABUYA Y TEMPERATURA DE CURADO SOBRE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE UN COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER – FIBRA DE VIDRIO”, se evaluó:

El compuesto híbrido de matriz poliéster con refuerzo de fibra de vidrio y cabuya a varios porcentajes en peso con diferentes temperaturas de curado 25, 45 y 65 ° C de las probetas. Determinando que los valores más altos de resistencia al impacto se alcanzaron en compuestos híbridos reforzados con fibra de cabuya al 15% en peso y fibra de vidrio. Estos compuestos híbridos que estuvieron expuestos a temperatura ambiente 25 °C proporcionaron la más alta resistencia al impacto promedio 68.60 KJ/m². [3]

En la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería civil y mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico por el señor Daniel Federico Castro Chico en el año 2017, en la investigación del tema “ANÁLISIS DEL MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE

CARROCERÍAS METALMECÁNICAS PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS” se determinó que:

Con el conformado de la matriz de resina poliéster de 70% con refuerzo de fibra de vidrio 30%, forro del techo interior tiene las mejores propiedades mecánicas con las probetas según la norma para tracción - ASTM D3930 el esfuerzo de rotura a tracción es 89,17 MPa obteniendo un módulo de elasticidad de 2,74 GPa, con las probetas según la norma para Flexión - ASTM D7264-07 el esfuerzo de rotura a flexión es de 28,63 MPa con un módulo de flexión de 58,46 GPa además se obtuvo la energía de impacto de 3,76 (J). [4]

En el año 2018, la investigación realizada por el señor Oscar Fabricio Freire Bonilla en su trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico presentado en la Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Mecánica, con el tema: “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS” determinó que:

Mediante el compuesto de cuya fracción volumétrica de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina poliéster y 9 % de hidróxido de aluminio se obtuvo un valor promedio del grupo de probetas denominadas PA9-T este grupo tuvo mejor esfuerzo máximo de tracción con un valor promedio de 92,081 MPa. En el otro grupo de probetas denominadas PM6-F que se realizó el ensayo a flexión se tuvo el valor promedio de 254,093 MPa obteniendo el más alto esfuerzo máximo de flexión, compuesta por una estructura de fracción volumétrica de refuerzo con fibra de vidrio de 30%, además de una matriz de resina poliéster con 64% y 6 % de hidróxido de aluminio. [5]

1.2 Justificación

El proceso de la elaboración de un material compuesto es el procedimiento de unir diferentes tipos de materiales en el que se realiza una combinación para lograr obtener mejores propiedades mecánicas generalmente este tipo de creación se los realiza ya que cada uno de estos materiales por separado no logran obtener esta mejora al momento de la aplicación de este material en la industria. [6] [7]

Al obtener un aumento de las propiedades mecánicas en las diferentes combinaciones ha incentivado al desarrollo de un gran número de combinaciones de materiales [8]. Encontrando aplicaciones de estos materiales compuestos en la industria como la carrocería, aeroespacial y embarcaciones este tipo de composiciones se ha ido implementando en nuevos campos de la industrial por tal motivo se realiza esta investigación en busca de obtener las propiedades mecánicas de esta combinación de materiales. [6] [2]

Generalmente la combinación de los materiales compuestos se puede implementar entre más de dos materiales, esta investigación se realiza con una matriz de poliéster con un refuerzo de fibra de vidrio, malla metálica de acero inoxidable y malla galvanizada. La matriz de resina poliéster está compuesta por características que permite la unión de todo tipo de refuerzo este tipo de matriz aporta una fácil manipulación además de añadir excelentes propiedades. La investigación se enfoca en la caracterización de un material compuesto con una matriz polimérica ya que al utilizar la resina poliéster proporciona grandes ventajas como el aumento de la vida de los componentes, proporciona una mayor rigidez además incrementa la resistencia al impacto. [9] [10]

En la investigación se propone una comparación entre cada uno de los compuestos como son los de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de vidrio, refuerzo de malla de acero inoxidable y malla de acero galvanizado para obtener en cada uno de los compuestos las propiedades mecánicas de cada combinación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Caracterizar mecánicamente el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero para determinar las propiedades mecánicas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener el material compuesto de matriz poliéster con refuerzo de fibra de vidrio y malla de acero a diferente temperatura de curado.

Mediante la configuración de cada composición, el curado al ambiente y al horno de algunas probetas el material compuesto conformara un nuevo material.

- Realizar probetas del material compuesto para someterlos a ensayos de tracción, flexión e impacto que estarán regidas por las normativas ASTM.

Para la elaboración de las probetas se fabricará un molde para luego proceder con las herramientas de corte a la elaboración de las probetas con las medidas de cada una de las normas ASTM aplicadas según cada ensayo a tracción se implementó la norma ASTM D3039, flexión la norma ASTM D7264 e impacto según la norma ASTM D5628.

- Determinar las propiedades mecánicas mediante ensayos de tracción, flexión e impacto de cada uno de los compuestos de matriz poliéster.

Mediante la tabulación de datos se identificará las propiedades mecánicas de cada composición y se logrará identificar el material con los resultados más óptimos.

1.4 Fundamentación teórica

1.4.1 Material compuesto

Un compuesto es creado de varias y diferentes fragmentos o componentes, en la aplicación del diseño en ingeniería, un material compuesto puede ser de un material creado por componentes en una categoría de niveles que puede ser micro a macro, e inclusive beneficia el rango macro en la ingeniería. El material compuesto es un procedimiento de materiales desarrollados que se encuentra en forma de combinación

apropiadamente colocada entre 2 materiales o más, que se diferencian en estructura y constitución química y son fundamentalmente insolubles entre los componentes utilizados. En la ingeniería este tipo de materiales son muy utilizados y de gran importancia ya que se puede combinar dos o más tipos de materiales que se utilizaran en la composición para lograr obtener propiedades mecánicas superior a las obtenidas individualmente como dureza, rigidez, beneficio a temperaturas elevadas, resistencia [6].

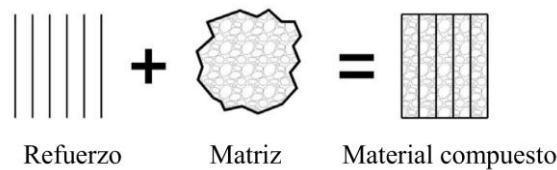


Figura 1: Distribución elemental de un material compuesto. [11]

1.4.2 Clasificación de los materiales compuestos

Existe 2 tipos de clasificación de los materiales compuestos se lo puede dividir por el tipo de matriz y por el refuerzo.

1.4.3 La matriz

La matriz en el compuesto se presente en fase continua en cambio el refuerzo estará en una fase embebida o inmerso en el compuesto. Entre las funciones principales de la matriz en el material compuesto son las siguientes:

- Especificar las cualidades y características química además de físicas.
- Proporcionar, resguardar y ofrecer adherencia en el material.
- Esta matriz brindara la posibilidad de trasladar las cargas al refuerzo que se implemente.

La matriz muestra varias características principales al aplicar cargas mecánicas como:
En la aplicación de cargas de Compresión: La matriz resiste el esfuerzo que se aplica en el material compuesto.

En la aplicación de la tracción: La matriz transporta la carga a las fibras, las cuales resisten el esfuerzo aplicado [12].



Figura 2: Cargas de compresión y tracción en el material compuesto. [12]

1.4.4 Tipos de matriz

1.4.4.1 Compuesto con matriz metálica

En la obtención de materiales compuestos con matriz metálica esta la composición conformada por los elementos metálicos como aluminio, cobre también las aleaciones metálicas.

Es indispensable que al momento de elaborar los materiales compuestos el refuerzo implementado proporcione algunas exigencias:

- Tener una reducida densidad.
- Tener una compatibilidad tanto química como también mecánica.
- Poseer una alta resistencia a la compresión.

1.4.4.2 Compuesto con matriz cerámica

Los materiales compuestos con una matriz cerámica proporcionan una superioridad en el material de alta estabilidad termodinámica por tal motivo se implementa en la industria para altas temperaturas que requieran soportar el material. Los más utilizados refuerzos en este tipo de matriz son las fibras de carburo de silicio y principalmente también las de óxido de aluminio.

1.4.4.3 Compuesto con matriz polimérica

Utilizados principalmente para aplicaciones en los elementos compuestos por el motivo de brindar una gran facilidad de adaptarse al compuesto y fácil maleabilidad, además permite fabricar los elementos en una temperatura ambiente obteniendo un material con altos valores de propiedades mecánicas. En esta investigación se escogió para la fabricación del compuesto la resina poliéster la que corresponde al conjunto de los polímeros llamados termoestables [13].

1.4.5 Tipos de matriz poliméricas

1.4.5.1 Matriz termoestable

El tipo de matriz termoestables es un polímero que no consigue fluir por consecuencia de las altas temperaturas es decir que este tipo de polímeros no logra remodelados o reutilizar este polímero es decir reutilizar sus residuos no es posible en consecuencia, este tipo de material no se puede reciclar como en el caso de los termoplásticos si nos permite. Este material tiene mayor dureza y fragilidad si se los contrasta con el tipo de matriz polimérica termoplástica. En los termoestables se consideran las siguientes resinas como el epoxi, poliéster entre otras.

Tabla 1: Tipos de matriz polimérica. [13]

| Resinas | Clasificación |
|----------------|----------------------------------|
| Termoplásticos | Polipropileno (PP) |
| | Poliamidas (PA) |
| | Policarbonato (PC) |
| | Poliésteres Saturados (PET, PBT) |
| | Poliacetales (POM) |
| | Polieteretercetonas (PEEK) |
| | Polímeros fluorados (PF) |
| Termoestables | Poliésteres insaturados (UP) |
| | Poliepóxicos (EP) |
| | Poliamidas (PI) |
| | Poliesterilpirioinas (PSP) |
| | Fenoplastos (PF) |
| Elastoméricas | Poliuretanos (PU) |
| | Silicona (SI) |

1.4.5.2 Matriz termoplástica

Tiene la característica que al aplicar una temperatura determinada su forma cambia en el material puede derretirse o también se puede ablandarse con las temperaturas altas aplicadas en el material, este proceso se lo puede realizar repetidamente y como consecuencia en sus propiedades no se notaran alteraciones críticas. Algunos que son los más conocidos entre la matriz termoplástica está el polietileno, el poliestireno entre otros [14].

1.4.5.3 Matriz elastomérica

Con la aplicación de esfuerzos en el material hecho de polímero elastómero se logra deformarse de una forma clara, y se puede lograr llegar a su forma original del material al dejar de destinar los esfuerzos en el material. En estos polímeros tenemos el caucho natural también el sintético entre otros.

1.4.6 Resina poliéster

Este tipo de resinas poliéster son las más implementadas en las matrices termoestables a nivel mundial. Por las diferentes características son manipuladas en la fabricación de embarcaciones, además tiene un costo bajo a comparación de las demás matrices termoestables.

Estas resinas son componentes inestables y tienen inclinaciones a polimerizar y también a gelificarse, para la utilización de esta clase de resina se garantiza su formación con la aplicación de inhibidores.

Tabla 2: Propiedades de la resina poliéster. [10]

| Propiedad | Resina poliéster |
|--------------------------|----------------------------|
| Densidad | 1.2-1.5 Mg m ⁻³ |
| Módulo de Young | 2-4.5 GN m ⁻² |
| Resistencia (Tracción) | 40-90 MN m ⁻² |
| Resistencia (compresión) | 90-250 MN m ⁻² |
| Alargamiento a la rotura | 2% |

1.4.6.1 Tipos de resina poliéster.

Existe una variedad de alcoholes y ácidos al inicio de implementarlos, dependiendo de la naturaleza de sus monómeros en la composición. Se clasifican en:

- **Ortoftálicas:** este tipo de resina poliéster tiene como composición el anhídrido maleico y anhídrido ftálico con glicone estas resinas son las más utilizadas y son de bajo costo. Absorben hasta un 2.5% de agua en inmersiones prolongadas. Son utilizados frecuentemente para ambientes no agresivos.
- **Isoftálicas:** la resina tiene excelente resistencia para los ambientes marinos ya que posee la propiedad de menos absorción. En esta resina se reemplaza el anhídrido ftálico por ácidos isoftálicos, incrementando la propiedad de la resistencia al agua.

- Isoftálica con neopentilglicol (NPG): el propilen glicos es reemplazado por neopentil glicol optimizando la resistencia química del tipo de resina isoftálica.
- Bisfenólicas: este tipo de composición tiene un alto costo, el más apto para implementar en medios corrosivos. Además, poseen altas propiedades mecánicas y químicas en comparación a las Ortoftálicas y Isoftálicas [10].

1.4.7 Proceso de curado

La resina pasa por una etapa denominado curado consiste en una transformación de un estado líquido de la resina a un estado sólido. Para lograr que la resina cambie de estado es decir llegar a la polimerización con una temperatura ambiente es indispensable añadir al instante de su uso unas sustancias conocidas como iniciador y activador o también conocido como acelerador en las proporciones recomendadas por el productor de la resina a utilizar.

El iniciador logra que se produzca y comience la reacción, normalmente este tipo de sustancias está conformado por peróxidos orgánicos, este tipo de sustancias está en estado líquido se le añade a la resina en porcentajes dependiendo del peso de la resina a utilizar, y que puede estar dentro del rango del 1% y 3% de iniciador o catalizador.

El activador se ocupa dependiendo del iniciador. El acelerador (activador) está compuesto comúnmente por sales de cobalto orgánicas y se le agrega a la resina en forma líquida este acelerador está dentro de unos porcentajes de 0.1% y 0.3% [10].

1.4.7.1 Etapas del curado

La elaboración de la resina poliéster estará conformado por 3 etapas específicamente en el curado:

- **Gelificación**

En esta etapa del curado se transforma la resina de un líquido fluyente a un gel blando este es el principio del proceso de curado.

- **Endurecimiento**

La resina se transforma del gel blando a un material endurecido eso permitirá que la pieza o el material se pueda separar del molde.

- **Curado final**

Esta es la última etapa en el proceso del curado que proporcionara a la resina poliéster las propiedades mecánicas y químicas.

1.4.7.2 Factores del curado

- La temperatura ambiente, en el mayor número de resinas no se logra el proceso del curado a temperaturas menores de 16 °C.
- Un factor importante es la cantidad de catalizador y acelerador en el compuesto.
- La humedad relativa debe estar de 40 hasta 54% es imprescindible conservarla dentro de este rango.
- En el proceso del curado el aumento de la temperatura provoca una disminución del tiempo de gelificación.
- En el laminado el aumento del espesor reducirá el lapso de gelificación [15]

1.4.8 Refuerzo

El refuerzo es conocido como fase discontinua este elemento resiste la carga es una parte fundamenta en la fabricación de los materiales compuestos. Se aplica estos elementos para producir en el compuesto un aumento de las propiedades mecánicas, puede ser utilizado para aumentar u optimizar el comportamiento del compuesto en condiciones a elevadas temperaturas, proporciona mejor resistencia del material [16].

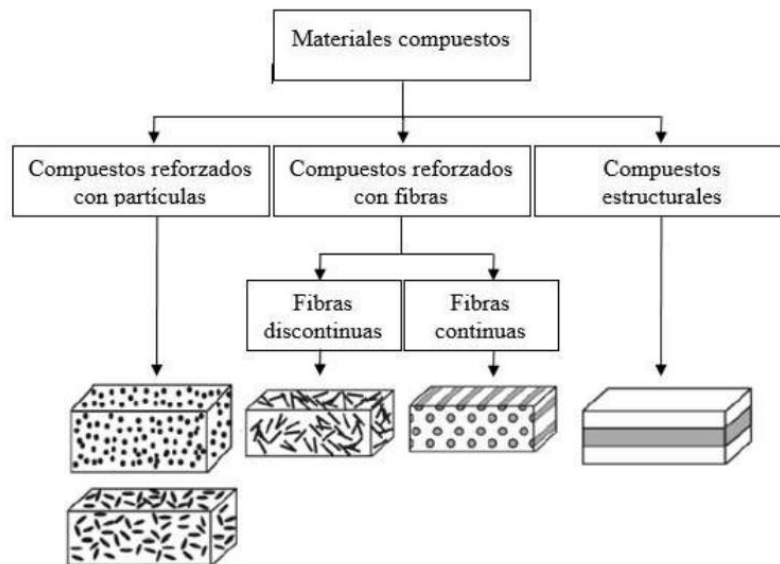


Figura 3: Categorización del tipo de refuerzo. [16]

1.4.8.1 Compuestos reforzados con partículas

Este tipo de refuerzo este compuesto por partículas que pueden variar su tamaño estas pueden ser grandes o también partículas consolidadas por esparcimiento. Lo principal de estas partículas es resistir una parte de la carga aplicada en la matriz ya que la matriz transportará una fracción del esfuerzo aplicado a estas partículas. Este tipo de compuesto no proporcionara un refuerzo fuerte para las propiedades mecánicas. En el tipo de materiales consolidados de partículas por dispersión, es fundamental distinguir que estos materiales comúnmente poseen diámetros dentro del rango 10 y 100 nm [17].

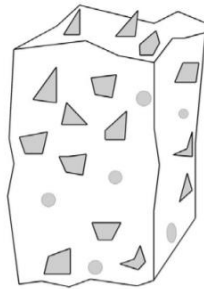


Figura 4: Material compuesto con refuerzo de partículas. [17]

1.4.8.2 Compuestos reforzados con fibras

En los compuestos reforzados con fibras son el tipo de materiales que proporciona mayor importancia a partir de lo tecnológico, estos compuestos están conformados en la fase dispersa por las fibras. La fabricación de estos compuestos en su mayoría lograra incrementar su resistencia a la fatiga implementando una fibra resistente y rígida además lograra mejorar su rigidez, con una matriz que sea más blanda y dúctil. La característica de la implementación de estas fibras es que se lograra que la matriz del compuesto traslade la carga que se le aplique a las fibras.

Este refuerzo puede ser agrupado en whiskers, fibras y alambre. Considerando la variación de las fibras en diámetro y por las diferentes características que proporcionara cada fibra. [17]

El compuesto conformado con refuerzo conocido como Whiskers esta clase de refuerzo son monocristalino muy finos con característica de una relación (longitud /diámetro) grande.



Figura 5: Compuesto conformado con refuerzo de whiskers. [17]

El compuesto conformado por refuerzo de fibras son elementos policristalinos, sus características primordiales son: poseen longitudes extensas y compuesto por diámetros pequeños. La composición de las fibras son principalmente polímeros o cerámicos algunos ejemplos son el vidrio, carbono y boro etc. En este grupo también se considera la implementación de las fibras naturales como refuerzo en los materiales compuestos algunos ejemplos son la cabuya y el algodón entre otros.

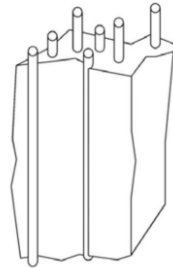


Figura 6 : Compuesto conformado con refuerzo de fibras. [17]

Alambre este refuerzo tiene una característica que poseen diámetros elevados. La composición de estos refuerzos abarca el acero, molibdeno y tungsteno. Esta conformación es implementada principalmente como refuerzos radiales en la aplicación de las llantas.

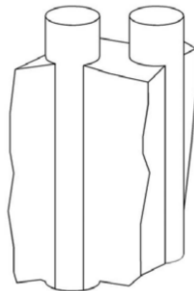


Figura 7 : Compuesto conformado con refuerzo de alambre. [17]

1.4.8.3 Compuestos estructurales

En este compuesto el refuerzo está conformado por elementos estructurales en este tipo de elementos está muy ligado la geometría de los elementos, esto quiere decir que no depende exclusivamente de los materiales constituyentes para el resultado de sus propiedades.

- Compuestos laminares

Está compuesto por laminas que poseen una orientación primordial para la obtención de alta resistencia, un ejemplo de este tipo de compuestos es la madera y en algunas aplicaciones poliméricas conformadas por fibras con una distribución alineada. Cada una de los elementos o capas deben ser apiladas y luego aseguradas.

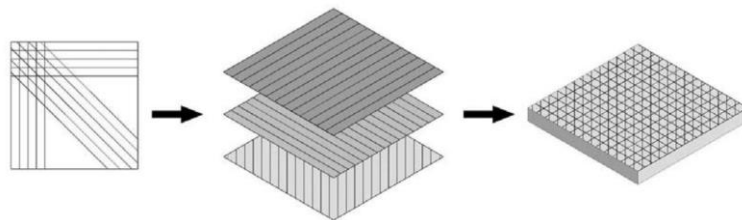


Figura 8: Compuesto conformado con compuesto laminar. [17]

- Paneles tipo sánduche

Está fabricada por una delgada capa que se utilizara en el compuesto como parte de recubrimiento del material compuesto además se incorpora un elemento ligero que tendrá la función de relleno de compuesto, el material conformado por la unión del relleno y el elemento de recubrimiento proporcionara resistencia y rigidez ya que los elementos individualmente ya sea el relleno o el material de recubrimiento no son resistentes ni rígidos.

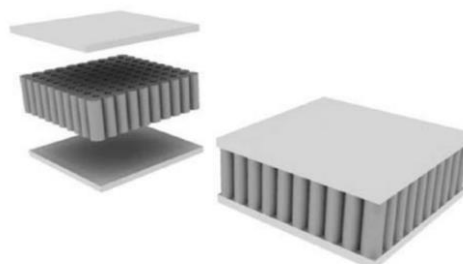


Figura 9: Compuesto conformado con refuerzo tipo sánduche. [17]

1.4.9 Fibras de vidrio

Este tipo de refuerzo como son las fibras de vidrio, son los más manejados y comunes para la fabricación de un compuesto con matriz polimérica, son implementados por las grandes ventajas que proporcionan como el reducido costo que tiene la fibra de vidrio, tiene buenas características de aislamiento, además de tener la particularidad de tener una alta resistencia a la tensión. Los diámetros de estas fibras están dentro de 3-20 μm . [18]

Los 3 tipos de vidrios representativos en la implementación de elementos compuestos son el tipo de vidrio E (Eléctrico) es el que se implementa con mayor frecuencia por las características que son: buenas propiedades de resistencia, rigidez, esta clase de fibra E se estira bien. El tipo de vidrio C (corrosión) posee una alta resistencia a la corrosión química a comparación del tipo E que es menor, una de las desventajas que posee es más caro además de reducir sus características de resistencia. El vidrio de tipo S es de mayor costo que el vidrio tipo E, este vidrio tipo S posee un alto módulo de Young, proporciona mayor resistencia a la temperatura [6] [19].

Tabla 3: Tipos y propiedades de varias fibras de vidrio.[20]

| TIPO | Vidrio A | Vidrio E | Vidrio S | Vidrio R |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| Diámetro de hilo [μm] | 5-13 | 10-20 | 10 | 10 |
| Densidad [g/cm^3] | 2,5 | 2,54 | 2,48 | 2,59 |
| Módulo de elasticidad [GPa] | 69 | 72,5 | 86 | 85 |
| Resistencia a tracción [GPa] | 3,1 | 3,4 | 4,59 | 3,4 - 4,4 |
| Elongación a la ruptura | 4,3 | 4,5 | - | 5,2 |

1.4.9.1 Característica de la fibra de vidrio

- Resistencia mecánica, la resistencia específica (tracción/densidad) superior a la del acero.
- El costo de fabricación de la fibra de vidrio es relativamente bajo además de proporcionar una gran facilidad de fabricación.
- Posee alta relación de peso- resistencia.

- La gran compatibilidad de lograr relacionarse con una cantidad numerosa de resinas sintéticas esto quiere decir que tiene una compaginación con casi la totalidad de matrices orgánicas.
- Estabilidad dimensional.
- La fibra de vidrio tiene la característica de ser incombustible ya que pertenece a un material mineral.
- Posee un buen aislante eléctrico incluido cuando este sea conformado por espesores pequeños [20].

1.4.10 Acero inoxidable

Este tipo de aceros posee una alta resistencia y ductilidad además de su composición alta de cromo y tiene la característica de la resistencia a la corrosión. Se los conoce como inoxidables ya que en la presencia del oxígeno (aire), desarrollan una película de óxido de cromo muy delgada que tiene la característica de ser muy dura y adherente que brinda una protección en el acero para evitar la corrosión. Otros elementos que constituyen los aceros inoxidables son el níquel, manganeso y molibdeno entre otros. Con el aumento de la composición de carbono en los aceros inoxidables, se reducirá la resistencia a la corrosión [21].

Tabla 4: Propiedades de la malla de alambre de acero inoxidable. [8]

| Propiedades | Valor |
|---------------------------|--------------------------|
| Grado | 304 |
| Configuración de malla | 64 mallas/pulgada |
| Resistencia a la tracción | 620 MPa |
| Densidad | 8.0 g/cm ³ |
| Punto de fusión | 1420 ° C |
| Módulo de rigidez | 70,3 KN/mm ² |
| Módulo de elasticidad | 187,5 KN/mm ² |

La malla de alambre de acero inoxidable de grado AISI 304 provee una excelente resistencia a una amplia gama de exposiciones a la industria química, textil, petrolera y alimentaria. La malla inoxidable 304 no se puede endurecer mediante tratamiento térmico [8].

1.4.11 Acero galvanizado

Es un tipo de acero al carbono revestida por una capa compuesta por zinc este tipo de recubrimiento es delgado; el elemento del zinc en este acero galvanizado es más activo que el hierro y brinda la característica de preservar el acero. Para la conformación de este material se sumerge el acero en un baño de zinc. El zinc es el anódico en esta composición por eso provoca que se corroe y brinda la protección en el acero, el acero es el cátodo en esta conformación. Algunas de las principales aplicaciones del acero galvanizado están las puestas, tornillos etc. [7] [6]

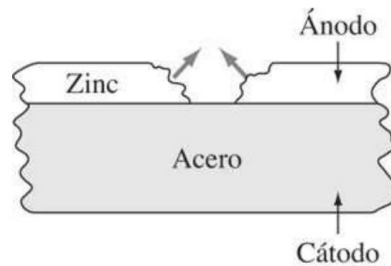


Figura 10: Esquema del recubrimiento del acero galvanizado. [6]

1.4.12 Elaboración del material compuesto

Hay diferentes tipos de elaboración del material compuesto algunos de ellos son la estratificación manual y estratificación a compresión estos son los más conocidos e implementados:

- a) Estratificación manual

Este tipo de estratificación manual es implementado ya que presenta una gran facilidad de fabricación y considerado como una técnica de reducido costo, una característica primordial es que no necesita de implementación de calor externo, una ventaja es que no requiere de una alta presión de moldeo al momento de la fabricación del compuesto. Por lo general para la aplicación de este tipo de estratificación manual se implementa las resinas termoestables como son el poliéster, epóxicas y fenólicas, la aplicación de este tipo de matriz proporcionara una alta adherencia de los refuerzos. [16]

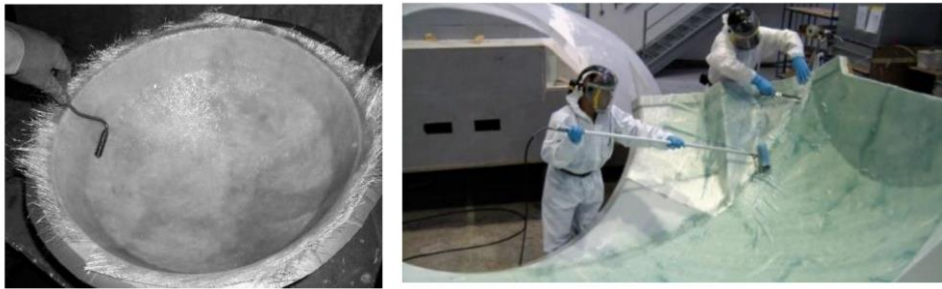


Figura 11: Estratificación manual. [14]

b) Estratificación a compresión

El método de elaboración mediante la estratificación a compresión se produce del molde entre dos placas de composición metálica, este tipo de proceso ha sido muy utilizado y perfeccionado con el transcurso del tiempo. En este proceso a los moldes que se utilizan se denominan macho -hembra, estos tipos de moldes deben tener la característica de poseer un diseño simple para lograr aplicar una presión fácilmente en los moldes.

Esta técnica se logra emplear a los materiales termoplásticos y a los termoestables, consiste en intercalar entre la matriz y el refuerzo entre estos 2 elementos en el molde trazado para a continuación ser prensado el material compuesto. Para la aplicación se requiere una cantidad determinada de la composición de los elementos a implementar para introducirlos en el molde luego se aplicará la presión hidráulica y calor.

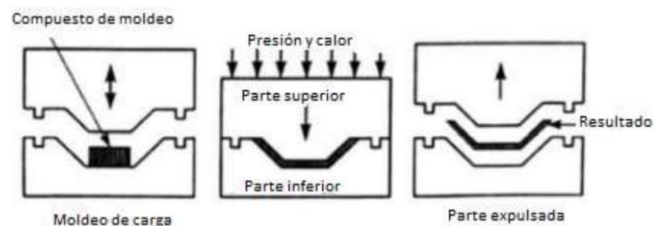


Figura 12: Proceso de estratificación a compresión. [16]

1.4.13 Ensayos de materiales

Para la obtención de datos en ensayos de tracción, flexión, impacto se necesita de la aplicación de ensayos destructivos para determinar las propiedades mecánicas del material compuesto. Estos ensayos deben estar regidos a normas como ASTM, ISO y INEN, las probetas se las ensaya en circunstancias simuladas para obtener resultados satisfactorios. Para los ensayos se aplicará las normas ASTM en la investigación y ensayos destructivos [14].

1.4.13.1 Ensayo de tracción

Este ensayo mediante la norma Sociedad Americana para Ensayos y Materiales ASTM D3039 este ensayo es muy utilizado para la caracterización de materiales, está compuesto por 2 mordazas una en cada extremo de la probeta la cual será aplicada una fuerza uniaxial creciente y la probeta deberá estar normalizada para el ensayo esta se deformará, la fuerza será aplicada hasta llegar a la rotura del elemento al momento del esfuerzo en cada uno de los extremos no deberá existir deslizamiento [18].

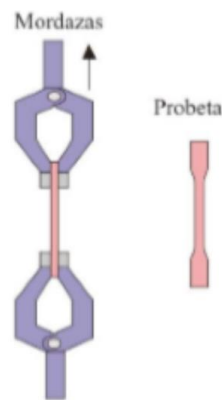


Figura 13: Esquema del ensayo de tracción. [14]

1.4.13.2 Ensayo a flexión

El ensayo a flexión se realiza mediante probetas normalizadas en este caso se aplica la norma ASTM D7264/D7264M-07 Sociedad Americana para Ensayos y Materiales. La aplicación de este ensayo proporciona los resultados de la rigidez a la flexión y propiedades de resistencia de un material compuesto conformado con matriz polimérica. El ensayo de esta propiedad mecánica se lo realiza con una viga normalizada esta prueba se radica fundamentalmente en 3 puntos de carga, está constituido por 2 soportes simples y una carga puntual en el centro de la probeta. Al momento de la aplicación del ensayo a flexión las propiedades pueden variar de acuerdo con el espesor de la probeta que se vaya a ensayar, también un punto a considerar es la aplicación de la velocidad del esfuerzo, o en el ambiente de la aplicación de los experimentos [17].

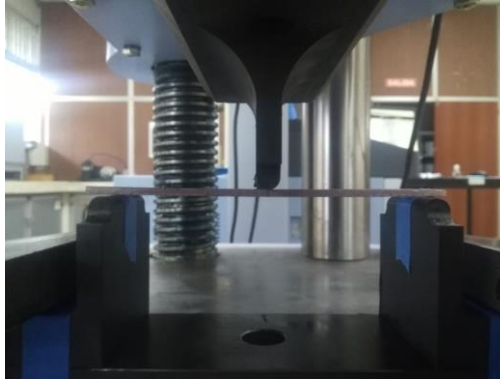


Figura 14: Distribución del ensayo a flexión en tres puntos. [17]

1.4.13.3 Ensayo de impacto

En la aplicación del ensayo de impacto rige la norma ASTM D5628 en esta investigación, conformado por la caída de dardo con este estudio se obtiene la energía de falla del material. Al momento de la aplicación la superficie de la probeta debe estar libre de fallas para tener datos exactos y sin errores al momento de realizar el ensayo. Esta aplicación del ensayo destructivo se enfoca en la caída de un dardo en el elemento fabricado, el área de la probeta deberá ser inspeccionada para observar si ha soportado la caída del dardo o a sufrido daño [16].



Figura 15: Máquina de ensayo de impacto.

Fuente: Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Resina poliéster

En este trabajo experimental se utilizó la resina poliéster transparente RD1T-230K, esta resina se obtuvo del almacén Pintulac, servirá como la matriz del nuevo material compuesto



Figura 16: Resina poliéster

Tabla 5: Propiedades de la resina poliéster

| Propiedad | Valor | Unidad |
|-------------------------|-----------|-------------------|
| Punto de inflamabilidad | Aprox, 33 | °C |
| Densidad | 1.1 | g/cm ³ |

2.1.2 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio utilizada en el trabajo experimental es conocida como colchoneta picada de fibra de vidrio E con una uniformidad de peso de 375 g/m².

Está compuesta por estera de hebras cortadas esta composición consta de hebras o fibras de vidrio cortadas de 50 mm de longitud, en la cual se dispersan uniformemente en toda la fibra de vidrio, este tipo de fibra de vidrio esta añadido un aglutinante de poliéster para la unión. Las ventajas primordiales que presenta son menor costo, facilidad de formar, buen mojado.



Figura 17: Fibra de vidrio

Tabla 6: Datos del material colchoneta picada de vidrio E [22]

| Propiedad | Unidad | Especificación | Estándar |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| Uniformidad de peso | Gramos / Metro cuadrado | -5% ~ 10% | ISO3374-2000 |
| Contenido de humedad | % | ≤0,2 | ISO3344-1997 |
| Contenido de aglutinante | % | 2.6-3.6 | ISO1887-1995 |
| Resistencia a la tracción | N | Mín. 130 | ISO3342-1995 |

2.1.3 Acero galvanizado

Uno de los materiales de refuerzo utilizados en el material compuesto es la malla de acero galvanizado. Este material es una malla cuadrangular está conformado por delgados alambres de material galvanizado.



Figura 18:Acero galvanizado

2.1.4 Acero inoxidable

El refuerzo del material del compuesto será la malla de acero inoxidable es producida con hilos delgados de alambre, estos alambres son de composición de acero inoxidable de calidad AISI 304. Estas mallas están desarrolladas por alambres o hilos anticipadamente ondulados y conformados alternativamente para crear una malla lisa.

La obtención de este tipo de malla se compró en la ciudad de Ambato en el almacén Ambatol.



Figura 19: Malla de acero inoxidable 304

2.2 MÉTODOS

En la elaboración y ensayos del material se tomaron en cuenta los siguientes métodos

2.2.1 Descriptivo

El método se implementa en esta investigación para lograr la descripción de las propiedades tanto físicas como mecánicas de la conformación de este material para identificar las características proporcionadas en cada combinación realizada, que serán aplicadas en cada uno de los ensayos, y mediante fichas técnicas identificar cada uno de los materiales y su variación.

2.2.2 Experimental

Se emplea el método de investigación experimental debido a que se realizara en cada una de las probetas 3 ensayos como son de flexión, tracción e impacto. La obtención de datos por los resultados de los ensayos mediante análisis de los mismo nos permitirá encontrar la mejor composición del material.

2.2.3 Bibliográfico

El método bibliográfico nos proporciona una base al momento de la investigación ya que nos permitirá fundamentar la teoría relacionada a los materiales compuestos, la información de tesis, libros, artículos realizados dentro y fuera del país es fundamental para lograr tener resultados correctos.

2.2.4 Exploratorio

El método exploratorio es aplicable por la conformación del material compuesto implementando resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero, con diferentes combinaciones y encontrar la combinación con mejores propiedades mecánicas de compuesto.

2.3 Hipótesis

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

2.3.1 Señalamiento de las variables de la hipótesis

2.3.1.1 Variable independiente

Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero.

2.3.1.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas

2.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 7: Variable Independiente

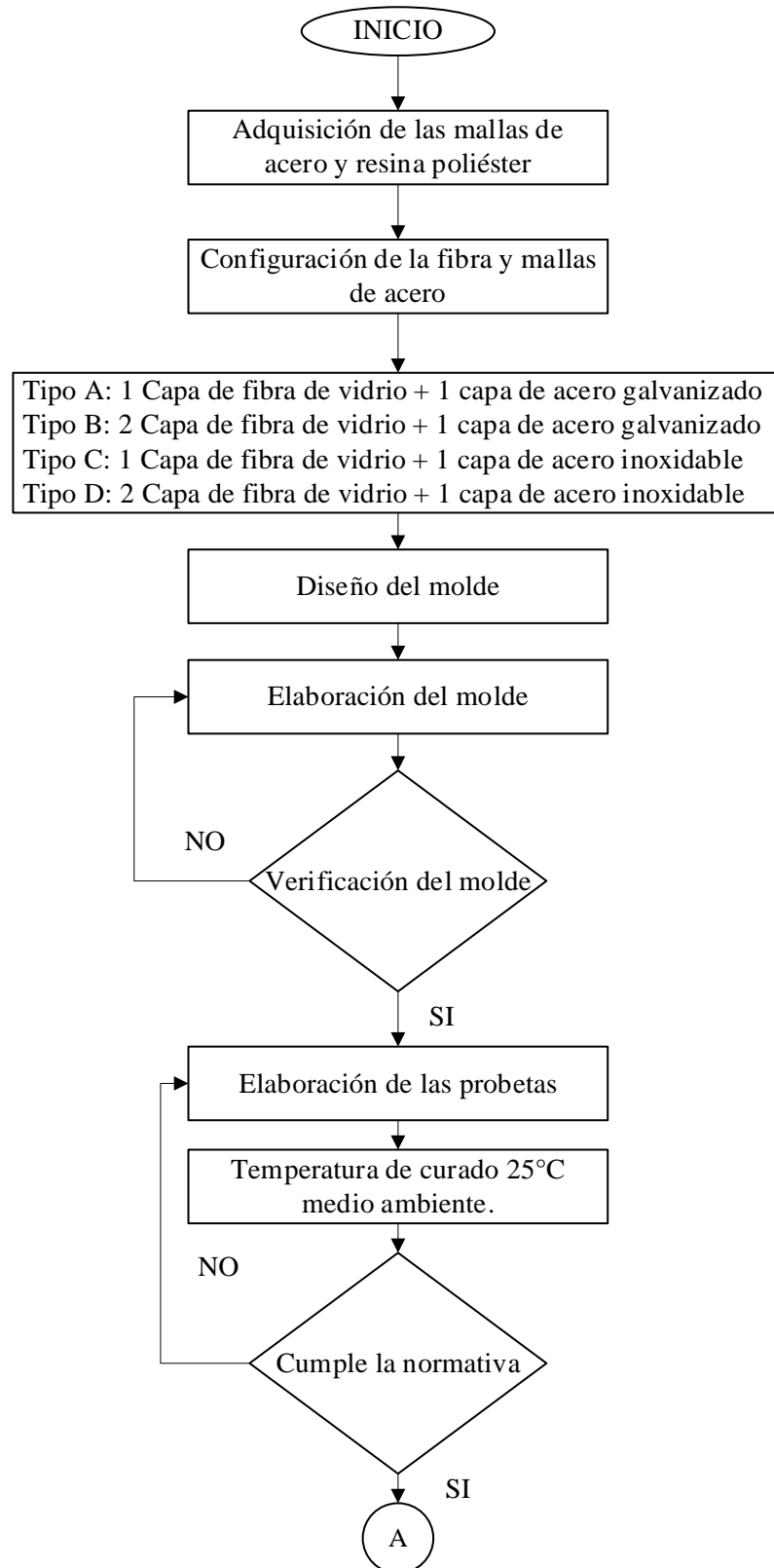
| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítems | | | Técnicas e instrumentación | | |
|--|--------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--|--|--|
| El material compuesto de matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y mallas de acero. | Material compuesto | Tipo de refuerzo | Fibra de vidrio | Acero galvanizado | Acero Inoxidable | <ul style="list-style-type: none"> • Recolección de datos • Observación • Fichas de datos • Normas ASTM D: <p style="margin-left: 20px;">Tracción ASTM D-3039 Flexión ASTM D-7264 Impacto ASTM D-5628</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de laboratorio • Bibliografía | | |
| | | Números de capas | 1 | 1 | N/A | | | |
| | | | 2 | 1 | N/A | | | |
| | | | 1 | N/A | 1 | | | |
| | | | 2 | N/A | 1 | | | |
| | | Temperatura de curado del compuesto | 25°C | | | | | |
| | | | 45°C | | | | | |
| | | | 65°C | | | | | |

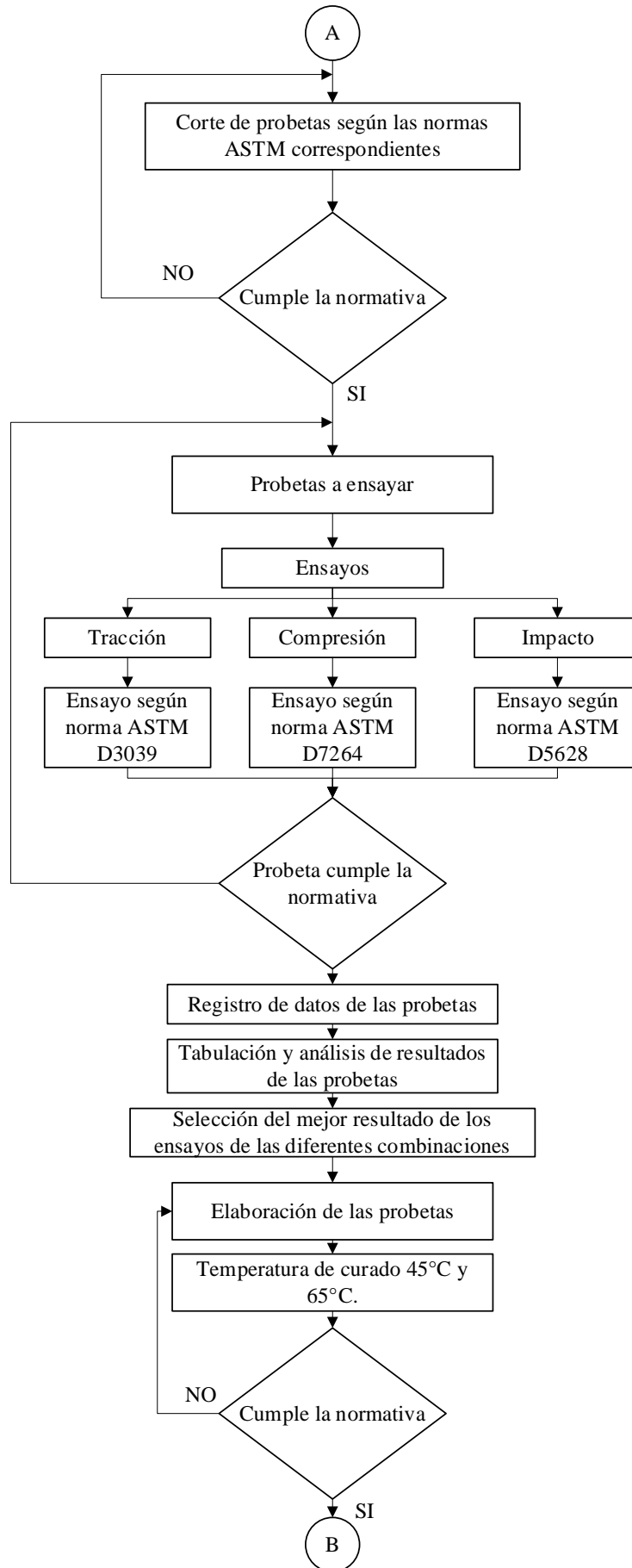
Propiedades mecánicas

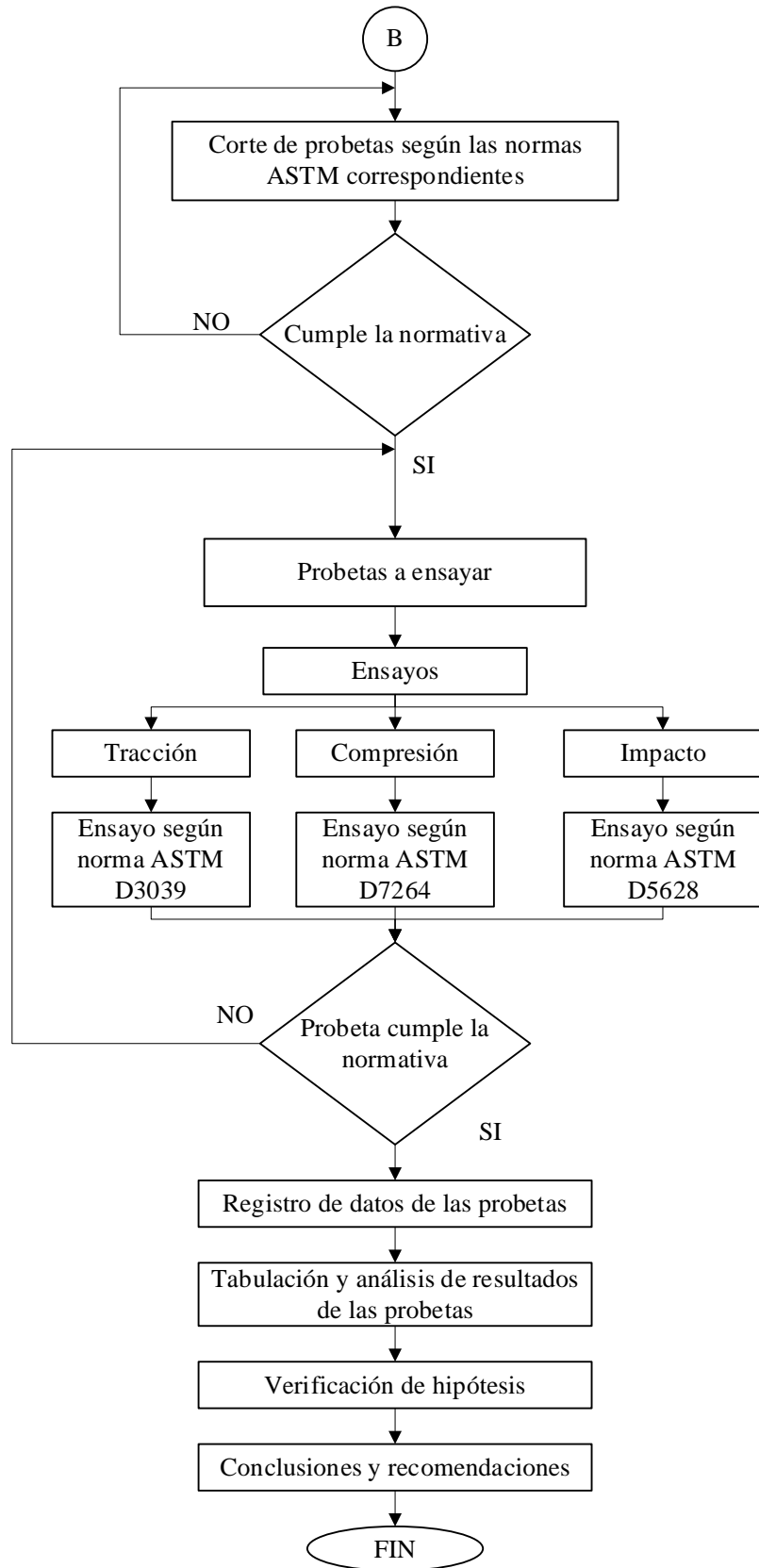
Tabla 8: Variable Dependiente

| Conceptualización | Dimensión | Categoría | Indicadores | Ítems | Técnicas e instrumentación |
|--|-----------------------|-----------|---------------------------------|--|--|
| Las propiedades mecánicas que tienen los diferentes tipos de materiales se encuentran presentes en el instante de aplicar una fuerza externa y se puede medir por los ensayos normalizados | Propiedades mecánicas | Tracción | Resistencia a la tracción | ¿Qué resistencia a la tracción tendrá el material? | <ul style="list-style-type: none"> • Norma de tracción ASTM D-3039 • Fichas técnicas de campo. |
| | | | Módulo elástico a tracción | ¿Qué módulo elástico a tracción tendrá el material? | |
| | | Flexión | Esfuerzo máximo de flexión | ¿Qué resistencia última a la flexión tendrá el material? | <ul style="list-style-type: none"> • Norma de flexión ASTM D-7264 • Fichas técnicas de campo. |
| | | | Módulo de elasticidad a flexión | ¿Qué módulo de elasticidad a flexión se obtendrá? | |
| | | Impacto | Resistencia al impacto | ¿Qué energía se obtendrá? | <ul style="list-style-type: none"> • Norma de Impacto ASTM D-5628 • Fichas técnicas de campo |

2.4 Diagrama de la elaboración del material compuesto.







2.5 Determinación de la densidad de la fibra y mallas de acero

Una de las propiedades indispensables que se utilizara en la investigación es la densidad por eso es necesaria la obtención de este dato. Para la determinación de la densidad de los refuerzos se realizó el método gravimétrico y se utilizó la ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec 2. 1})$$

ρ : Densidad (g/cm³)

m : Masa (g)

v : Volumen (cm³)

Tabla 9:Ficha de la densidad de la fibra de vidrio

| | | | | |
|--|---------------------|--|---------------------|--|
| | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | | |
| | | FICHA DE DENSIDADES | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | |
| Fecha: | 06/01/2021 | Ciudad: | Ambato | |
| Autor: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | |
| Tipo de método: | Método gravimétrico | Principio: | Arquímedes | |
| Material: | Fibra de vidrio | Temperatura: | Ambiente | |
| Tipo de resina: | Resina poliéster | Densidad teórica | ----- | |
| PROCEDIMIENTO | | | | |
| 1. Pesar la fibra de vidrio <div style="text-align: center;"> </div> | | | | |

Figura 20 : Medición de fibra de vidrio

2. Medir 60 ml en la probeta de medición con resina poliéster en su interior.



Figura 21: Medición de resina poliéster.

3. Al introducir la fibra de vidrio en el interior de la resina poliéster se podrá observar el incremento, anotar el aumento del volumen.







Figura 22 : Medición de fibra de vidrio y resina poliéster.

4. Cálculos para la densidad de la fibra de vidrio.

| DATOS OBTENIDOS | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| Muestra | Masa de la fibra de vidrio (g) | Volumen inicial (cm ³) | Volumen final (cm ³) | Variación de volumen (cm ³) | Densidad (g/cm ³) |
| 1 | 8 | 60 | 63.50 | 3.50 | 2.66 |
| 2 | 8.50 | 60 | 63.50 | 3.50 | 2.43 |
| 3 | 7.50 | 60 | 63.50 | 3.50 | 2.14 |
| Densidad promedio: | | | | | 2.41 |

Tabla 10: Ficha de la densidad de la malla galvanizada

| | | | |
|--|--|-------------------------|---|
|  | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  |
| FICHA DE DENSIDADES | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Fecha: | 06/01/2021 | Ciudad: | Ambato |
| Autor: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | |
| Tipo de método: | Método gravimétrico | Principio: | Arquímedes |
| Material: | Malla galvanizada | Temperatura: | Ambiente |
| Tipo: | Agua | Densidad teórica | ----- |
| PROCEDIMIENTO | | | |
| <p>1. Pesar la malla galvanizada</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figura 23: Medición de malla galvanizada</p> <p>2. Medir 60 ml en la probeta de medición con agua en su interior.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figura 24: Medición de agua.</p> | | | |

3. Al introducir la malla galvanizada en el interior del agua se podrá observar el incremento, anotar el aumento del volumen.







Figura 25: Medición de malla galvanizada y agua.

4. Cálculos para la densidad de la malla galvanizada.

| DATOS OBTENIDOS | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| Muestra | Masa de la malla galvanizada (g) | Volumen inicial (cm ³) | Volumen final (cm ³) | Variación de volumen (cm ³) | Densidad (g/cm ³) |
| 1 | 12 | 60 | 62 | 2 | 6 |
| 2 | 11.50 | 60 | 62 | 2 | 5.75 |
| 3 | 11 | 60 | 61.50 | 1.50 | 7.33 |
| Densidad promedio: | | | | | 6.36 |

Tabla 11: Ficha de la densidad de la malla inoxidable 304

| | | | |
|--|--|-------------------------|---|
|  | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  |
| FICHA DE DENSIDADES | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | |
| Fecha: | 06/01/2021 | Ciudad: | Ambato |
| Autor: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | |
| Tipo de método: | Método gravimétrico | Principio: | Arquímedes |
| Material: | Malla inoxidable 304 | Temperatura: | Ambiente |
| Tipo: | Agua | Densidad teórica | ----- |
| PROCEDIMIENTO | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pesar la malla de acero inoxidable <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Figura 26: Medición de malla acero inoxidable.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir 60 ml en la probeta de medición con agua en su interior. <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Figura 27: Medición de agua.</p> | | | |

- Al introducir la malla inoxidable 304 en el interior del recipiente con agua se podrá observar el incremento, anotar el aumento del volumen.



Figura 28: Medición de malla inoxidable y agua.

- Cálculos para la densidad de la malla inoxidable 304.

| DATOS OBTENIDOS | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| Muestra | Masa de la malla inoxidable 304 (g) | Volumen inicial (cm ³) | Volumen final (cm ³) | Variación de volumen (cm ³) | Densidad (g/cm ³) |
| 1 | 26 | 60 | 63.50 | 3.50 | 7.40 |
| 2 | 26 | 60 | 63 | 3 | 8.60 |
| 3 | 20 | 60 | 62.50 | 2.50 | 8 |
| Densidad promedio: | | | | | 8 |

2.6 Probetas para ensayos destructivos

2.6.1 Probetas a tracción

Para el ensayo a tracción las probetas estarán bajo la norma ASTM D3039. En la norma se establece un área general más no el volumen por falta de un espesor el cual se deberá determinar.

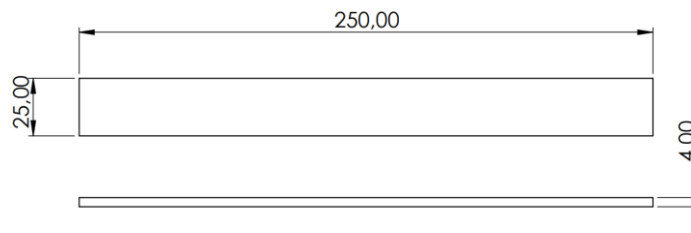


Figura 29 : Medidas de probetas a tracción

Con estas dimensiones de las probetas a tracción se obtiene el volumen total

1. Cálculo del área:

$$A = l * a \quad (\text{Ec 2. 2})$$

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

$$A = 6250 \text{ mm}^2 = 62.50 \text{ cm}^2$$

Donde:

A: Área de la probeta a tracción (mm^2)

a: Ancho de la probeta a tracción (mm)

l: Largo de la probeta (mm)

2. Cálculo del Volumen:

El espesor se estima de 4 mm ya que es implementado en varias investigaciones de materiales compuestos.

$$V = A * e \quad (\text{Ec 2. 3})$$

$$V = 6250 \text{ mm}^2 * 4 \text{ mm}$$

$$V = 25000 \text{ mm}^3 = 25 \text{ cm}^3$$

Donde:

A: Área de la probeta a tracción (mm^2)

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

e: Espesor de la probeta (mm)

2.6.2 Probetas a Flexión

Para el ensayo a tracción las probetas estarán bajo la norma ASTM D7264.

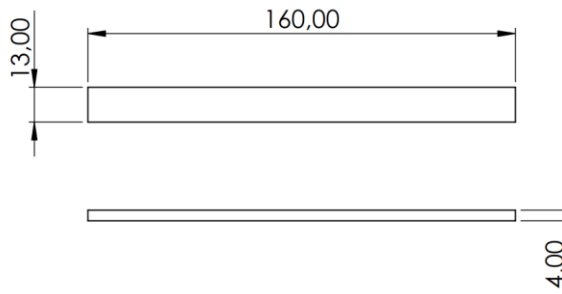


Figura 30: Medidas de probetas a flexión

Con estas dimensiones de las probetas a flexión se obtiene el volumen total

1. Cálculo del área:

$$A = l * a$$

$$A = 160 \text{ mm} * 13 \text{ mm}$$

$$A = 2080 \text{ mm}^2 = 20.80 \text{ cm}^2$$

Donde:

A: Área de la probeta a flexión (mm^2)

a: Ancho de la probeta a flexión (mm)

l: Largo de la probeta (mm)

2. Cálculo del Volumen:

$$V = A * e$$

$$V = 2080 \text{ mm}^2 * 4 \text{ mm}$$

$$V = 8320 \text{ mm}^3 = 8.32 \text{ cm}^3$$

Donde:

A: Área de la probeta a flexión (mm^2)

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

e : Espesor de la probeta (mm)

2.6.3 Probetas a impacto

Para el ensayo a tracción las probetas estarán bajo la norma ASTM D5628.

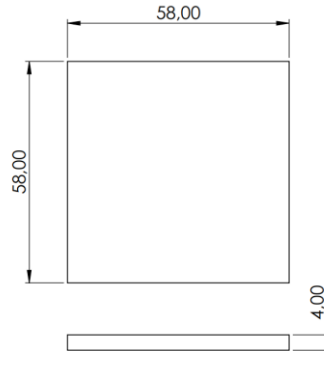


Figura 31: Medidas de probetas a impacto

Con estas dimensiones de las probetas a impacto se obtiene el volumen total

1. Cálculo del área:

$$A = l * a$$

$$A = 58 \text{ mm} * 58 \text{ mm}$$

$$A = 3364 \text{ mm}^2 = 33.64 \text{ cm}^2$$

Donde:

A: Área de la probeta a impacto (mm^2)

a : Ancho de la probeta a impacto (mm)

l : Largo de la probeta (mm)

2. Cálculo del Volumen:

$$V = A * e$$

$$V = 3364 \text{ mm}^2 * 4 \text{ mm}$$

$$V = 13456 \text{ mm}^3 = 13.46 \text{ cm}^3$$

Donde:

A: Área de la probeta a impacto (mm^2)

V: Volumen total de la probeta a impacto (cm^3)

e : Espesor de la probeta (mm)

2.7 Combinación y número de capas

El tipo de combinación y número de capas del refuerzo en el material compuesto es una de las condiciones a variar:

- TIPO A: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada
TIPO A: CFV+ AG
- TIPO B: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada+ 1 capa de fibra de vidrio.
TIPO B: CFV+ AG + CFV
- TIPO C: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable
TIPO C: CFV+ AI
- TIPO D: 1 Capa de fibra de vidrio + 1capa de acero inoxidable +1 capa de fibra de vidrio.
TIPO D: CFV+ AI + CFV

Los tipos mencionados de probetas serán ensayadas a tracción, flexión e impacto a una temperatura de 25°C es decir a temperatura ambiente para proceder a seleccionar el de mejores propiedades, luego se procederá al ensayo con diferentes temperaturas del mejor material.

Tabla 12: Configuraciones del material compuesto a 25 °C.

| Grupo de composición | Temperatura de curado | Método de fabricación |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| TIPO A: CFV+ AG | TA1 = 25°C | Estratificación por compresión |
| TIPO B: CFV+ AG + CFV | TB1 = 25°C | Estratificación por compresión |
| TIPO C: CFV+ AI | TC1 = 25°C | Estratificación por compresión |
| TIPO D: CFV+ AI + CFV | TD1 = 25°C | Estratificación por compresión |

2.8 Temperatura de curado

Al seleccionar el material con las mejores propiedades se procederá a la fabricación de las probetas con una variante en la temperatura de curado ya que variara con 3 tipos de temperatura como son:

- Temperatura de curado a 25 °C, el cual estará denominado como T1.
- Temperatura de curado a 45 °C, el cual estará denominado como T2.
- Temperatura de curado a 65 °C, el cual estará denominado como T3.

La temperatura de curado de 25°C son las probetas de temperatura ambiente, para la temperatura elevada se utilizará con un horno previamente calentado.

Tabla 13: Material compuesto a temperaturas diferentes

| Grupo de composición | Temperatura de curado | Método de fabricación |
|---|------------------------------|--------------------------------|
| Material con mejores propiedades a 25°C | 45°C | Estratificación por compresión |
| | 65°C | Estratificación por compresión |

2.9 Estratificación de las probetas

Para la fabricación de la probeta se tomó en cuenta las investigaciones realizadas con anterioridad por Paredes [18] en donde se obtuvo las proporciones de materiales compuestos con un resultado de una matriz 70% y con un refuerzo en el material compuesto de 30%.

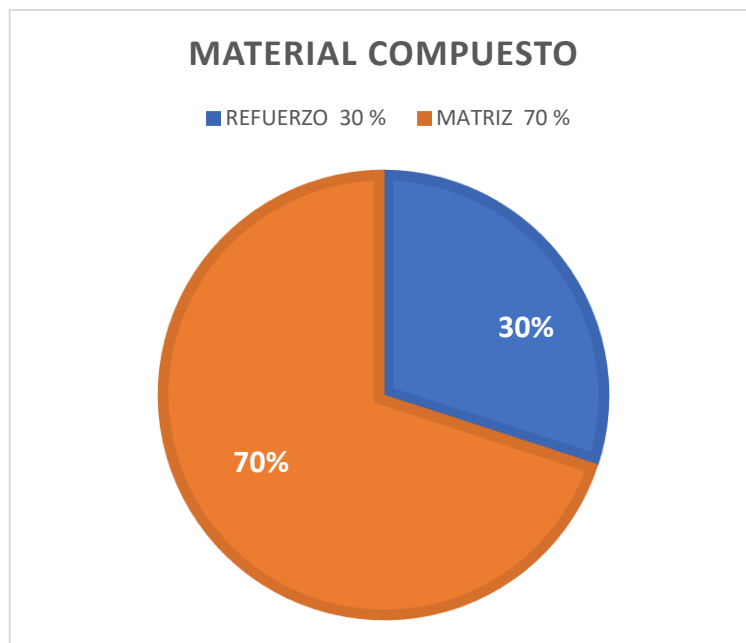


Figura 32: Porcentajes del material compuesto

2.10 Distribución de las probetas

En el molde se realizó una distribución para cada una de las probetas a tracción, flexión e impacto a realizar la cual está compuesta la probeta por una distribución de 5 probetas para tracción, 5 probetas para flexión y 5 probetas para impacto con el que consideramos un molde de 308 mm x 232 mm en la siguiente figura se muestra la distribución asignada a cada probeta.

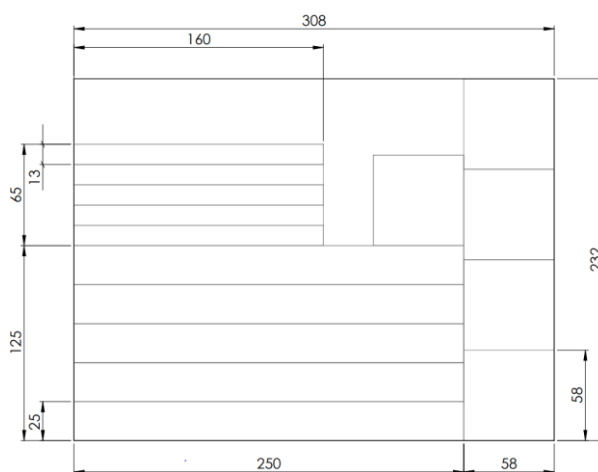


Figura 33: Distribución de las probetas

2.11 Cálculos

Para la obtención de los volúmenes a utilizar en la fabricación de las probetas se utilizan los siguientes cálculos.

Los cálculos requieren tener los datos del peso de la fibra de vidrio, la malla de acero inoxidable, acero galvanizado, la densidad y número de capas con estos datos se logra el cálculo del volumen de cada una de las configuraciones.

TIPO A

Para la combinación de TIPO A su composición del material compuesto es 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero galvanizado, su composición total es de 2 capas.

Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 35 gramos y de 120 gramos del acero galvanizado.

Para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$mr_1 = \rho_1 x Vr_1 \quad (\text{Ec 2. 4})$$

$$Vr_1 = \frac{mr_1}{\rho_1}$$

$$Vr_1 = \frac{35 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_1 = 14.52 \text{ cm}^3$$

$$mr_2 = \rho_2 x Vr_2$$

$$Vr_2 = \frac{mr_2}{\rho_2}$$

$$Vr_2 = \frac{120 \text{ g}}{6.36 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_2 = 18.87 \text{ cm}^3$$

$$Vr = Vr_1 + Vr_2 \quad (\text{Ec 2. 5})$$

$$Vr = 14.52 \text{ cm}^3 + 18.87 \text{ cm}^3$$

$$Vr = 33.39 \text{ cm}^3$$

mr_1 = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

mr_2 = Masa de refuerzo del acero galvanizado. [g]

Vr_1 = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm^3]

Vr_2 = Volumen del refuerzo del acero galvanizado. [cm^3]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/ cm^3]

ρ_2 = Densidad de la malla de acero galvanizado [g/ cm^3]

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo Vr obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$Vt = \frac{Vr}{0.3} \quad (\text{Ec 2. 6})$$

$$Vt = \frac{33.39 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$Vt = 111.3 \text{ cm}^3$$

$$Vm = Vt \times 0.7 \quad (\text{Ec 2. 7})$$

$$Vm = 111.3 \text{ cm}^3 \times 0.7$$

$$Vm = 77.91 \text{ cm}^3$$

Vt = Volumen total

Vm = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas.

$$Vt = l \times a \times e \quad (\text{Ec 2. 8})$$

$$e = \frac{Vt}{l \times a}$$

$$e = \frac{111.3 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.16 \text{ cm}$$

Para el grupo A de probetas se obtiene un valor de 0.16 cm de espesor.

TIPO B

Para la combinación de TIPO B su composición del material compuesto es 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero galvanizado + 1 capa de fibra de vidrio, su composición total es de 3 capas. Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 70 gramos y de 120 gramos del acero galvanizado.

Para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$\begin{aligned}mr_1 &= \rho_1 \times Vr_1 \\Vr_1 &= \frac{mr_1}{\rho_1} \\Vr_1 &= \frac{70 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3} \\Vr_1 &= 29.05 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}mr_2 &= \rho_2 \times Vr_2 \\Vr_2 &= \frac{mr_2}{\rho_2} \\Vr_2 &= \frac{120 \text{ g}}{6.36 \text{ g/cm}^3} \\Vr_2 &= 18.87 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Vr &= Vr_1 + Vr_2 \\Vr &= 14.52 \text{ cm}^3 + 29.05 \text{ cm}^3 \\Vr &= 43.57 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

mr_1 = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

mr_2 = Masa de refuerzo del acero galvanizado. [g]

Vr_1 = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm^3]

Vr_2 = Volumen del refuerzo del acero galvanizado. [cm^3]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/cm^3]

ρ_2 = Densidad de la malla de acero galvanizado [g/cm^3]

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo V_r obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$V_t = \frac{V_r}{0.3}$$

$$V_t = \frac{43.57 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$V_t = 145.23 \text{ cm}^3$$

$$V_m = V_t \times 0.7$$

$$V_m = 145.23 \times 0.7$$

$$V_m = 101.66 \text{ cm}^3$$

V_t = Volumen total

V_m = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas del Tipo B

$$V_t = l \times a \times e$$

$$e = \frac{V_t}{l \times a}$$

$$e = \frac{145.23 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.2 \text{ cm}$$

Para el grupo B de probetas se obtiene un valor de 0.2 cm de espesor.

TIPO C

Para la combinación de TIPO C su composición del material compuesto es 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable, su composición total es de 2 capas. Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 35 gramos y de 125 gramos del acero galvanizado para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$m_{r_1} = \rho_1 \times V_{r_1}$$

$$V_{r_1} = \frac{m_{r_1}}{\rho_1}$$

$$Vr_1 = \frac{35 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_1 = 14.52 \text{ cm}^3$$

mr_1 = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/cm³]

Vr_1 = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm³]

$$mr_3 = \rho_3 \times Vr_3$$

$$Vr_3 = \frac{mr_3}{\rho_3}$$

$$Vr_3 = \frac{125 \text{ g}}{8 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_3 = 15.63 \text{ cm}^3$$

mr_3 = Masa de refuerzo del acero inoxidable. [g]

ρ_3 = Densidad de la malla de acero inoxidable [g/cm³]

Vr_3 = Volumen del refuerzo del acero inoxidable. [cm³]

$$Vr = Vr_1 + Vr_3$$

$$Vr = 14.52 \text{ cm}^3 + 15.63 \text{ cm}^3$$

$$Vr = 30.15 \text{ cm}^3$$

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo Vr obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$Vt = \frac{Vr}{0.3}$$

$$Vt = \frac{30.15 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$Vt = 100.5 \text{ cm}^3$$

$$Vm = Vt \times 0.7$$

$$Vm = 100.5 \times 0.7$$

$$Vm = 70.35 \text{ cm}^3$$

Vt = Volumen total

Vm = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas.

$$V_t = l \times a \times e$$

$$e = \frac{V_t}{l \times a}$$

$$e = \frac{100.5 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.14 \text{ cm}$$

Donde:

e = Espesor

l = Largo

a = Ancho

Para el grupo C de probetas se obtiene un valor de 0.14 cm de espesor.

TIPO D

Para la combinación de TIPO D de las probetas su composición del material compuesto es 2 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable, su composición total es de 3 capas. Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 70 gramos y de 125 gramos del acero galvanizado para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$m_{r_1} = \rho_1 \times V_{r_1}$$

$$V_{r_1} = \frac{m_{r_1}}{\rho_1}$$

$$V_{r_1} = \frac{70 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3}$$

$$V_{r_1} = 29.05 \text{ cm}^3$$

m_{r_1} = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/cm^3]

V_{r_1} = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm^3]

$$m_{r_3} = \rho_3 \times V_{r_3}$$

$$V_{r_3} = \frac{m_{r_3}}{\rho_3}$$

$$V_{r_3} = \frac{125 \text{ g}}{8 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_3 = 15.63 \text{ cm}^3$$

mr_3 = Masa de refuerzo del acero inoxidable. [g]

ρ_3 = Densidad de la malla de acero inoxidable [g/cm^3]

Vr_3 = Volumen del refuerzo del acero inoxidable. [cm^3]

$$Vr = Vr_1 + Vr_3$$

$$Vr = 29.05 \text{ cm}^3 + 15.63 \text{ cm}^3$$

$$Vr = 44.68 \text{ cm}^3$$

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo Vr obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$Vt = \frac{Vr}{0.3}$$

$$Vt = \frac{44.68 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$Vt = 148.9 \text{ cm}^3$$

$$Vm = Vt \times 0.7$$

$$Vm = 148.9 \text{ cm}^3 \times 0.7$$

$$Vm = 104.23 \text{ cm}^3$$

Vt = Volumen total

Vm = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas.

$$Vt = l \times a \times e$$

$$e = \frac{Vt}{l \times a}$$

$$e = \frac{148.9 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.20 \text{ cm}$$

Donde:

e = Espesor

l = Largo

a = Ancho

Para el grupo D de probetas se obtiene un valor de 0.19 cm de espesor.

Tabla 14: Calculo de la masa y volumen de las probetas

| Grupo de probetas | Volumen total (cm ³) | Matriz 70% | | Refuerzo 30% | |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| | | Volumen (cm ³) | Masa (gr) | Volumen (cm ³) | Masa (gr) |
| Grupo A | 111.3 | 77.91 | 85.70 | 33.39 | 155 |
| Grupo B | 145.23 | 101.66 | 111.83 | 43.57 | 190 |
| Grupo C | 100.5 | 70.35 | 77.39 | 30.15 | 160 |
| Grupo D | 148.9 | 104.23 | 114.65 | 44.68 | 195 |

2.11.1 Factor de mayoración

Con la consideración de la investigación de Pérez [23] se considera un factor de mayoración de 2 con esta aplicación se logra cubrir todo el refuerzo con la matriz de resina poliéster, considerando un 10 % agregado de la matriz ya que al momento de la elaboración y manejo de este material existen diferentes pérdidas de la resina poliéster. En la siguiente tabla se incrementa el valor de la matriz, se observa la cantidad de catalizador (MECK en cm³) y acelerante (Cobalto en cm³).





Tabla 15: Recalculo de la resina poliéster




| Grupo de probetas | Matriz | | Catalizador 2% | Acelerante 0.3% |
|-------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | Volumen (cm ³) | Perdida del 10% (cm ³) | Meck (cm ³) | Cobalto (cm ³) |
| Grupo A | 77.91 | 85.71 | 1.71 | 0.25 |
| Grupo B | 101.66 | 111.83 | 2.24 | 0.34 |
| Grupo C | 70.35 | 77.39 | 1.55 | 0.21 |
| Grupo D | 104.23 | 114.65 | 2.29 | 0.34 |

2.12 Diseño y construcción del molde

Para la construcción de los moldes para la elaboración del material compuesto se necesitó de los siguientes materiales.

Tabla 16: Lista de materiales para el molde

| Material | Figura |
|------------------|---|
| Mandil |  |
| Flexómetro |  |
| Taladro de banco |  |
| Cortadora plasma |  |

| | |
|---|---|
| <p>Plancha de acero ASTM A36 de espesor de 4 mm</p> |  |
| <p>Plancha de acero de ASTM A36 2 mm</p> |  |
| <p>Pernos y tuercas</p> |  |
| <p>Cortadora manual</p> |  |

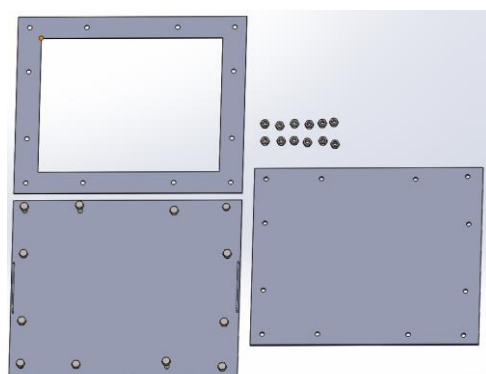


Figura 34: Partes del molde



Figura 35: Corte del molde



Figura 36: Marco del molde



Figura 37: Molde





2.13 Elaboración de las probetas




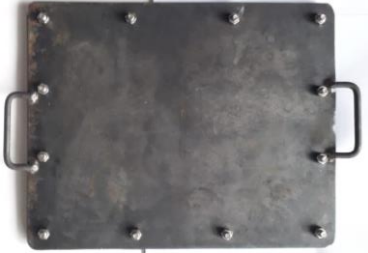



2.13.1 Materiales y equipos

En la siguiente tabla se definen todos los materiales utilizados en la fabricación de las probetas del material compuestos.

Tabla 17: Lista de materiales utilizados en la fabricación de las probetas.

| Nombre | Imagen |
|----------------------------|--|
| Resina poliéster |  |
| Fibra de vidrio |  |
| Malla de acero inoxidable |  |
| Malla de acero galvanizado |  |
| Catalizador MECK |  |

| | |
|------------------------|--|
| Acelerante Cobalto |  |
| Recipiente de medición |  |
| Guantas |  |
| Balanza digital |  |
| Flexómetro |  |

| | |
|----------------------------|--|
| <p>Jeringas</p> |  |
| <p>Cera desmoldante</p> |  |
| <p>Tijeras</p> |  |
| <p>Molde de acero</p> |  |
| <p>Guaie</p> |  |
| <p>Llaves</p> |  |
| <p>Cemento de contacto</p> |  |

| | |
|--------------------------|--|
| <p>Lija</p> |  |
| <p>Amoladora</p> |  |
| <p>Mandil</p> |  |
| <p>Mascarilla</p> |  |
| <p>Gafas protectoras</p> |  |
| <p>Calibrador</p> |  |

2.13.2 Procedimiento de elaboración

Para la elaboración de cada uno de los grupos se debe realizar el siguiente procedimiento:

TIPO C

1. Una vez fabricado el molde que se utilizará en la fabricación de las probetas se procede a la aplicación de la cera desmoldante con la ayuda del guaípe, en el interior del molde tanto en la tapa del molde, base del molde y marco del molde, este proceso se deberá realizar 3 veces con tiempo de espera de 8 a 10 minutos en cada una de las pasadas para lograr un tiempo de secado de la cera.



Figura 38: Implementación de la cera en el molde.

2. Con los cálculos ya realizados se procede a cortar cada una de las capas con las medidas ya determinadas de 30.8 cm x 23.2 cm De fibra de vidrio y acero.



Figura 39: Corte de la malla de acero.

3. El orden de implementación y mezcla para la resina poliéster es la siguiente primero se debe mezclar la resina poliéster con el acelerante (Cobalto) posteriormente se deberá mezclar esta combinación, con el catalizador (MECK).

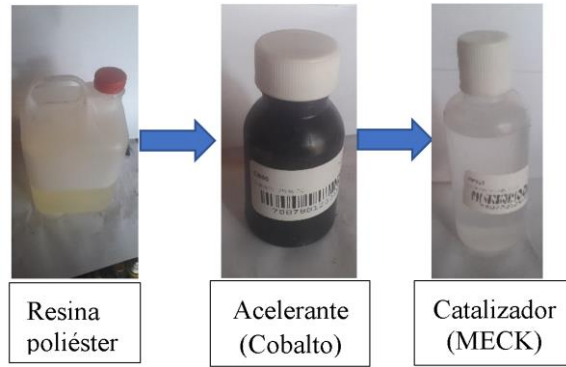


Figura 40: Orden en la elaboración de la matriz del compuesto

4. Se procede a pesar la resina poliéster en la balanza.



Figura 41: Medición de la resina

5. Observar en la Tabla 14 las medidas que se deberán tomar con las jeringuillas, las sustancias de acelerante como de catalizador que se utilizara en cada combinación.



Figura 42: Medición y mezcla del acelerante y catalizador.

6. Poner un poco de resina en el molde y esparcirla por toda el área de la base del molde.



Figura 43: Colocación de resina poliéster

7. Luego se colocará la fibra de vidrio en el molde.



Figura 44: Colocar la fibra de vidrio

8. Se colocará una cantidad de resina poliéster encima de la fibra de vidrio



Figura 45: Aplicación de la resina en la fibra de vidrio

9. Posteriormente se procederá a colocar en el interior del molde la malla de acero después derramar el resto de la resina encima del compuesto.

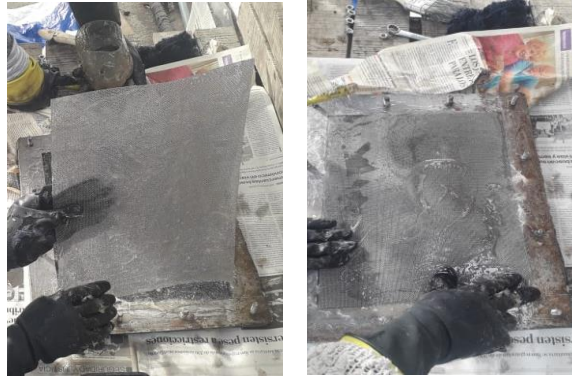


Figura 46: Implementación de la malla de acero en el material compuesto.

10. Inmediatamente cerrar el molde con la tapa y apretar las tuercas para que así se comprima el material compuesto.



Figura 47: Compresión de las tuercas en el molde

11. Se tendrá en el molde un periodo de 3-4 horas para su correcto curado.



Figura 48: Molde con el material compuesto.

12. Después se desmoldará la probeta.



Figura 49: Desmolde de la probeta

13. Posteriormente se realizará el corte de las probetas mediante el esquema establecido en la figura 21, este corte se lo realizo con una cierra circular.

Este proceso se lo debe realizar a todos los tipos A, B, C, D de probetas de la tabla 12 con la diferencia del tipo de malla de acero galvanizado o acero inoxidable como también el número de capas de fibra de vidrio.

En las probetas de grupo B y D se les añadió el orden de una capa de fibra de vidrio, una capa de malla de acero y luego una capa de fibra de vidrio para conformar el material compuesto.

14. En las probetas a tracción se colocó una lija #30 de 25x56x1.5 mm esto producirá una correcta sujeción en las mordazas.

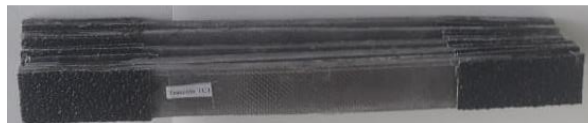


Figura 50: Colocación de la lija

Luego de la selección del material con mayores propiedades mecánicas se procederá a realizar las probetas con la variación de la temperatura de curado.

Se realizará todos los procedimientos anteriores con la diferencia del curado de las probetas que serán de 45°C y 65 °C con la ayuda de un horno, se procederá a calentar el horno para introducirle el material compuesto a la temperatura determinada según la tabla 13, el tiempo será de 6 horas en el horno.

2.14 Número de probetas para los ensayos

Para la realización de los ensayos a tracción flexión e impacto se realizó el número de probetas que se detalla en la tabla 18 y 19:

Tabla 18: Probetas para los ensayos con temperatura de curado 25°C.

| Grupo de composición | Temperatura de curado | Método de fabricación | Número de probetas | | |
|---|-----------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | | Tracción ASTM D3039 | Flexión ASTM D7264 | Impacto ASTM D5628 |
| TIPO A: 1capa de fibra de vidrio + 1capa de acero galvanizado | TA1 = 25°C | Estratificación por compresión | 5 | 5 | 5 |
| TIPO B: 2 capa de fibra de vidrio + 1capa de acero galvanizado | TB1 = 25°C | Estratificación por compresión | 5 | 5 | 5 |
| TIPO C: 1capa de fibra de vidrio + 1capa de acero inoxidable | TC1 = 25°C | Estratificación por compresión | 5 | 5 | 5 |
| TIPO D: 2 capa de fibra de vidrio + 1capa de acero inoxidable | TD1 = 25°C | Estratificación por compresión | 5 | 5 | 5 |
| Número probetas a 25°C | | | 20 | 20 | 20 |

Los ensayos que se realizará a las 2 temperaturas más de 45°C y 65°C será la combinación de mayor resistencia a tracción flexión e impacto.

Tabla 19: Número de probetas a 45°C y 65°C

| Grupo de composición | Temperatura de curado | Método de fabricación | Número de probetas | | |
|---|-----------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | | Tracción ASTM D3039 | Flexión ASTM D7264 | Impacto ASTM D5628 |
| La composición de mejores propiedades mecánicas a 25°C. | TD2 = 45°C | Estratificación por compresión | 5 | 5 | 5 |
| | TD3 = 65°C | | 5 | 5 | 5 |
| Número de probetas a 45°C y 65°C: | | | 10 | 10 | 10 |

Tabla 20: Probetas tipo A con temperatura de curado a 25 °C

| TIPO A1: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada | |
|---|--|
| Tracción |  |
| Flexión |  |
| Impacto |  |

Tabla 21: Probetas tipo B con temperatura de curado a 25 °C

| TIPO B1: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada+ 1 capa de fibra de vidrio. | |
|--|--|
| Tracción |  |
| Flexión |  |
| Impacto |  |

Tabla 22: Probetas tipo C con temperatura de curado a 25 °C

| TIPO C1: | |
|--|--|
| 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable | |
| Tracción |  |
| Flexión |  |
| Impacto |  |

Tabla 23: Probetas tipo D con temperatura de curado a 25 °C

| TIPO D1: | |
|--|--|
| 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio | |
| Tracción |  |
| Flexión |  |
| Impacto |  |



CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Tabulación de los resultados

3.1.1 Ficha de datos ensayo de tracción

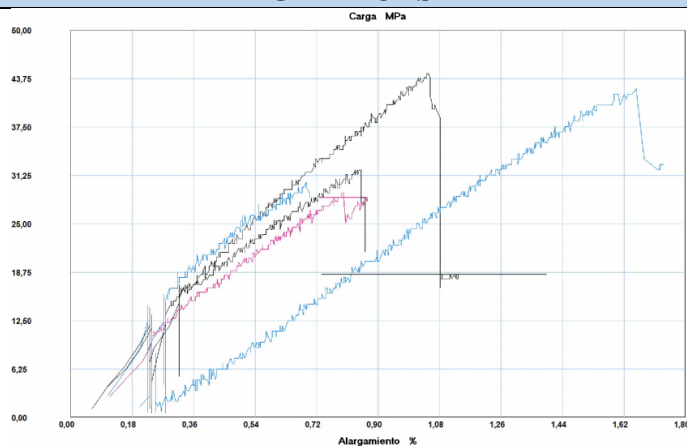
Tabla 24: Ficha de ensayo a tracción del grupo TA1 a 25°C

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | | | | | |
|---|---|-----------------------------------|-----------------------------|---|---------------|
|  | | | |  | |
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 06/01/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN. | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Tracción | Norma: | ASTM D3039 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AG | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Temperatura: | 21,1°C | Curado: | Ambiente | | |
| Humedad relativa: | 54,9 | Número de probetas: | 5 | | |
| Grupo de probetas: | TA1 | Espesor promedio (mm): | 3 | | |
| Velocidad del ensayo: | 5 mm/min | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | (%) Elongación | Tipo de falla |
| 1 | 3850 | 44,42 | 4220,18 | 1,05 | LIT |
| 2 | 3050 | 42,43 | 2563,42 | 1,66 | LGB |
| 3 | 2600 | 28,99 | 3629,52 | 0,79 | LGM |
| 4 | 2700 | 31,96 | 3707,13 | 0,86 | LGB |
| 5 | 2100 | 30,44 | 4348,26 | 0,70 | LGB |
| Promedio \bar{X} | 2860 | 35,65 | 3693,70 | 1,01 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 649,42 | 7,220 | 704,89 | 0,38 | - |

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



| Probeta | FMax N | FRot N | CMax MPa | CRot MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| ■ 1 | 3850,00 | 3800,00 | 44,42 | 43,85 |
| ■ 2 | 3050,00 | 3050,00 | 42,43 | 42,43 |
| ■ 3 | 2600,00 | 2550,00 | 28,99 | 28,43 |
| ■ 4 | 2700,00 | 2400,00 | 31,96 | 28,40 |
| ■ 5 | 2100,00 | 1950,00 | 30,44 | 28,26 |
| Media | 2860,000 | 2750,000 | 35,648 | 34,276 |
| Mediana | 2700,000 | 2550,000 | 31,955 | 28,430 |
| Desv. Std | 649,423 | 706,222 | 7,215 | 8,108 |
| Coef. V. | 0,227 | 0,257 | 0,202 | 0,237 |
| Máximo | 3850,000 | 3800,000 | 44,424 | 43,848 |
| Mínimo | 2100,000 | 1950,000 | 28,988 | 28,264 |
| Rango | 1750,000 | 1850,000 | 15,437 | 15,584 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 4808,268 | 4868,667 | 57,292 | 58,599 |
| -3 Sigma | 911,732 | 631,333 | 14,004 | 9,953 |

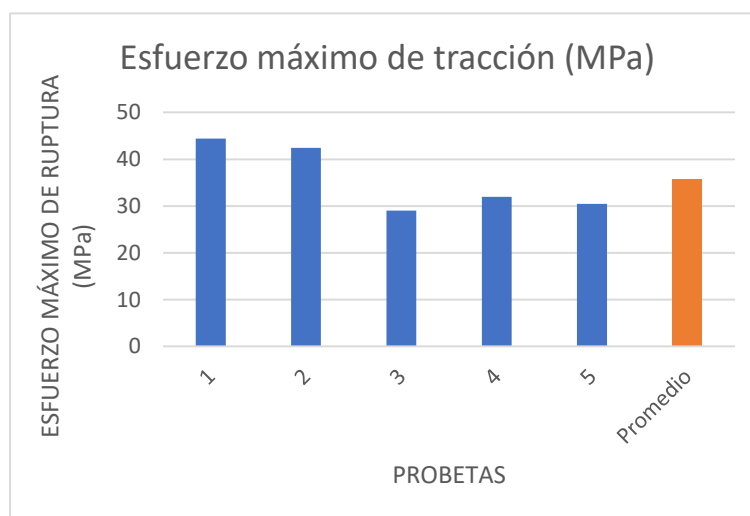


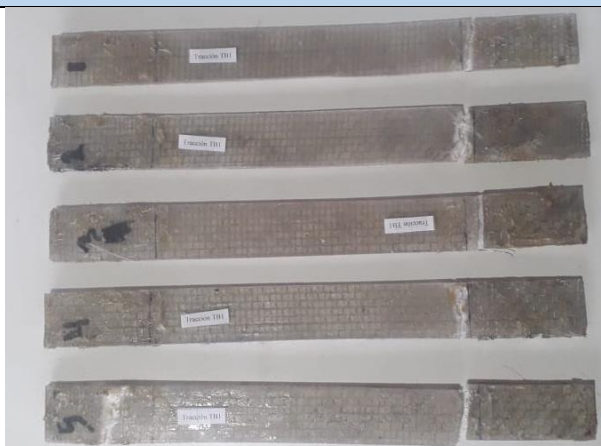


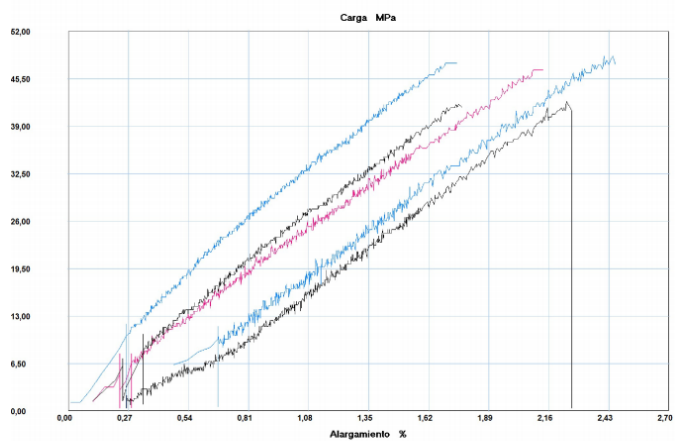
Tabla 25: Ficha de ensayo a tracción del grupo TB1 a 25°C

| | | | | | |
|---|---|--|------------------------------------|---|----------------------|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | |
| | | FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 06/01/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN. | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Tracción | Norma: | ASTM D3039 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+ AG + CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Temperatura: | 22,4°C | Curado: | Ambiente | | |
| Humedad relativa: | 50,9 | Número de probetas: | 5 | | |
| Grupo de probetas: | TB1 | Espesor promedio (mm): | 4.4 | | |
| Velocidad del ensayo: | 5 mm/min | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | (%) Elongación | Tipo de falla |
| 6 | 4950 | 42,40 | 1917,61 | 2,22 | LIB |
| 7 | 4200 | 48,61 | 1976,44 | 2,46 | LAB |
| 8 | 5650 | 46,74 | 2188,77 | 2,14 | LAB |
| 9 | 4400 | 42,01 | 2372,56 | 1,77 | LAB |
| 10 | 5800 | 47,67 | 2728,20 | 1,75 | LAB |
| Promedio \bar{X} | 5000 | 45,49 | 2236,72 | 2,07 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 718,51 | 3,07 | 328,59 | 0,30 | - |

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



| Probeta | FMax N | FRot N | CMax MPa | CRot MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 4950,00 | 4800,00 | 42,40 | 41,12 |
| 2 | 4200,00 | 4100,00 | 48,61 | 47,45 |
| 3 | 5650,00 | 5650,00 | 46,74 | 46,74 |
| 4 | 4400,00 | 4350,00 | 42,01 | 41,53 |
| 5 | 5800,00 | 5800,00 | 47,67 | 47,67 |
| Media | 5000,000 | 4940,000 | 45,486 | 44,902 |
| Mediana | 4950,000 | 4800,000 | 46,737 | 46,737 |
| Desv. Std | 718,505 | 761,085 | 3,068 | 3,286 |
| Coef. V. | 0,144 | 0,154 | 0,067 | 0,073 |
| Máximo | 5800,000 | 5800,000 | 48,607 | 47,671 |
| Mínimo | 4200,000 | 4100,000 | 42,010 | 41,120 |
| Rango | 1600,000 | 1700,000 | 6,597 | 6,551 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 7155,516 | 7223,254 | 54,691 | 54,759 |
| -3 Sigma | 2844,484 | 2656,746 | 36,281 | 35,045 |

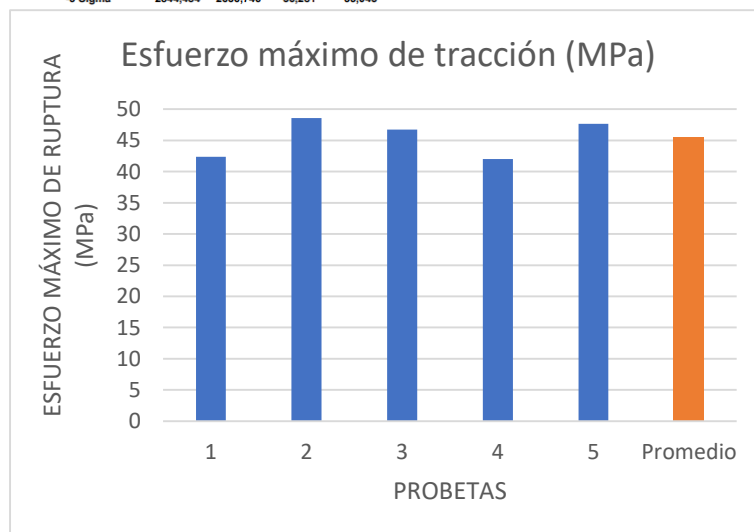


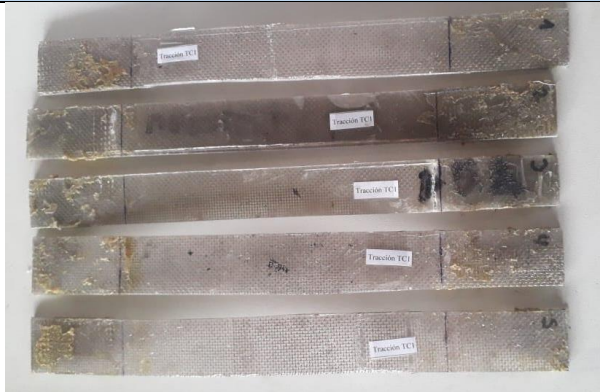


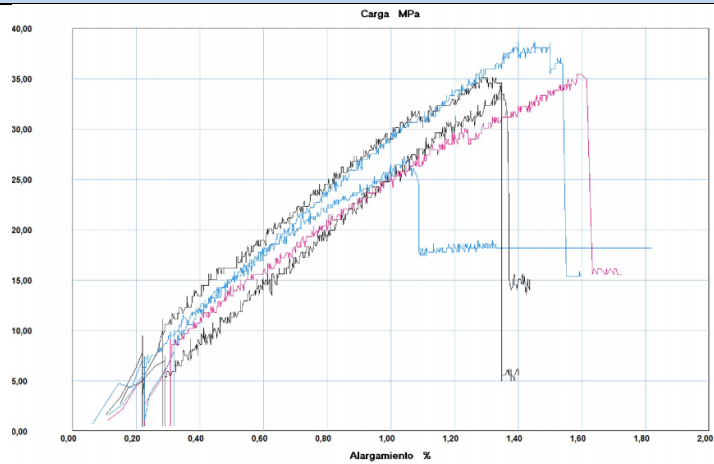
Tabla 26: Ficha de ensayo a tracción del grupo TC1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 06/01/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN. | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Tracción | Norma: | ASTM D3039 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+ AI | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Temperatura: | 22,1°C | Curado: | Ambiente | | |
| Humedad relativa: | 50,1 | Número de probetas: | 5 | | |
| Grupo de probetas: | TC1 | Espesor promedio (mm): | 4 | | |
| Velocidad del ensayo: | 5 mm/min | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | (%) Elongación | Tipo de falla |
| 11 | 3200 | 34,51 | 2537,47 | 1,36 | LGM |
| 12 | 3450 | 27,30 | 2522,74 | 1,08 | LIB |
| 13 | 3300 | 35,48 | 2197,06 | 1,62 | LAT |
| 14 | 3150 | 35,15 | 2607,67 | 1,35 | LAT |
| 15 | 3650 | 38,63 | 2509,31 | 1,54 | LGT |
| Promedio \bar{X} | 3350 | 34,21 | 2474,85 | 1,39 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 203,10 | 4,18 | 159,85 | 0,21 | - |

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



| Probeta | FMax N | FRot N | CMax MPa | CRot MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| ■ 1 | 3200,00 | 3050,00 | 34,51 | 32,89 |
| ■ 2 | 3450,00 | 3100,00 | 27,30 | 24,53 |
| ■ 3 | 3300,00 | 3250,00 | 35,48 | 34,94 |
| ■ 4 | 3150,00 | 3100,00 | 35,15 | 34,59 |
| ■ 5 | 3650,00 | 3400,00 | 38,63 | 35,98 |
| Media | 3350,000 | 3180,000 | 34,212 | 32,586 |
| Mediana | 3300,000 | 3100,000 | 35,151 | 34,593 |
| Desv. Std | 203,101 | 144,049 | 4,180 | 4,640 |
| Coef. V. | 0,061 | 0,045 | 0,122 | 0,142 |
| Máximo | 3650,000 | 3400,000 | 38,627 | 35,981 |
| Mínimo | 3150,000 | 3050,000 | 27,296 | 24,527 |
| Rango | 500,000 | 350,000 | 11,331 | 11,454 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 3959,303 | 3612,146 | 46,751 | 46,507 |
| -3 Sigma | 2740,697 | 2747,854 | 21,672 | 18,665 |

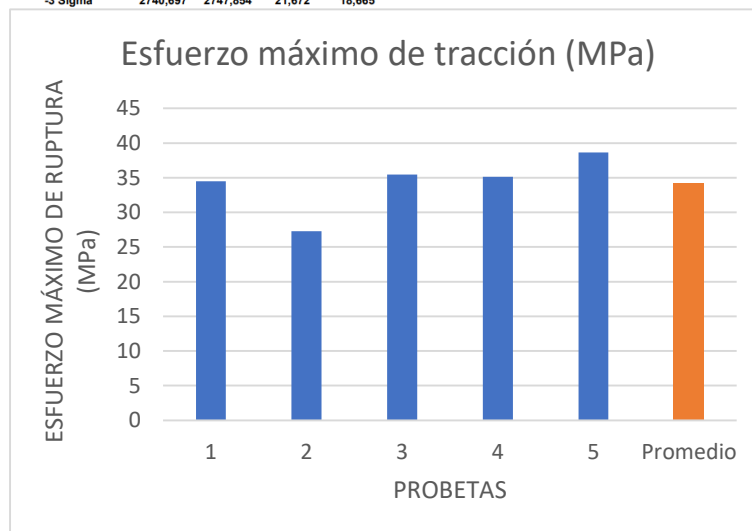


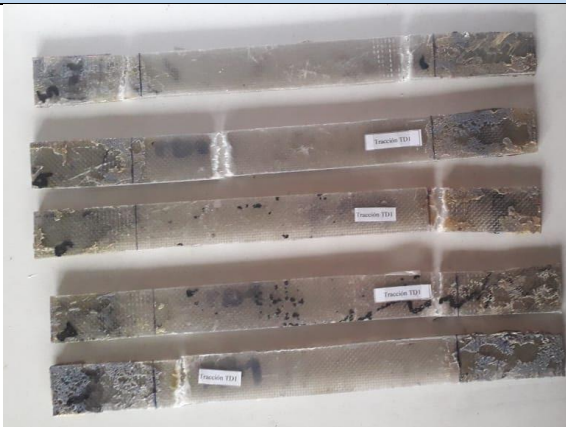


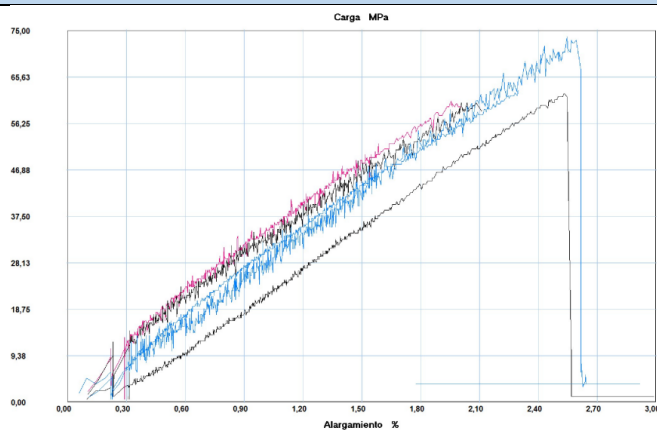
Tabla 27: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 06/01/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN. | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Tracción | Norma: | ASTM D3039 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI+CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Temperatura: | 22,5°C | Curado: | Ambiente | | |
| Humedad relativa: | 49,1 | Número de probetas: | 5 | | |
| Grupo de probetas: | TD1 | Espesor promedio (mm): | 3.8 | | |
| Velocidad del ensayo: | 5 mm/min | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | (%) Elongación | Tipo de falla |
| 16 | 5300 | 62,27 | 2445,02 | 2,55 | LGT |
| 17 | 5700 | 62,98 | 2741,53 | 2,29 | LGB |
| 18 | 5350 | 60,75 | 3025,27 | 2,01 | LIB |
| 19 | 5450 | 60,37 | 2858,40 | 2,11 | LGM |
| 20 | 6050 | 73,70 | 2842,64 | 2,59 | LIT |
| Promedio \bar{X} | 5570 | 64,01 | 2782,57 | 2,31 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 309,44 | 5,52 | 214,41 | 0,26 | - |

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



| Probeta | FMax N | FRot N | CMax MPa | CRot MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| ■ 1 | 5300,00 | 5250,00 | 62,27 | 61,68 |
| ■ 2 | 5700,00 | 5700,00 | 62,98 | 62,98 |
| ■ 3 | 5350,00 | 5250,00 | 60,75 | 59,61 |
| ■ 4 | 5450,00 | 5300,00 | 60,37 | 58,71 |
| ■ 5 | 6050,00 | 6000,00 | 73,70 | 73,09 |
| Media | 5570,000 | 5500,000 | 64,013 | 63,214 |
| Mediana | 5450,000 | 5300,000 | 62,267 | 61,679 |
| Desv. Std | 309,435 | 337,268 | 5,520 | 5,772 |
| Coef. V. | 0,056 | 0,061 | 0,086 | 0,091 |
| Máximo | 6050,000 | 6000,000 | 73,700 | 73,091 |
| Mínimo | 5300,000 | 5250,000 | 60,369 | 59,708 |
| Rango | 750,000 | 750,000 | 13,331 | 14,383 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 6498,305 | 6511,805 | 80,574 | 80,529 |
| -3 Sigma | 4641,695 | 4488,195 | 47,452 | 45,900 |

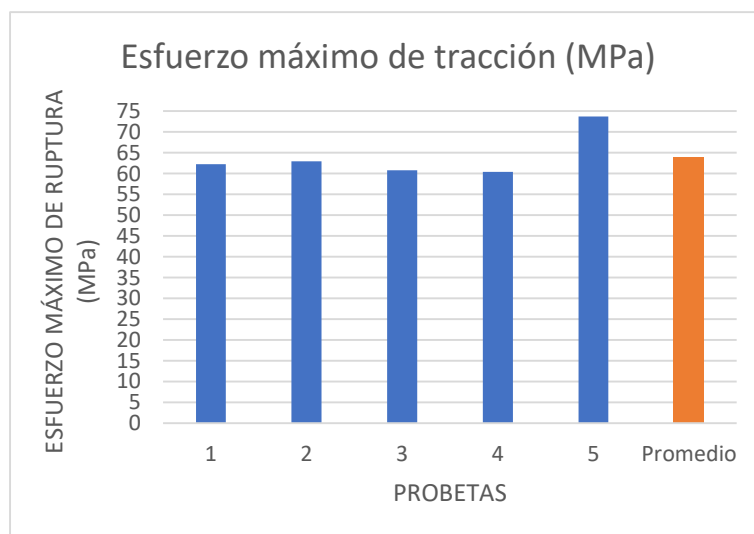




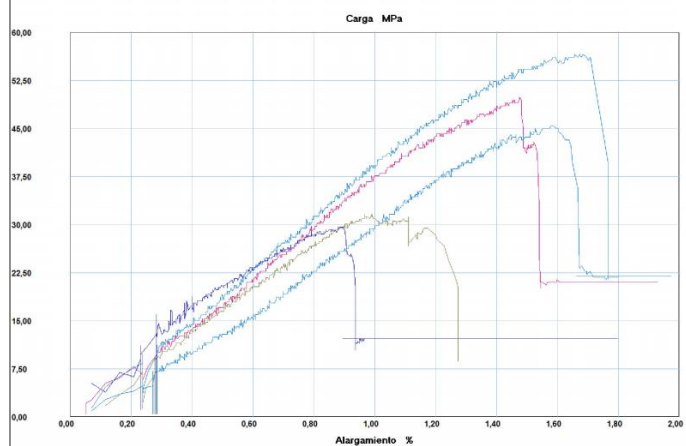
Tabla 28: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD2 a 45°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 12/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN. | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Tracción | Norma: | ASTM D3039 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI+CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Temperatura: | 22,1°C | Curado: | Horno 45°C | | |
| Humedad relativa: | 54,7 | Número de probetas: | 5 | | |
| Grupo de probetas: | TD2 | Espesor promedio (mm): | 4 | | |
| Velocidad del ensayo: | 5 mm/min | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | (%) Elongación | Tipo de falla |
| 1 | 6050 | 56,58 | 3313,82 | 1,71 | LIB |
| 2 | 5700 | 49,89 | 3368,25 | 1,48 | LGM |
| 3 | 5100 | 45,43 | 2764,57 | 1,64 | LGT |
| 4 | 4250 | 29,61 | 3279,88 | 0,90 | LGB |
| 5 | 4500 | 31,59 | 2842,73 | 1,11 | LIT |
| Promedio \bar{X} | 5120 | 42,62 | 3113,85 | 1,37 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 765,34 | 11,69 | 286,26 | 0,35 | - |

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



| Probeta | FMax N | FRot N | CMax MPa | CRot MPa |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 6050,00 | 6000,00 | 56,58 | 56,11 |
| 2 | 5700,00 | 5650,00 | 49,89 | 49,46 |
| 3 | 5100,00 | 4750,00 | 46,43 | 42,31 |
| 4 | 4250,00 | 4150,00 | 29,61 | 28,91 |
| 5 | 4500,00 | 4350,00 | 31,59 | 30,54 |
| Media | 5120,000 | 4980,000 | 42,621 | 41,466 |
| Mediana | 5100,000 | 4750,000 | 45,431 | 42,313 |
| Desv. Std | 765,343 | 810,555 | 11,690 | 11,791 |
| Coeff. V. | 0,149 | 0,163 | 0,274 | 0,284 |
| Máximo | 6050,000 | 6000,000 | 56,578 | 56,110 |
| Mínimo | 4250,000 | 4150,000 | 29,606 | 28,910 |
| Rango | 1800,000 | 1850,000 | 26,972 | 27,201 |
| CPK | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| +3 Sigma | 7416,029 | 7411,666 | 77,690 | 76,338 |
| -3 Sigma | 2823,971 | 2548,334 | 7,551 | 6,094 |

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)

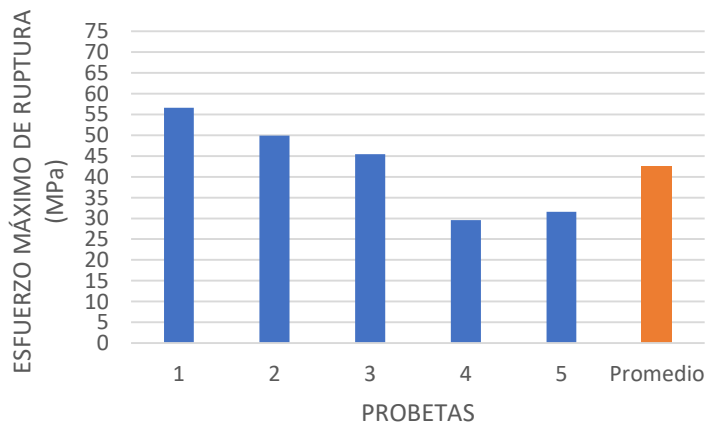




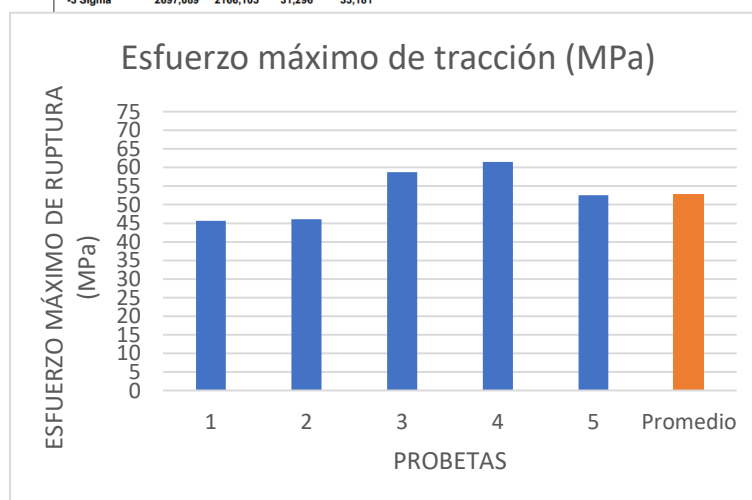
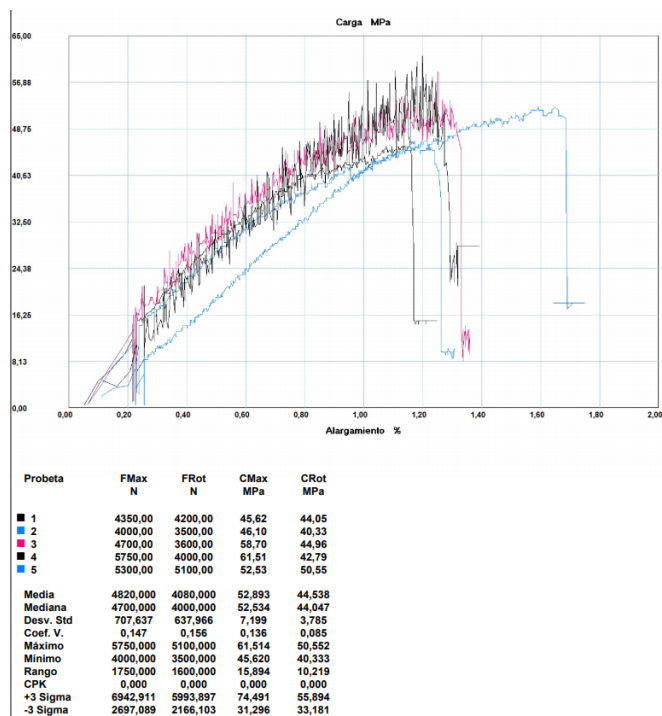
Tabla 29: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD3 a 65°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 12/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN. | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Tracción | Norma: | ASTM D3039 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI+CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Temperatura: | 22,9°C | Curado: | Horno 65°C | | |
| Humedad relativa: | 60,2 | Número de probetas: | 5 | | |
| Grupo de probetas: | TD3 | Espesor promedio (mm): | 3.7 | | |
| Velocidad del ensayo: | 5 mm/min | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | (%) Elongación | Tipo de falla |
| 1 | 4350 | 45,62 | 3921,46 | 1,16 | LIT |
| 2 | 4000 | 46,10 | 3670,01 | 1,26 | LGT |
| 3 | 4700 | 58,70 | 4411,55 | 1,33 | LGT |
| 4 | 5750 | 61,51 | 4808,26 | 1,28 | LGB |
| 5 | 5300 | 52,53 | 3119,62 | 1,68 | LGM |
| Promedio \bar{X} | 4820 | 52,89 | 3986,18 | 1,34 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 707,637 | 7,19 | 654,19 | 0,20 | - |

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO





GRÁFICAS



3.1.2 Ficha de datos ensayo de flexión

Tabla 30: Ficha de ensayo a flexión del grupo TA1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | | |
|--|---|---|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 13/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. | | | | |
| Máquina: | SHIMADZU UHFx 500 kNx | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Flexión | Norma: | ASTM D 7264 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AG | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 160*13*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TA1 | Curado: | Ambiente | | |
| Velocidad del ensayo: | 1 mm/min | Número de probetas: | 5 | | |
| Espesor promedio (mm): | 3,2 | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | Deflexión (mm) | Tipo de falla |
| 1 | 73,67 | 89,02 | 2577,92 | 29,9 | OUU |
| 2 | 102,76 | 148,99 | 4258,33 | 30,99 | OUU |
| 3 | 125,17 | 167,96 | 3533,97 | 44,28 | OUU |
| 4 | 89,96 | 137,26 | 3438,03 | 37,49 | OUU |
| 5 | 97,59 | 182,38 | 11056,79 | 16,13 | OUU |
| Promedio \bar{X} | 97,83 | 145,12 | 4973,01 | 31,77 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 18,82 | 35,82 | 3452,77 | 10,46 | - |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |



GRÁFICAS

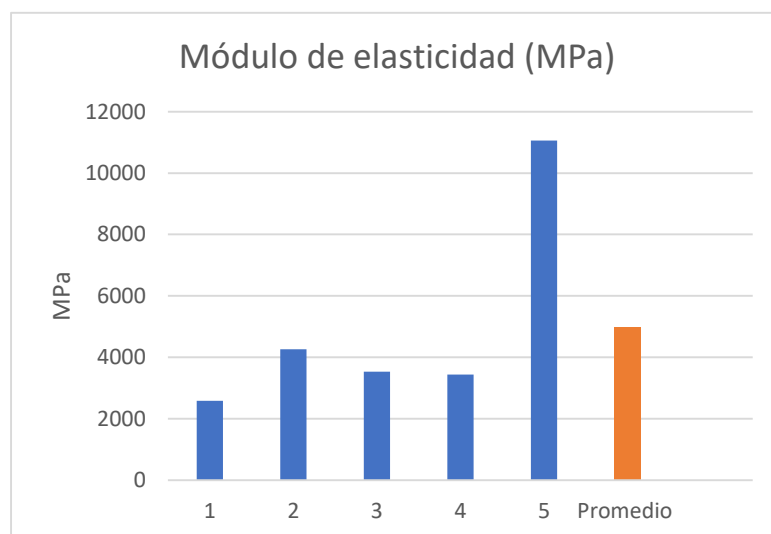
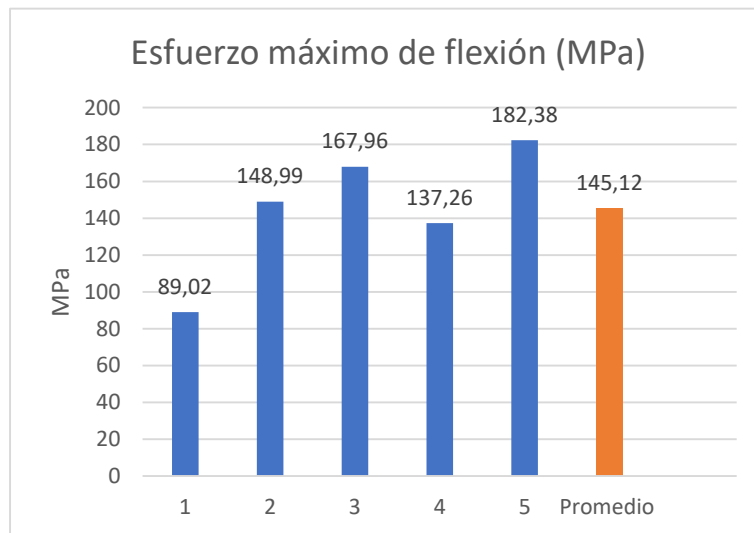


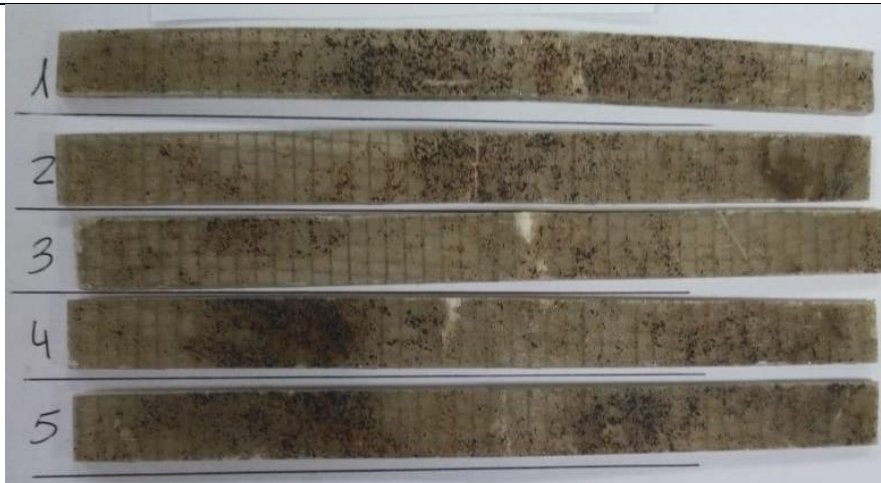


Tabla 31: Ficha de ensayo a flexión del grupo TB1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | | |
|--|---|---|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 13/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. | | | | |
| Máquina: | SHIMADZU UHFx 500 kNx | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Flexión | Norma: | ASTM D 7264 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AG + CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 160*13*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TB1 | Curado: | Ambiente | | |
| Velocidad del ensayo: | 1 mm/min | Número de probetas: | 5 | | |
| Espesor promedio (mm): | 3,6 | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | Deflexión (mm) | Tipo de falla |
| 1 | 135,74 | 164,71 | 5154,76 | 25,00 | TLB |
| 2 | 76,45 | 94,34 | 3365,34 | 22,82 | TAB |
| 3 | 115,24 | 152,61 | 5240,00 | 24,56 | TLB |
| 4 | 129,46 | 138,08 | 4945,65 | 21,37 | TLB |
| 5 | 114,28 | 117,81 | 6001,43 | 14,55 | TLB |
| Promedio \bar{X} | 114,23 | 133,51 | 4941,44 | 21,66 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 23,04 | 28,02 | 967,25 | 4,23 | - |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |



GRÁFICAS

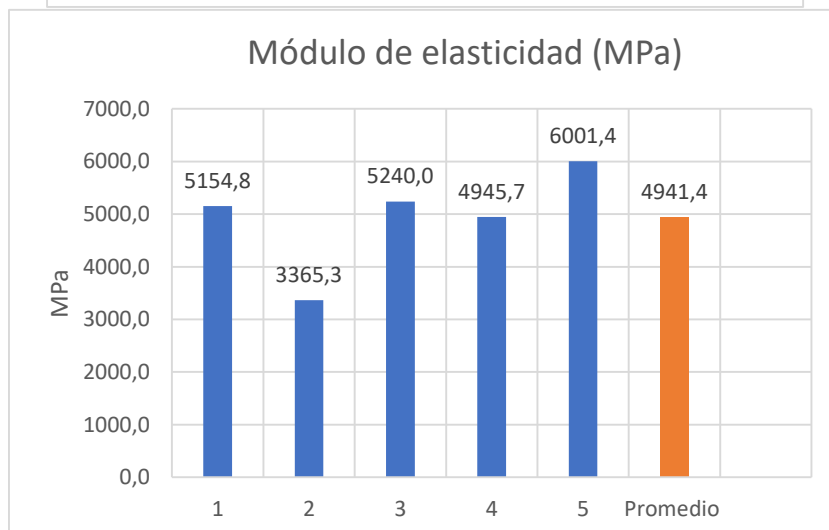
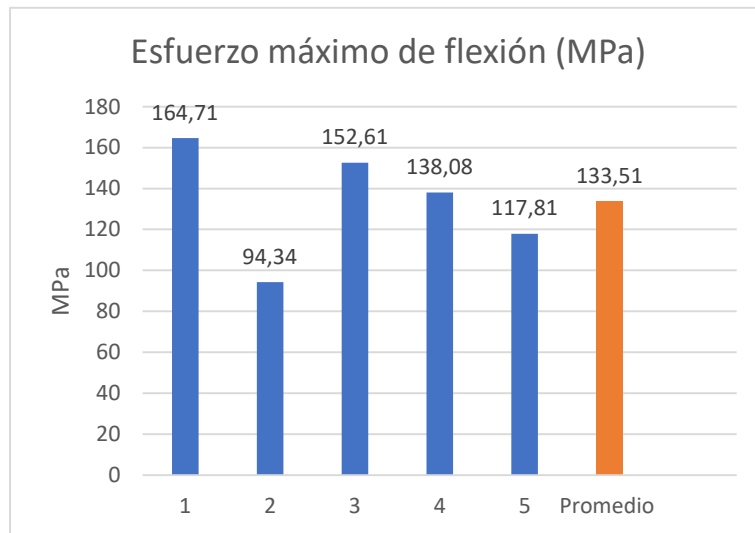


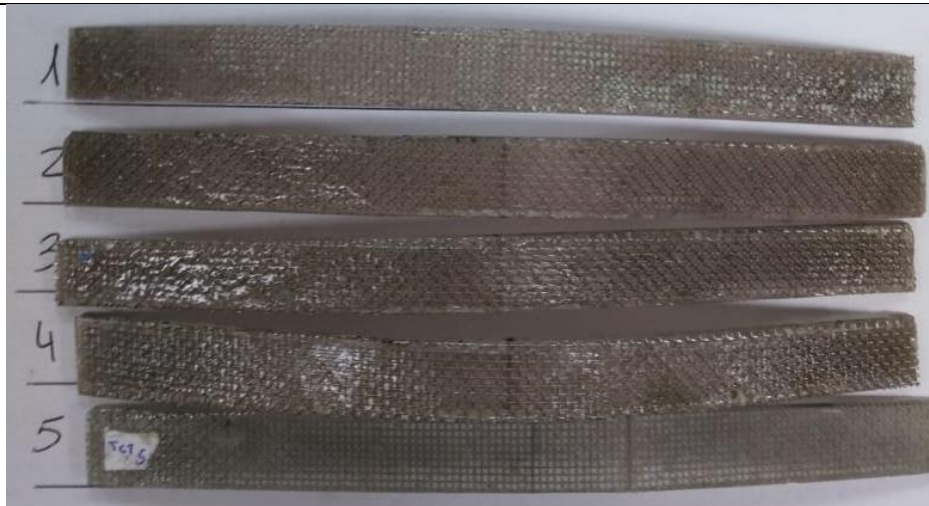


Tabla 32: Ficha de ensayo a flexión del grupo TC1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 13/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. | | | | |
| Máquina: | SHIMADZU UHFx 500 kNx | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Flexión | Norma: | ASTM D 7264 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 160*13*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TC1 | Curado: | Ambiente | | |
| Velocidad del ensayo: | 1 mm/min | Número de probetas: | 5 | | |
| Espesor promedio (mm): | 3 | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | Deflexión (mm) | Tipo de falla |
| 1 | 54,28 | 86,22 | 2090,18 | 38,73 | OUU |
| 2 | 115,95 | 168,12 | 3851,19 | 39,16 | OUU |
| 3 | 135,42 | 248,34 | 7193,37 | 34,00 | OUU |
| 4 | 132,48 | 280,85 | 7666,77 | 38,79 | OUU |
| 5 | 130,26 | 195,79 | 7829,86 | 22,72 | TLB |
| Promedio \bar{X} | 113,68 | 195,87 | 5726,27 | 34,68 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 34,04 | 75,45 | 2601,93 | 7,02 | - |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |



GRÁFICAS

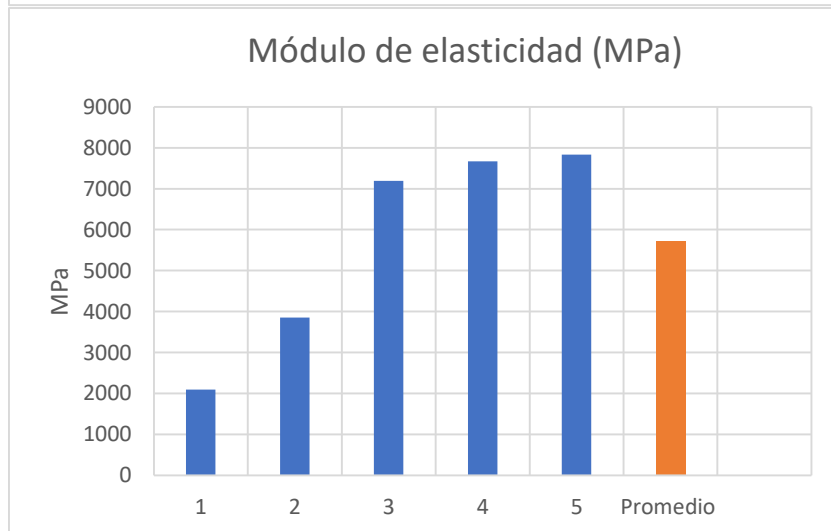
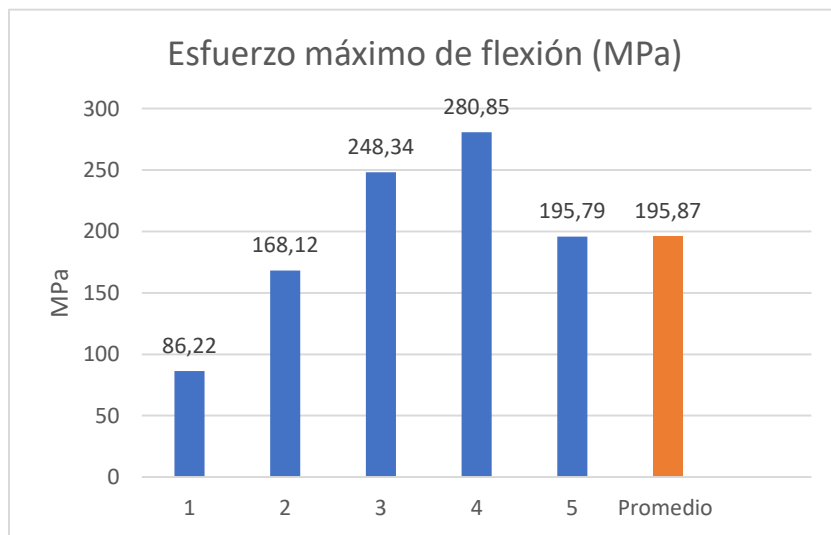


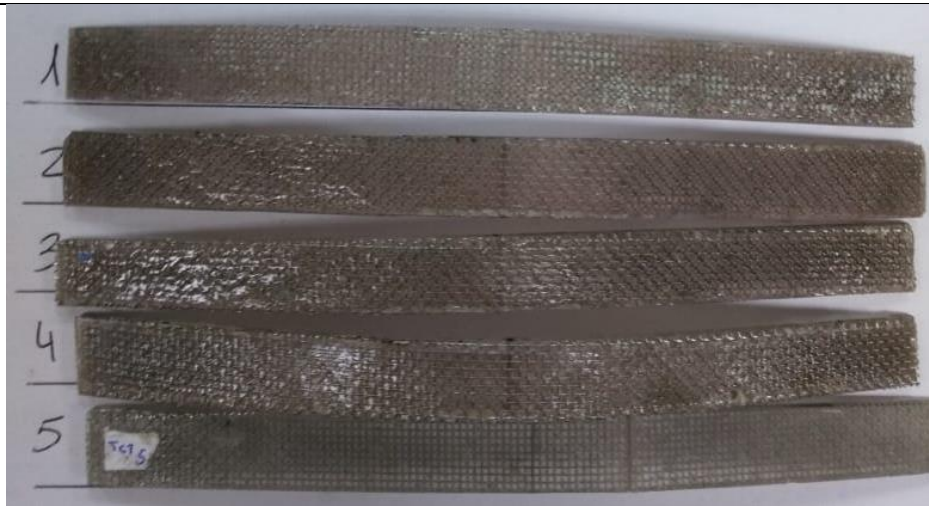


Tabla 33: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | | |
|--|---|---|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 13/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. | | | | |
| Máquina: | SHIMADZU UHFx 500 kNx | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Flexión | Norma: | ASTM D 7264 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI +CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 160*13*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TD1 | Curado: | Ambiente | | |
| Velocidad del ensayo: | 1 mm/min | Número de probetas: | 5 | | |
| Espesor promedio (mm): | 3.9 | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | Deflexión (mm) | Tipo de falla |
| 1 | 162,28 | 146,51 | 2898,63 | 35,59 | TLB |
| 2 | 189,30 | 168,40 | 3736,05 | 31,74 | TLB |
| 3 | 166,81 | 146,68 | 5637,98 | 18,32 | TAB |
| 4 | 137,33 | 153,96 | 3515,07 | 34,85 | TAB |
| 5 | 139,55 | 113,70 | 3041,08 | 25,56 | TLB |
| Promedio \bar{X} | 159,06 | 145,85 | 3765,76 | 29,21 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 21,44 | 20,06 | 1100,68 | 7,26 | - |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |



GRÁFICAS

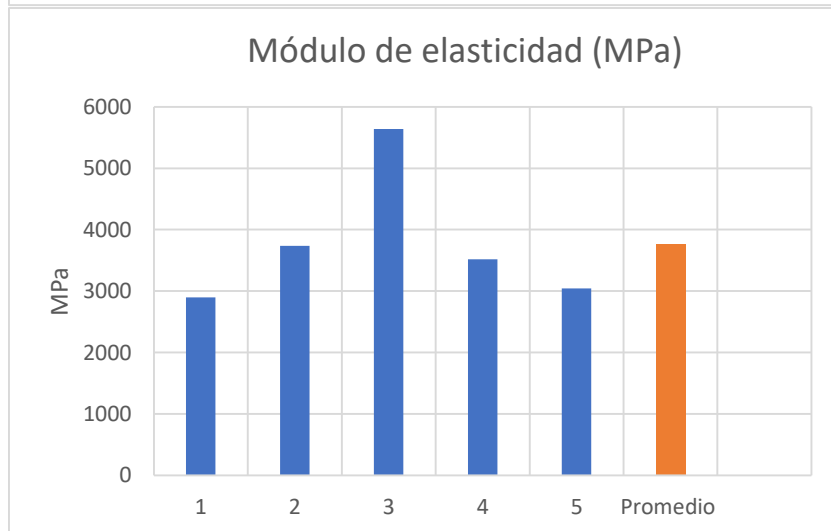
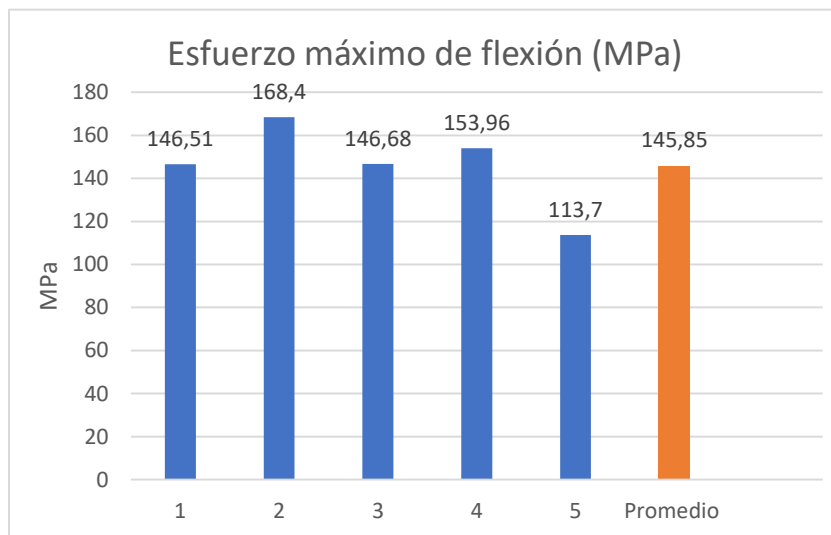


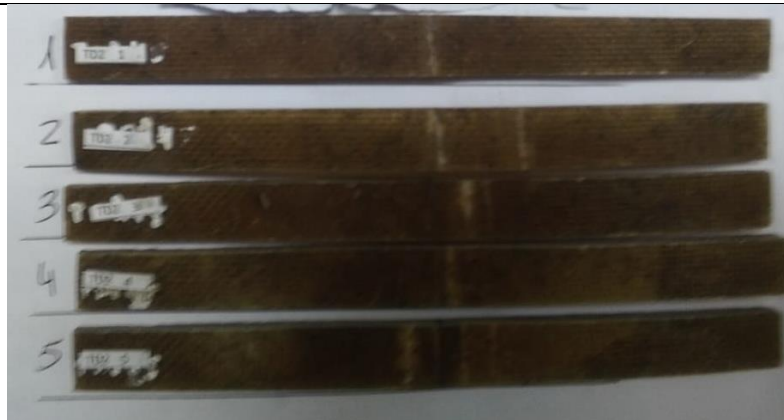


Tabla 34: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD2 a 45°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | | |
|--|---|---|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 13/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. | | | | |
| Máquina: | SHIMADZU UHFx 500 kNx | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Flexión | Norma: | ASTM D 7264 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI +CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 160*13*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TD2 | Curado: | 45°C | | |
| Velocidad del ensayo: | 1 mm/min | Número de probetas: | 5 | | |
| Espesor promedio (mm): | 4.24 | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | Deflexión (mm) | Tipo de falla |
| 1 | 34,97 | 31,81 | 2959,76 | 7,57 | TAB |
| 2 | 106,26 | 124,91 | 3635,74 | 26,9 | TLB |
| 3 | 125,73 | 103,27 | 7454,87 | 9,07 | TLB |
| 4 | 100,93 | 67,37 | 3702,18 | 10,68 | TAB |
| 5 | 79,16 | 56,97 | 3217,84 | 11,08 | TLB |
| Promedio \bar{X} | 89,41 | 76,86 | 4194,08 | 13,06 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 34,66 | 37,15 | 1848,17 | 7,85 | - |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |



GRÁFICAS

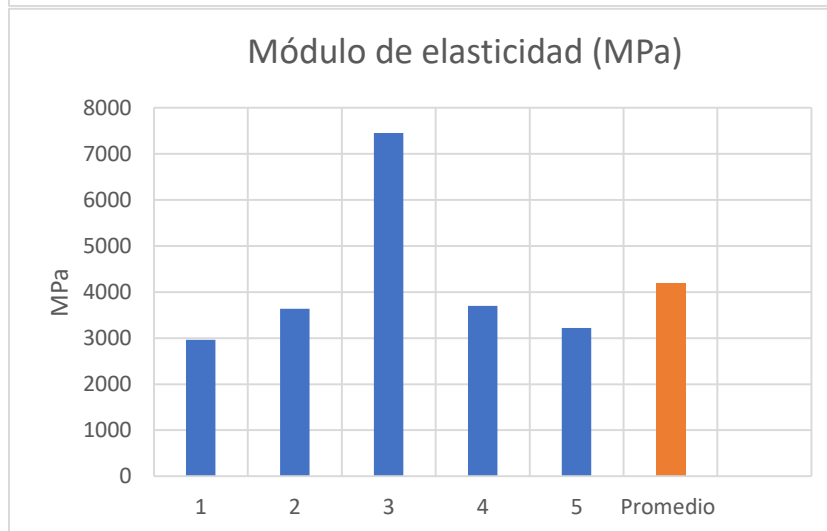
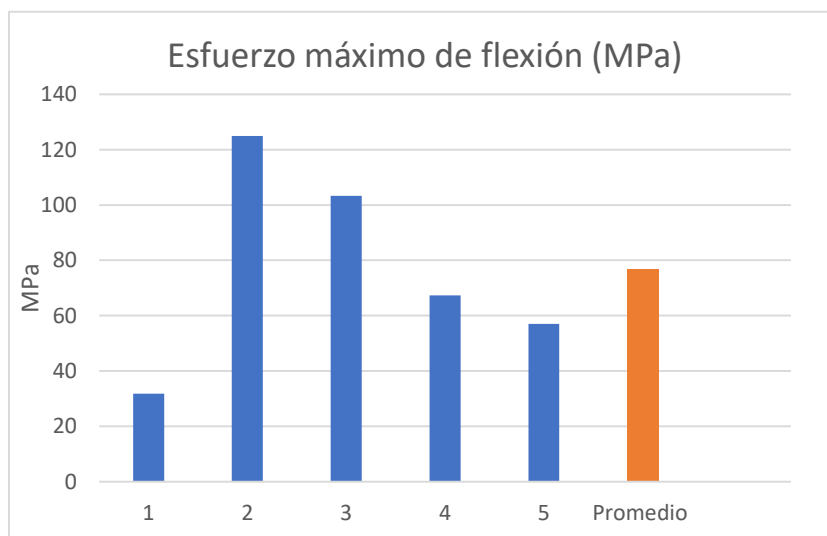


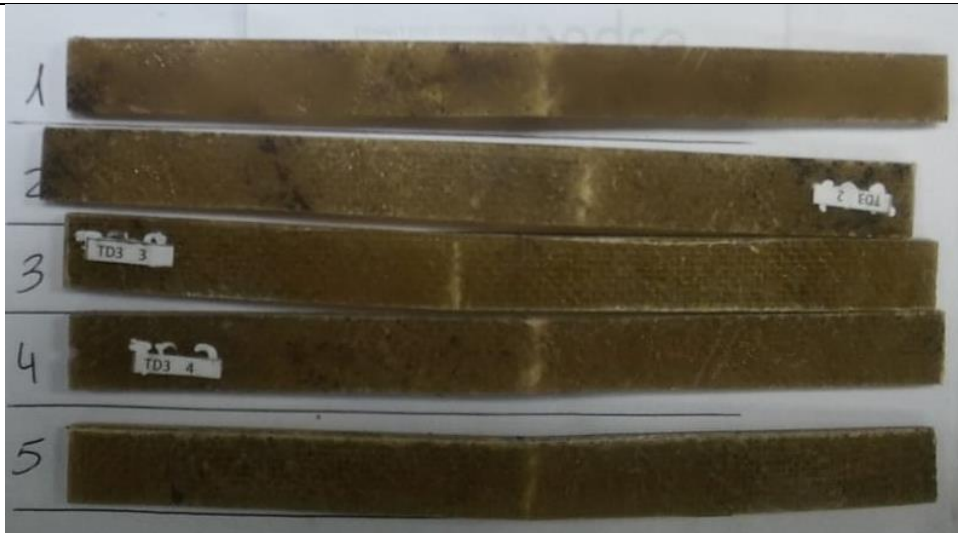
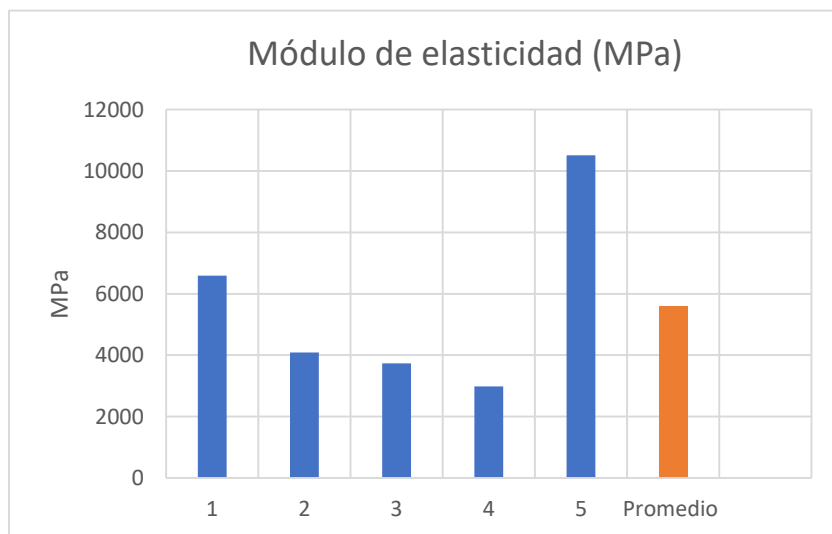
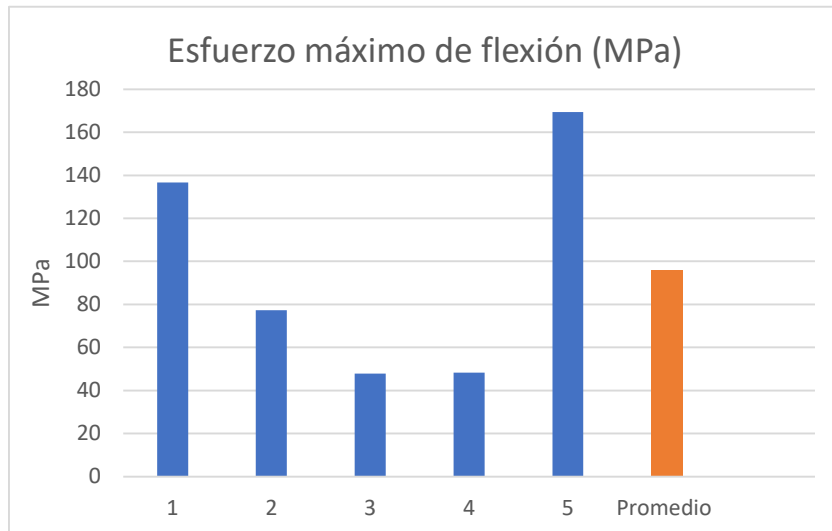


Tabla 35: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD3 a 65°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | | |
|--|---|---|-----------------------------|----------------|---------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 13/04/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. | | | | |
| Máquina: | SHIMADZU UHFx 500 kNx | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Flexión | Norma: | ASTM D 7264 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI +CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 160*13*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TD3 | Curado: | 65°C | | |
| Velocidad del ensayo: | 1 mm/min | Número de probetas: | 5 | | |
| Espesor promedio (mm): | 3,3 | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Carga Máxima (N) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) | Deflexión (mm) | Tipo de falla |
| 1 | 124,46 | 136,62 | 6587,19 | 15,62 | TAB |
| 2 | 65,80 | 77,34 | 4085,82 | 15,32 | TLB |
| 3 | 28,21 | 47,90 | 3732,26 | 12,05 | TLB |
| 4 | 39,26 | 48,26 | 2980,99 | 12,88 | TAB |
| 5 | 91,16 | 169,38 | 10508,82 | 16,33 | TAB |
| Promedio \bar{X} | 69,78 | 95,90 | 5579,02 | 14,44 | - |
| Desviación estándar S_{n-1} | 39,12 | 54,72 | 3070,39 | 1,86 | - |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |





GRÁFICAS

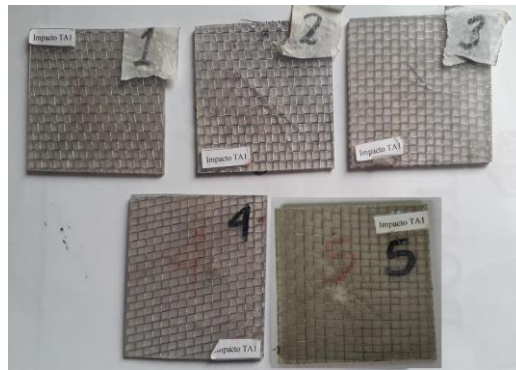


3.1.3 Ficha de datos ensayo de impacto

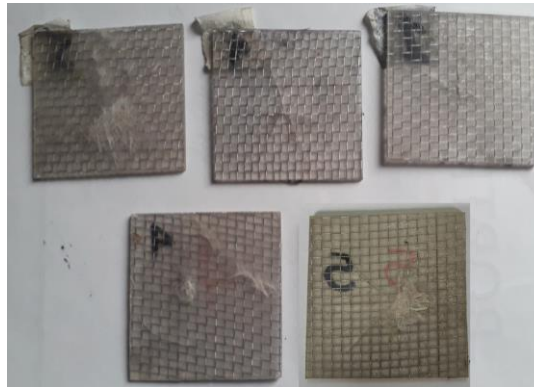
Tabla 36: Ficha de ensayo a impacto del grupo TA1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | |
|--|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | |
| Fecha: | 24/03/2021 | Ciudad: | Ambato | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | |
| Lugar: | Universidad Técnica de Ambato | | | |
| Máquina: | Máquina de impacto por caída de dardo | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | |
| Tipo de ensayo: | Impacto | Norma: | ASTM D5628 | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | |
| Refuerzo: | CFV+AG | Fracción volumétrica: | 30% | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | |
| Grupo de probetas: | TA1 | Curado: | Ambiente | |
| Geometría del dardo: | FE | Número de probetas: | 5 | |
| Masa del dardo: | 0,232 | Espesor promedio (mm): | 3.5 | |
| RESULTADOS | | | | |
| Probeta | Altura (mm) | Masa aplicada (Kg) | Energía media de fallo (J) | Criterio de falla |
| 1 | 100 | 0,232 | 0,227 | No falla |
| 2 | 200 | 0,232 | 0,455 | Falla |
| 3 | 300 | 0,232 | 0,683 | Falla |
| 4 | 400 | 0,232 | 0,910 | Falla |
| 5 | 500 | 0,232 | 1,138 | Falla + hundimiento |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | |

Cara Frontal





Cara Posterior



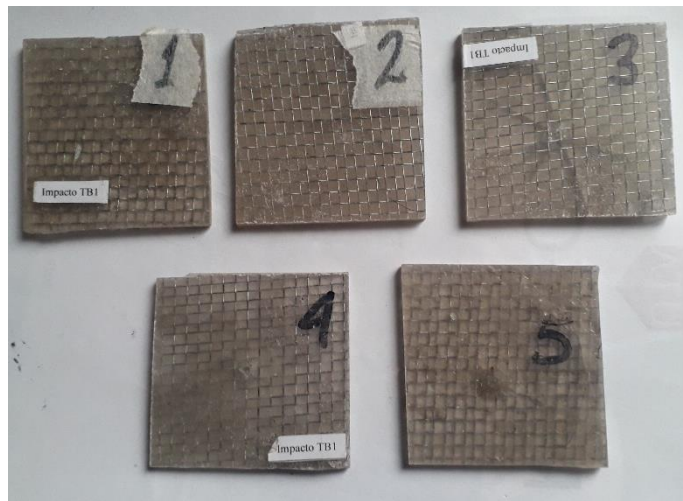
EVALUACIÓN

| | |
|---------------------------------------|---|
| Energía media de fallo (J) | 0,227 J |
| Tipo de fallas presentes. | En este grupo la falla se presenta en la probeta 2. |

Tabla 37: Ficha de ensayo a impacto del grupo TB1 a 25°C

| | | | | | |
|---|--------------------|--|-----------------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | |
| | | FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | | 24/03/2021 | | Ciudad: Ambato | |
| Realizado por: | | Darwin Alomaliza | | Revisado por: Ing. Mg. Henry Vaca | |
| Lugar: | | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | | | |
| Máquina: | | Máquina de impacto por caída de dardo | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | | Impacto | | Norma: ASTM D5628 | |
| Matriz: | | Resina poliéster | | Fracción volumétrica: 70% | |
| Refuerzo: | | CFV+ AG + CFV | | Fracción volumétrica: 30% | |
| Dimensión (mm): | | 250*25*e | | Estratificación: Compresión | |
| Grupo de probetas: | | TB1 | | Curado: Ambiente | |
| Geometría del dardo: | | FE | | Número de probetas: 5 | |
| Masa del dardo: | | 0,232 | | Espesor promedio (mm): 4.3 | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Altura (mm) | Masa aplicada (Kg) | Energía media de fallo (J) | Criterio de falla | |
| 1 | 100 | 0,232 | 0,227 | No falla | |
| 2 | 200 | 0,232 | 0,455 | No falla | |
| 3 | 300 | 0,232 | 0,683 | Falla | |
| 4 | 400 | 0,232 | 0,910 | Falla + hundimiento | |
| 5 | 500 | 0,232 | 1,138 | Falla + hundimiento | |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |

Cara Frontal





Cara Posterior

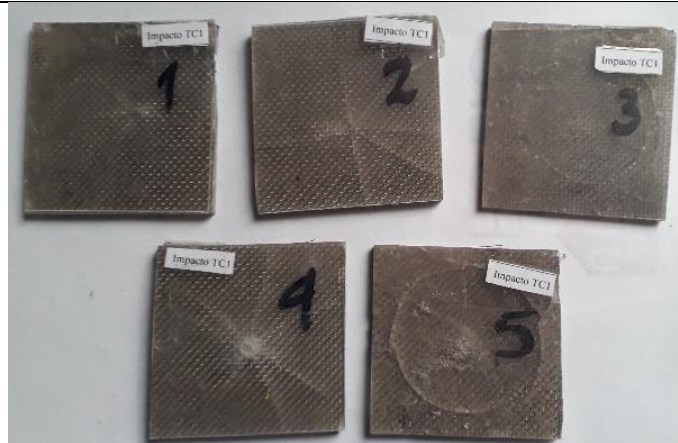


EVALUACIÓN

| | |
|-----------------------------------|---|
| Energía media de fallo (J) | 0,455 |
| Tipo de fallas presentes. | En este grupo la falla se presenta en la probeta 3. |

Tabla 38: Ficha de ensayo a impacto del grupo TC1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | |
|--|---|-------------------------------|----------------------------|---------------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | |
| Fecha: | 24/03/2021 | Ciudad: | Ambato | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | | | |
| Máquina: | Máquina de impacto por caída de dardo | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | |
| Tipo de ensayo: | Impacto | Norma: | ASTM D5628 | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | |
| Refuerzo: | CFV+ AI | Fracción volumétrica: | 30% | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | |
| Grupo de probetas: | TC1 | Curado: | Ambiente | |
| Geometría del dardo: | FE | Número de probetas: | 5 | |
| Masa del dardo: | 0,232 | Espesor promedio (mm): | 4 | |
| RESULTADOS | | | | |
| Probeta | Altura (mm) | Masa aplicada (Kg) | Energía media de fallo (J) | Criterio de falla |
| 1 | 100 | 0,232 | 0,227 | No falla |
| 2 | 200 | 0,232 | 0,455 | Falla |
| 3 | 300 | 0,232 | 0,683 | Falla |
| 4 | 400 | 0,232 | 0,910 | Falla + hundimiento |
| 5 | 500 | 0,232 | 1,137 | Falla + hundimiento |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | |
| Cara Frontal | | | | |





Cara Posterior

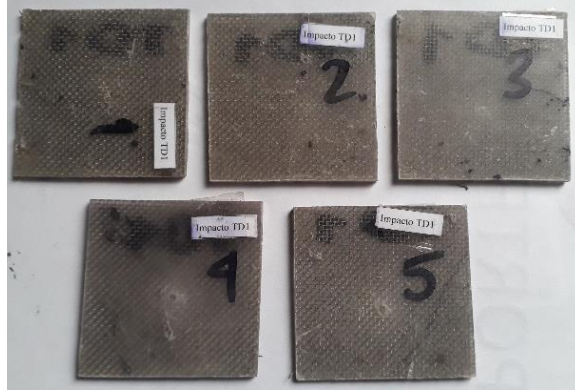


EVALUACIÓN

| | |
|-----------------------------------|---|
| Energía media de fallo (J) | 0,227 |
| Presencia de falla | En este grupo la falla se presenta en la probeta 2. |

Tabla 39: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD1 a 25°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | |
|--|--|---|----------------------------|-------------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | |
| Fecha: | 24/03/2021 | Ciudad: | Ambato | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | | | |
| Máquina: | Máquina de impacto por caída de dardo | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | |
| Tipo de ensayo: | Impacto | Norma: | ASTM D5628 | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | |
| Refuerzo: | CFV+AI+CFV | Fracción volumétrica: | 30% | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | |
| Grupo de probetas: | TD1 | Curado: | Ambiente | |
| Geometría del dardo: | FE | Número de probetas: | 5 | |
| Masa del dardo: | 0,232 | Espesor promedio (mm): | 3.2 | |
| RESULTADOS | | | | |
| Probeta | Altura (mm) | Masa aplicada (Kg) | Energía media de fallo (J) | Criterio de falla |
| 1 | 100 | 0,232 | 0,227 | No falla |
| 2 | 200 | 0,232 | 0,455 | No falla |
| 3 | 300 | 0,232 | 0,682 | No falla |
| 4 | 400 | 0,232 | 0,910 | No falla |
| 5 | 500 | 0,232 | 1,137 | falla |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | |
| Cara Frontal | | | | |



Cara Posterior



EVALUACIÓN

| | |
|-----------------------------------|---|
| Energía media de fallo (J) | 0,910 J |
| Presencia de falla | En este grupo la falla se presenta en la probeta 5. |

Tabla 40: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD2 a 45°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | | |
|--|---|---|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 24/03/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de impacto por caída de dardo | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Impacto | Norma: | ASTM D5628 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI+CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TD2 | Curado: | Horno 45°C | | |
| Geometría del dardo: | FE | Número de probetas: | 5 | | |
| Masa del dardo: | 0,232 | Espesor promedio (mm): | 3,3 | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Altura (mm) | Masa aplicada (Kg) | Incremento de masa (kg) | Energía media de fallo (J) | Criterio de falla |
| 1 | 60 | 0,232 | 0,615 | 0,498 | No falla |
| 2 | 65 | 0,232 | 0,615 | 0,540 | No falla |
| 3 | 72,5 | 0,232 | 0,615 | 0,623 | No Falla |
| 4 | 80 | 0,232 | 0,615 | 0,664 | Falla |
| 5 | 100 | 0,232 | 0,615 | 0,830 | Falla |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |
| Cara Frontal | | | | | |





Cara Posterior



EVALUACIÓN

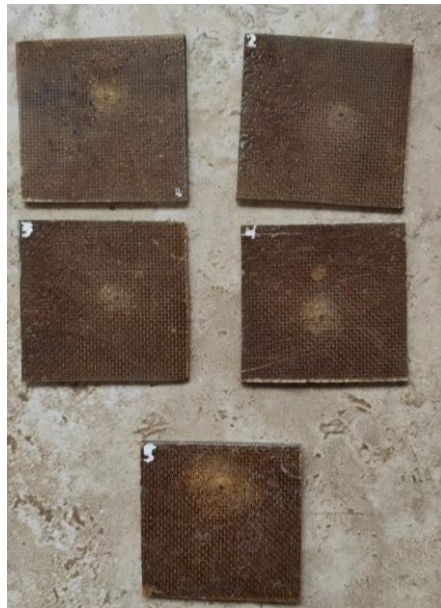
| | |
|-----------------------------------|---|
| Energía media de fallo (J) | 0,623 J |
| Presencia de falla | En este grupo la falla se presenta en la probeta 4. |

Tabla 41: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD3 a 65°C

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | | |
|--|--|---|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| FICHA DE TABULACION DE DATOS | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | |
| Fecha: | 24/03/2021 | Ciudad: | Ambato | | |
| Realizado por: | Darwin Alomaliza | Revisado por: | Ing. Mg. Henry Vaca | | |
| Lugar: | Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero | | | | |
| Máquina: | Máquina de impacto por caída de dardo | | | | |
| PARÁMETROS DE ENSAYO | | | | | |
| Tipo de ensayo: | Impacto | Norma: | ASTM D5628 | | |
| Matriz: | Resina poliéster | Fracción volumétrica: | 70% | | |
| Refuerzo: | CFV+AI+CFV | Fracción volumétrica: | 30% | | |
| Dimensión (mm): | 250*25*e | Estratificación: | Compresión | | |
| Grupo de probetas: | TD3 | Curado: | Horno 45°C | | |
| Geometría del dardo: | FE | Número de probetas: | 5 | | |
| Masa del dardo: | 0,232 | Espesor promedio (mm): | 3,3 | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Probeta | Altura (mm) | Masa aplicada (Kg) | Incremento de masa (kg) | Energía media de fallo (J) | Criterio de falla |
| 1 | 60 | 0,232 | 0,615 | 0,498 | No falla |
| 2 | 67,5 | 0,232 | 0,615 | 0,561 | No falla |
| 3 | 69 | 0,232 | 0,615 | 0,573 | No Falla |
| 4 | 75 | 0,232 | 0,615 | 0,623 | Falla |
| 5 | 100 | 0,232 | 0,615 | 0,831 | Falla |
| FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO | | | | | |
| Cara Frontal | | | | | |



Cara Posterior



EVALUACIÓN

| | |
|-----------------------------------|---|
| Energía media de fallo (J) | 0,573 J |
| Presencia de falla | En este grupo la falla se presenta en la probeta 4. |

3.2 Análisis de resultados

Mediante la realización de cada uno de los ensayos de tracción, flexión e impacto podremos obtener resultados para una correcta tabulación e interpretación de datos. Con la obtención de valores en cada una de las 5 probetas para cada grupo se obtuvo un valor promedio, según la combinación de los materiales compuestos elaborados.

Para los ensayos de tracción y flexión los valores examinados son: el esfuerzo máximo (MPa) y el módulo de elasticidad (MPa) y en los ensayos a impacto se consideró la energía media de fallo (J).

Tabla 42: Caracterización del material de compuesto.

| Grupo de composición | Denominación | Temperatura de curado |
|--|---------------|-----------------------|
| TIPO A: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada | CFV+ AG | TA1 = 25°C |
| TIPO B: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada + 1 capa de fibra de vidrio. | CFV+ AG + CFV | TB1 = 25°C |
| TIPO C: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable | CFV+ AI | TC1 = 25°C |
| TIPO D1: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. | CFV+ AI + CFV | TD1 = 25°C |
| TIPO D2 a 45°C: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. | CFV+ AI + CFV | TD2 = 45°C |
| TIPO D3 a 65°C: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. | CFV+ AI + CFV | TD3 = 65°C |

3.2.1 Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del esfuerzo máximo (MPa)

Se observa los mejores resultados que se lograron en los ensayos, en el esfuerzo máximo a tracción en el tipo D tiene un valor de 64.01 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio curado a temperatura ambiente de 25°C y en el esfuerzo máximo a flexión en el tipo C tiene un valor de 195,87 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable curado a temperatura ambiente de 25°C.

Tabla 43: Evaluación de la composición del material compuesto con sus promedios del ensayo a tracción y flexión del esfuerzo máximo (MPa)

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA | | CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |
|---|------------------|---|-----------|---|---|
| FICHA DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN Y FLEXIÓN | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Grupos | Tipo de refuerzo | Fracción volumétrica | Curado °C | Ensayo a tracción Esfuerzo máximo a tracción (MPa) | Ensayo a flexión Esfuerzo máximo a flexión (MPa) |
| Grupo A | CFV+ AG | Matriz 70% + Refuerzo 30% | 25 °C | 35,64 | 145,12 |
| Grupo B | CFV+ AG + CFV | | | 45,48 | 133,51 |
| Grupo C | CFV+ AI | | | 34,21 | 195,87 |
| Grupo D | CFV+ AI + CFV | | | 64,01 | 145,85 |
| Grupo D2 | CFV+ AI + CFV | | 45 °C | 42,621 | 76,86 |
| Grupo D3 | CFV+ AI + CFV | | 65 °C | 52,893 | 95,90 |

| GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|

Esfuerzo máximo a tracción y flexión (MPa)



| Grupo | Tracción (MPa) | Flexión (MPa) |
|----------|----------------|---------------|
| Grupo A | 35,64 | 145,12 |
| Grupo B | 45,48 | 133,51 |
| Grupo C | 34,21 | 195,87 |
| Grupo D | 64,01 | 145,85 |
| Grupo D2 | 42,621 | 76,86 |
| Grupo D3 | 52,893 | 95,9 |

Figura 51: Esfuerzo máximo a tracción y flexión (MPa)

3.2.2 Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del módulo de elasticidad (MPa)

Se observa los mejores resultados que se lograron en los ensayos, en el módulo de elasticidad (MPa) a tracción en el tipo D3 tiene un valor de 3986,17 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio curado a temperatura de 65°C a horno y en el módulo de elasticidad (MPa) en el ensayo a flexión en el tipo C tiene un valor de 5726,27 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable curado a temperatura ambiente de 25°C.

Tabla 44: Evaluación de la composición del material compuesto a temperatura ambiente de los ensayos a flexión.

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA  | | | | | |
|--|------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| FICHA DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN Y FLEXIÓN | | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| Grupos | Tipo de refuerzo | Fracción volumétrica | Curado °C | Ensayo a tracción | Ensayo a flexión |
| | | | | Módulo de elasticidad (MPa) | Módulo de elasticidad (MPa) |
| Grupo A | CFV+ AG | Matriz 70% + Refuerzo 30% | 25 °C | 3693,70 | 4973,01 |
| Grupo B | CFV+ AG + CFV | | | 2236,71 | 4941,44 |
| Grupo C | CFV+ AI | | | 2474,84 | 5726,27 |
| Grupo D | CFV+ AI + CFV | | | 2782,57 | 3765,76 |
| Grupo D2 | CFV+ AI + CFV | | 45 °C | 3113,85 | 4194,08 |
| Grupo D3 | CFV+ AI + CFV | | 65 °C | 3986,17 | 5579,02 |
| GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO | | | | | |

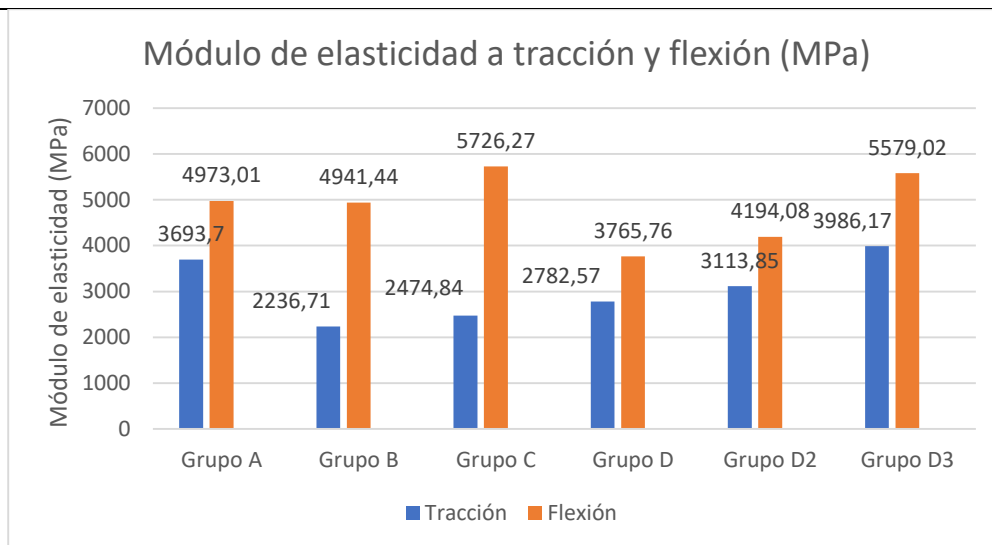




Figura 52: Módulo de elasticidad a tracción y flexión(MPa)

3.2.3 Resultados del ensayo a impacto según la norma ASTM D5628.

Se observa los mejores resultados que se lograron en los ensayos, energía media de fallo (J) en el tipo D tiene un valor de 0,910 J con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio curado a temperatura ambiente de 25°C.

Tabla 45: Evaluación de la composición del material compuesto con los ensayos a impacto con la norma ASTM D5628.

|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA | |  | | |
|--|-------------------------|---|------------------|-----------------------------------|
| FICHA DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS A IMPACTO | | | | |
| RESULTADOS | | | | |
| Grupos | Tipo de refuerzo | Fracción volumétrica | Curado °C | Energía media de fallo (J) |
| Grupo A | CFV+ AG | Matriz 70% + Refuerzo 30% | 25°C | 0,227 |
| Grupo B | CFV+ AG + CFV | | | 0,455 |
| Grupo C | CFV+ AI | | | 0,227 |
| Grupo D | CFV+ AI + CFV | | | 0,910 |
| Grupo D2 | CFV+ AI + CFV | | 45°C | 0,623 |
| Grupo D3 | CFV+ AI + CFV | | 65°C | 0,573 |

GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO

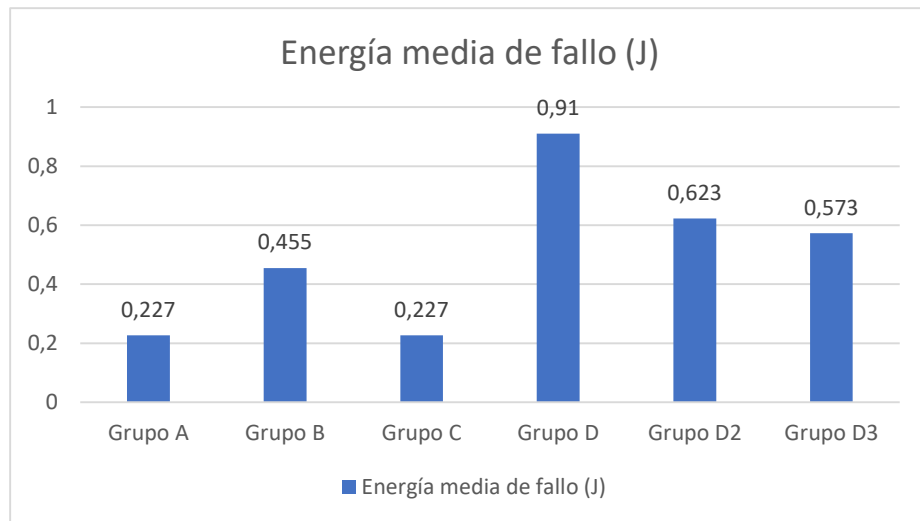


Figura 53: Energía media fallo (J) de las probetas.

3.3 Verificación de Hipótesis

En la investigación se verificó la hipótesis aplicando el método estadístico de la T-Student implementando este método en tipos de probetas con su diferente composición.

Hipótesis Alternativa (H_a)

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

Hipótesis Nula (H_0)

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero no aumentará las propiedades mecánicas del material.

Para la comprobación de la hipótesis se utilizará una prueba bilateral (dos colas).

Nivel de confianza = 95%

Nivel de significancia = 5%

Cálculo de la probabilidad

Donde:

P = probabilidad
 α = nivel de significancia

$$P = \frac{\alpha}{100} \quad (\text{Ec 3. 1})$$

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

$$P = 0,05$$

Se utilizará una prueba bilateral, dividimos para 2 la probabilidad (P).

$$P = 0,025$$

Grados de libertad (gl)

La siguiente ecuación se aplica para determinar los grados de libertad:

$$gl = n + m - 2 \quad (\text{Ec 3. 2})$$

$$gl = 5 + 5 - 2 = 8$$

n = Tamaño de muestra del grupo 1

m = Tamaño de muestra del grupo 2

El resultado de prueba 0,025 y el grado de libertad de 8, con el uso de la siguiente tabla de distribución T-Student encontraremos el valor de t tabulado t_{tabl} .

$$t_{tabl} = \pm 2,31$$

Si $t_{cal} > t_{tabl}$ se acepta H_a

Caso contrario se acepta H_0 , si el valor de t_{cal} se ubica en la región de aceptación en el rango de -2,3060 a 2,3060.

Figura 54: Tabla T-Student utilizada para los ensayos [24].

| Grados de libertad | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.015 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 3.0776835 | 6.3137515 | 12.706205 | 21.204949 |
| 2 | 1.8856181 | 2.9199856 | 4.3026527 | 5.6427784 |
| 3 | 1.6377444 | 2.3533634 | 3.1824463 | 3.8960459 |
| 4 | 1.5332063 | 2.1318468 | 2.7764451 | 3.2976297 |
| 5 | 1.475884 | 2.0150484 | 2.5705818 | 3.002875 |
| 6 | 1.4397557 | 1.9431803 | 2.4469119 | 2.8289279 |
| 7 | 1.4149239 | 1.8945786 | 2.3646243 | 2.714573 |
| 8 | 1.3968153 | 1.859548 | 2.3060041 | 2.6338144 |
| 9 | 1.3830287 | 1.8331129 | 2.2621572 | 2.573804 |
| 10 | 1.3721836 | 1.8124611 | 2.2281389 | 2.5274842 |
| 11 | 1.3634303 | 1.7958848 | 2.2009852 | 2.4906639 |

EN LAS PRUEBAS A TRACCIÓN

Verificación de la hipótesis

En la siguiente tabla se presenta los datos de los esfuerzos máximos determinados mediante los ensayos a tracción correspondientes al grupo TD1 con 2 capas de fibra de vidrio, una capa acero inoxidable, curado a 25°C y el grupo TD3 compuesto por 2 capas de fibra de vidrio y una capa acero inoxidable curado a 65°C.

Tabla 46: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a tracción

| Muestra | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| | Grupo TD1 (X) | Grupo TD3 (Y) |
| 1 | 62,27 | 45,62 |
| 2 | 62,98 | 46,10 |
| 3 | 60,75 | 58,70 |
| 4 | 60,37 | 61,51 |
| 5 | 73,70 | 52,53 |
| Media aritmética | 64,01 | 52,89 |
| Desviación Estándar S_{n-1} | 5,52 | 7,19 |

Para la obtención del dato de la de desviación estándar de cada uno de los grupos TD1(X) y TD3(Y), se aplicó la siguiente ecuación [24]:

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)} \quad (\text{Ec 3.3})$$

Donde:

□ = Valor con mejores características del Tipo TD1.

\bar{x} = Media aritmética del Tipo TD1

S_x = Desviación estándar del tipo TD1

n = Tamaño de muestra del grupo TD1

Tabla 47:Datos del grupo TD1 ensayo a tracción

| X | $x - \bar{x}$ | $(x - \bar{x})^2$ |
|-------------------|---------------|-------------------|
| 62,27 | -1,744 | 3,042 |
| 62,98 | -1,034 | 1,069 |
| 60,75 | -3,264 | 10,654 |
| 60,37 | -3,644 | 13,279 |
| 73,70 | 9,686 | 93,819 |
| $\bar{x} = 64,01$ | | $\Sigma=121,86$ |

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(121,862)} \quad (\text{Ec 3.4})$$
$$S_x = 5,52$$

Para el grupo TD3 se realiza el mismo procedimiento para obtener la desviación estándar.

$$S_y = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 / (m - 1)} \quad (\text{Ec 3.5})$$

Donde:

y = Valor con mejores características del Tipo TD3.

\bar{y} = Media aritmética del Tipo TD3

S_y = Desviación estándar del tipo TD3

m = Tamaño de muestra del grupo TD3

Tabla 48: Datos del grupo TD3 del ensayo a tracción

| y | $y - \bar{y}$ | $(y - \bar{y})^2$ |
|-------------------|---------------|-------------------|
| 45,62 | -7,272 | 52,882 |
| 46,1 | -6,792 | 46,131 |
| 58,7 | 5,808 | 33,733 |
| 61,51 | 8,618 | 74,270 |
| 52,53 | -0,362 | 0,131 |
| $\bar{y} = 52,89$ | | $\Sigma=207,15$ |

$$S_y = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(207,15)}$$

$$S_y = 7,19$$

Para la obtención del valor estadístico se procede a la implementación de la ecuación del método estadístico t-Student [24].

$$t_{cal} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(n-1) * S_x^2 + (m-1) * S_y^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}} \quad (\text{Ec 3.6})$$

t_{cal} = Valor estadístico calculado

$$t_{cal} = \frac{64,013 - 52,892}{\sqrt{\frac{(5-1) * 5,52^2 + (5-1) * 7,19^2}{5+5-2} * \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)}}$$

$$t_{cal} = 2,74$$

Si $t_{cal} > t_{tabl}$ se acepta H_a

$$2,74 > \pm 2,31$$

En este caso mediante los cálculos realizados anteriormente el $t_{calculado}$ es mayor que el $t_{tabulado}$ se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Se acepta la hipótesis alternativa la cual dice:

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

EN LAS PRUEBAS A FLEXIÓN

Verificación de la hipótesis

En la siguiente tabla se presenta los datos de los esfuerzos máximos determinados mediante los ensayos a tracción correspondientes al grupo TC1 con 1 capaz de fibra de vidrio, una capa de acero inoxidable, curado a 25°C y el grupo TD3 compuesto por 2 capaz de fibra de vidrio y una capa de acero inoxidable curado a 65°C.

Tabla 49: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a flexión

| Muestra | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------|
| | Grupo TC1 (X) | Grupo TD3 (Y) |
| 1 | 86,22 | 136,62 |
| 2 | 168,12 | 77,34 |
| 3 | 248,34 | 47,90 |
| 4 | 280,85 | 48,26 |
| 5 | 195,79 | 169,38 |
| Media aritmética | 195,87 | 95,90 |
| Desviación Estándar S_{n-1} | 75,45 | 54,72 |

Para la obtención del dato de la de desviación estándar de cada uno de los grupos TC1(X) y TD3(Y), se aplicó la siguiente ecuación [24]:

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

Donde:

□ = Valor con mejores características del Tipo TC1.

\bar{x} = Media aritmética del Tipo TC1

S_x = Desviación estándar del tipo TC1

n = Tamaño de muestra del grupo TC1

Tabla 50: Datos del grupo TC1 del ensayo a flexión.

| X | $x - \bar{x}$ | $(x - \bar{x})^2$ |
|--------------------|---------------|---------------------|
| 86,22 | -109,65 | 12023,12 |
| 168,12 | -27,75 | 770,06 |
| 248,34 | 52,47 | 2753,10 |
| 280,85 | 84,98 | 7221,60 |
| 195,79 | -0,08 | 0,01 |
| $\bar{x} = 195,87$ | | $\Sigma = 22767,89$ |

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(22767,89)}$$

$$S_x = 75,45$$

Para el grupo TD3 se realiza el mismo procedimiento para obtener la desviación estándar.

$$S_y = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 / (m - 1)}$$

Donde:

y = Valor con mejores características del Tipo TD3.

\bar{y} = Media aritmética del Tipo TD3

S_y = Desviación estándar del tipo TD3

m = Tamaño de muestra del grupo TD3

Tabla 51: Datos del grupo TD3 del ensayo a flexión.

| y | $y - \bar{y}$ | $(y - \bar{y})^2$ |
|-------------------|---------------|-------------------|
| 136,62 | 40,72 | 1658,12 |
| 77,34 | -18,56 | 344,47 |
| 47,90 | -48 | 2304,00 |
| 48,26 | -47,64 | 2269,57 |
| 169,38 | 73,48 | 5399,31 |
| $\bar{y} = 95,90$ | | $\Sigma=11975$ |

$$S_y = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(11975)}$$

$$S_y = 54,71$$

Para la obtención del valor estadístico se procede a la implementación de la ecuación del método estadístico T-Student [24].

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

t_{cal} = Valor estadístico calculado

$$t_{cal} = \frac{195,86 - 95,90}{\sqrt{\frac{(5-1) * 75,45^2 + (5-1) * 54,71^2}{5+5-2} * \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)}}$$

$$t_{cal} = 2,39$$

Si $t_{cal} > t_{tabl}$ se acepta H_a

$$2,39 > \pm 2,31$$

En este caso mediante los cálculos realizados anteriormente el $t_{calculado}$ es mayor que el $t_{tabulado}$ se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Se acepta la hipótesis alternativa la cual dice:

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La composición de las probetas está conformada con un porcentaje de 70% de matriz compuesta por resina poliéster RD1T-230K, 30% de refuerzo con variación de fibra de vidrio y mallas de acero en cada una de las probetas.
- Se logró la fabricación de 6 tipos de configuraciones del material compuesto para ser estudiados y mediante la tabulación de los datos a tracción el material compuesto con la configuración de 2 capas de fibra de vidrio y 1 capa de malla de acero inoxidable curada a 25°C (Tipo D1), obtuvo los más altos valores de esfuerzo máximo a tracción promedio de 64,01 (MPa) con un módulo de elasticidad de 2782,57 (MPa).
- En la composición del material compuesto se tomó en cuenta el factor de mayoración por las pérdidas de resina poliéster al momento de la conformación para lograr cubrir en su totalidad al material.
- Se elaboró las probetas con la aplicación de las normas ASTM, se las realizó según cada ensayo a tracción se implementó la norma ASTM D3039 y flexión por la norma ASTM D7264 y ensayo a impacto según la norma ASTM D5628 se desarrolló grupos de 5 probetas para cada uno de los ensayos realizados.
- A través de los ensayos a flexión la combinación tipo C1(1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable) son las que muestran mejores resultados al esfuerzo máximo de flexión 195,87 (MPa) con un módulo de elasticidad de 5726,27 (MPa) según los ensayos regidos a la norma ASTM D7264.
- Por lo tanto, al realizar los correspondientes ensayos a impacto según la norma ASTM D5628 la configuración con más alto resultados de energía media de fallo (J) Joule es el tipo D1 con su configuración de refuerzo 2 capas de fibra de vidrio, 1 capa de acero inoxidable curado a temperatura ambiente de 25°C posee un valor de 0,910 J.

4.2 RECOMENDACIONES

- Al manipular los materiales como fibra de vidrio, resina poliéster y cobalto para la fabricación del material compuestos puede producir daños en la salud por tal motivo se debe utilizar los respectivos equipos de protección como son los guantes, mascarilla, gafas protectoras entre otras.
- Para mejorar los acabados de las superficies de las probetas, se debe limpiar cada superficie del molde para la fabricación de las siguientes probetas ya que puede existir materiales sobrantes en los bordes y producir irregularidades.
- Para evitar complicaciones al momento de la fabricación del material compuesto el corte de cada fibra de vidrio y malla de acero deben ser exactos ya que si se sobrepasa en las medidas no entrara adecuadamente en el molde.
- Las probetas al momento de la fabricación el molde es la parte fundamental ya que debe contar con las medidas establecidas para lograr cumplir con los requerimientos según la norma ASTM además que el corte de las probetas requiere de una mayor precisión.
- Se debe ajustar los pernos en el molde de una manera uniforme de forma que no se ajuste de un solo lado, ya que esto produce un derrame del material al momento de ajustarlo.
- Se debe procurar que las mallas de acero se encuentre rectas al momento de introducir en los moldes.
- Aplicar las 3 capas de cera desmoldante en las superficies para evitar irregularidades y así lograr una superficie lisa, al momento de la elaboración de las probetas se debe fabricar uno o 2 probetas más ya que puede sufrir algún daño o no cumplir con las medidas requeridas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Sakthivel, S. Vijayakumar y B. V. Ramnath, «"Investigation on mechanical and thermal properties of stainless steel wire mesh-glass fibre reinforced polymer composite",» *Springer Science+Business Media*, p. 2643–2651, 2018.
- [2] A. A. Abdel-Hamead, «"Mechanical properties for polyester resin reinforce with Fe weave wire",» *Revista Internacional de Aplicación o Innovación en Ingeniería y Gestión*, vol. 3, n° 5, p. 8, 2014.
- [3] E. Castillo, “INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN EN PESO DE FIBRA DE CABUYA Y TEMPERATURA DE CURADO SOBRE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE UN COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER – FIBRA DE VIDRIO”, Tesis, Universidad Nacional De Trujillo, Trujillo, 2017.
- [4] D. F. Castro Chico, “ANÁLISIS DEL MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS”, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [5] O. F. Freire Bonilla, “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS”, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [6] W. Smith y J. Hashemi, *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, México: McGraw-Hill, 2006.
- [7] W. Callister, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los materiales*, Barcelona: Reverte, 1995 .
- [8] P. R, S. Kumar y J. Arokiam, «"Reinforcement of AISI 304 Stainless-Steel Wire Mesh in A NFHC With Unsaturated Polyester Resin For Mechanical Behaviour",» 02 2019. [En línea]. Available:

- https://www.researchgate.net/publication/332371310_Reinforcement_of_AISI_304_Stainless-Steel_Wire_Mesh_in_A_NFHC_With_Unsaturated_Polyester_Resin_For_Mechanical_Behaviour. [Último acceso: 10 2020].
- [9] Z. López, S. González y G. García, "FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO METÁLICO (MALLA DE ALUMINIO)", Tesis, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, 2009.
- [10] A. Besednjak, Proceso de Fabricación de Embarcaciones con Materiales, Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2005.
- [11] A. D. Jácome León, "ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN DE FIBRAS DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE PIÑA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA FABRICACIÓN DE BUTACAS DEPORTIVAS.", Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [12] F. Stupenengo, Materiales compuestos, Buenos Aires, 2011.
- [13] E. R. Gaibor Chacha, "CARACTERIZACION DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE RESINA DE POLIÉSTER REFORZADO CON PARTÍCULA DE TOTORA", Tesis, Universidad Internacional SEK, 2017.
- [14] A. R. Reinoso Arias, "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE CABELLO HUMANO Y SU POSIBLE APLICACIÓN INDUSTRIAL", Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato , 2019.
- [15] A. Gil, «"Resinas de poliéster",» eafit.edu.co, 2012. [En línea]. Available: <https://www.eafit.edu.co/servicios/centrodelaboratorios/Documents/guia%20de%20manejo%20de%20resinas.pdf>.
- [16] P. D. Mazón Ortiz, "CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL HÍBRIDO DE MATRIZ EPÓXICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO Y TEJIDO DE FIBRAS NATURALES DE CAÑA GUADUA Y ALGODÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN

- APLICACIONES INDUSTRIALES”, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [17] V. Guerrero, J. Dávila, S. Galeas, P. Pontón, N. Rosas, V. Sotomayor y C. Valdivieso, Nuevos Materiales Aplicaciones Estructurales e Industriales, Quito: IMPREFEPP, 2011.
- [18] J. G. Paredes Salinas., “ESTUDIO DE POLÍMEROS HÍBRIDOS ESTRATIFICADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO Y CABUYA COMO MATERIAL ALTERNATIVO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN GUARDACHOQUES PARA BUSES.”, Tesis, Uniiversidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [19] A. Acosta, "COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE UNA RESINA REFORZADA CON FIBRA DE CABUYA Y UNA RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO", Tesis, Universidad de Costa Rica, San José, 2013.
- [20] H. G. Villacís Salazar, "OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS HÍBRIDOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO Y ABACÁ MEDIANTE ESTRATIFICACIÓN", Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [21] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, Manufactura, Ingeniería y Tecnología, México: Pearson educación , 2008.
- [22] Pintulac, «Fibra de vidrio,» [En línea]. Available: https://www.pintulac.com.ec/media/catalog/fichas_tecnicas/Fibra-de-vidrio-D375_2.pdf. [Último acceso: 23 12 2020].
- [23] E. Amores, ANÁLISIS DEL PROCESO DE TALADRADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADA CON FIBRA DE ABACÁ, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [24] J. Valerio, Introducción a la Estadística, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.

ANEXOS

ANEXO A: FICHA TÉCNICA RESINA POLIESTER Resina poliéster RD1T-230K de Pintulac



Ficha Técnica RESINA POLIESTER RD1T-230K

DESCRIPCIÓN

Naturaleza químico-física: Es una resina de poliéster insaturado basado en ácido ortoftálico y glicoles estándar, disuelto en estireno. Palatal P 4 TV-129 está preacelerada y contiene un agente tixotrópico. Posee una reactividad media y una baja viscosidad.

Principales aplicaciones: Es muy adecuada para técnicas de laminado manual y de proyección. Durante la laminación, impregna fácilmente los materiales de refuerzo y no descuelga de los laminados inclinados. Es especialmente apropiada para la producción de laminados delgados (< 5 mm) que requieren un curado con una generación de calor constante. Teniendo en cuenta su reactividad y el comportamiento del curado, es especialmente recomendable para la producción de laminados prácticamente libres de tensiones internas.

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

| Propiedad | Valor | Unidad | OBSERVACIONES: |
|---|---------|---------|---|
| Viscosidad, 23°C | 300-400 | mPa.s | Medición de viscosidad: S2/20s-1/23°C Aspecto: color azulada Reactividad determinada con 1.5 g de Butanox M 50 (AKZO-Nobel) añadido a 100 g de resina. |
| Contenido en sólidos IR | 53-57 | % | |
| Aspecto | Turbio | - | |
| Tiempo de gel desde 25 hasta 35°C | 16-23 | Minutos | |
| Tiempo de curado desde 25°C hasta pico exotérmico | 30-40 | Minutos | |
| Temperatura máxima | 110-140 | °C | |

PROPIEDADES: Resina líquida (valores usuales)

| Propiedad | Valor | Unidad |
|---|-------------|--------|
| Densidad, 20°C | Aprox. 1100 | Kg/m3 |
| Punto de inflamación | Aprox. 33 | °C |
| Estabilidad, sin peróxidos, en la oscuridad, 25°C | 6 | Meses |



Ficha Técnica RESINA POLIESTER RD1T-230K

PROPIEDADES: Resina colada (valores usuales)

| Propiedad | Valor | Unidad |
|--|-------|-------------------|
| Resistencia a la tracción | 70 | MPa |
| Módulo de elasticidad (tracción) | 4.3 | GPa |
| Alargamiento a la rotura | 2 | % |
| Resistencia a la flexión | 110 | MPa |
| Módulo de elasticidad (flexión) | 4.3 | GPa |
| Alargamiento de las fibras limitrofes | 2.6 | % |
| Resistencia al impacto—sin corte | 10 | KJ/m ² |
| Estabilidad dimensional al calor (HDT) | 63 | °C |
| Temperatura de transición vítrea (Tg) | 93 | °C |

PREPARACIÓN PARA EL SOPORTE

| | | |
|---|--|---|
| <p>Estireno</p>  <p>Diluyente 25% máximo 250cc por cada kilo</p> | <p>Cobalto</p>  <p>Acelerante De 1cc a 3cc por cada kilo 1000cc</p> | <p>Meck Peróxido</p>  <p>Catalizador De 10cc a 25cc por cada kilo 1000cc</p> |
|---|--|---|

ALMACENAJE Y TIPO DE ENVASE

Debe ser almacenada en su envase original, en lugar cubierto y seco a temperaturas entre 5°C y 20°C, el tiempo de vida se ve reducido a altas temperaturas. No permanecer exposición a la luz. Almacenarse en oscuridad.

INDICACIONES DE SEGURIDAD

Para cuestiones de seguridad en el uso, almacenamiento, transporte y eliminación de residuos de este producto; consultar el etiquetado y la Hoja de Seguridad del mismo, que contiene los datos básicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones referidas a este tema.

MATERIAL DATA SHEET

PRODUCT NAME: E GLASS CHOPPED STRAND MAT 375G/M²

PRODUCT CODE: E-MC-375

E — E GLASS

MC — CHOPPED MAT

375 — WEIGHT UNIFORMITY (G/M²)

Chopped strand mat is made of chopped strands of 50mm in length, which are evenly dispersed and bonded together with polyester binder. It is mainly used in hand lay-up processes. The end products are laminates, boats, complete set of bathing equipment, automotive parts and cooling tower, etc..

Properties

- Good wet-out
- Easy to form
- Even thickness
- Lower cost

| Property | Unit | Specification | Standard |
|-------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Weight Uniformity | Grams/Square meter | -5%~10% | ISO3374- 2000 |
| Moisture Content | % | ≤0.2 | ISO3344- 1997 |
| Binder content | % | 2.6-3.6 | ISO1887- 1995 |
| Tensile Strength | N | Min.130 | ISO3342-1995 |

NEXO C: INFORME TÉCNICO DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN, FLEXIÓN E IMPACTO.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

| | |
|--|---------------------------------|
| Informe N°: 180436722320210205-ETC. | |
| DATOS DEL CLIENTE | |
| Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza. | |
| Dirección: Av. Galo Vela y Oyambaro, Ambato. | |
| Núm. de cédula/RUC: 1804367223. | Teléfono: +593983937750. |
| E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec. | |

| | |
|--|--|
| DATOS INFORMATIVOS | |
| Laboratorio: Resistencia de Materiales. | |
| Designación del material: Material compuesto: Fibra de vidrio con malla de acero galvanizado e inoxidable. | |
| Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M – 14. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica. | |

Número de Probetas cuantificadas

| N° | Identificación de probetas | Fibra de vidrio | Refuerzo | Probetas a Ensayar |
|--------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | 180436722320210205-ETC 01 | 1 capa | Malla de acero galvanizado | 5 |
| 2 | 180436722320210205-ETC 02 | 2 capas | Malla de acero galvanizado | 5 |
| 3 | 180436722320210205-ETC 03 | 1 capa | Malla de acero inoxidable | 5 |
| 4 | 180436722320210205-ETC 04 | 2 capas | Malla de acero inoxidable | 5 |
| Total | | | | 20 |

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 | 180436722320210205-ETC 01-1 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 2 | 180436722320210205-ETC 01-2 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 3 | 180436722320210205-ETC 01-3 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 4 | 180436722320210205-ETC 01-4 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 5 | 180436722320210205-ETC 01-5 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 6 | 180436722320210205-ETC 02-1 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 7 | 180436722320210205-ETC 02-2 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 8 | 180436722320210205-ETC 02-3 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 9 | 180436722320210205-ETC 02-4 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 10 | 180436722320210205-ETC 02-5 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 11 | 180436722320210205-ETC 03-1 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 12 | 180436722320210205-ETC 03-2 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 13 | 180436722320210205-ETC 03-3 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 14 | 180436722320210205-ETC 03-4 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 15 | 180436722320210205-ETC 03-5 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 16 | 180436722320210205-ETC 04-1 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 17 | 180436722320210205-ETC 04-2 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 18 | 180436722320210205-ETC 04-3 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 19 | 180436722320210205-ETC 04-4 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |
| 20 | 180436722320210205-ETC 04-5 | Cumple criterios dimensionales | 2021/02/10 |

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



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180436722320210205-ETC.

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2021_005.
Empresa/Cientes: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.
RUC/C.I.: 1804367223.
Dirección: Av. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.
Teléfono: +593983937750. **Correo:** adarwin7223@uta.edu.ec.
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catigлата, Toronto y Rio de Janeiro.
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M. 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 para metales Metro test 1500 KN.
Modelo: STH-1500 S/C. **Serie:** 8802M001.
Velocidad de ensayo: 5 mm/min. **Precarga:** 0,01 N.
Fecha Inicio de Ensayo: 2021/02/18. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/02/18.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de material compuesto: Fibra de vidrio con malla de acero galvanizado e inoxidable*. 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 | Fibra de vidrio | Refuerzo | Probetas a Ensayar |
|--------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | 180436722320210205-ETC 01 | 1 capa | Malla de acero galvanizado | 5 |
| 2 | 180436722320210205-ETC 02 | 2 capas | Malla de acero galvanizado | 5 |
| 3 | 180436722320210205-ETC 03 | 1 capa | Malla de acero inoxidable | 5 |
| 4 | 180436722320210205-ETC 04 | 2 capas | Malla de acero inoxidable | 5 |
| Total | | | | 20 |

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

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 18 de febrero de 2021.

N°. Factura: 001-002-000010292.



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 | 180436722320210205-ETC 01-1 | 21,1 | 54,9 | 25,12 | 3,45 | 3850,00 | 44,42 | 4220,18 | 1,579 | 1,053 | LIT |
| 2 | 180436722320210205-ETC 01-2 | 21,1 | 54,9 | 27,33 | 2,63 | 3050,00 | 42,43 | 2563,42 | 2,483 | 1,655 | LGB |
| 3 | 180436722320210205-ETC 01-3 | 21,1 | 54,9 | 25,70 | 3,49 | 2600,00 | 28,99 | 3629,52 | 1,198 | 0,799 | LGM |
| 4 | 180436722320210205-ETC 01-4 | 21,1 | 54,9 | 26,57 | 3,18 | 2700,00 | 31,96 | 3707,13 | 1,293 | 0,862 | LGB |
| 5 | 180436722320210205-ETC 01-5 | 21,1 | 54,9 | 23,23 | 2,97 | 2100,00 | 30,44 | 4348,26 | 1,050 | 0,700 | LGB |
| | | | | Promedio \bar{x} | | 2860,000 | 35,648 | 3693,702 | 1,521 | 1,014 | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | 649,423 | 7,215 | 704,889 | 0,572 | 0,381 | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | 22,707 | 20,239 | 19,084 | 37,591 | 37,591 | |

| 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 | 180436722320210205-ETC 02-1 | 22,4 | 50,9 | 23,63 | 4,94 | 4950,00 | 42,40 | 1917,61 | 3,317 | 2,211 | LFB |
| 7 | 180436722320210205-ETC 02-2 | 22,4 | 50,9 | 25,64 | 3,37 | 4200,00 | 48,61 | 1976,44 | 3,689 | 2,459 | LAB |
| 8 | 180436722320210205-ETC 02-3 | 22,4 | 50,9 | 26,28 | 4,60 | 5650,00 | 46,74 | 2188,77 | 3,203 | 2,135 | LAB |
| 9 | 180436722320210205-ETC 02-4 | 22,4 | 50,9 | 25,36 | 4,13 | 4400,00 | 42,01 | 2372,56 | 2,656 | 1,771 | LAB |
| 10 | 180436722320210205-ETC 02-5 | 22,4 | 50,9 | 25,19 | 4,83 | 5800,00 | 47,67 | 2728,20 | 2,621 | 1,747 | LAB |
| | | | | Promedio \bar{x} | | 5000,000 | 45,486 | 2236,716 | 3,097 | 2,065 | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | 718,505 | 3,068 | 328,589 | 0,456 | 0,304 | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | 14,370 | 6,746 | 14,691 | 14,718 | 14,718 | |



| 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 | 180436722320210205-ETC-03-1 | 22,1 | 50,1 | 24,86 | 3,73 | 3200,00 | 34,51 | 2537,47 | 2,040 | 1,360 | LGM |
| 12 | 180436722320210205-ETC-03-2 | 22,1 | 50,1 | 24,40 | 5,18 | 3450,00 | 27,30 | 2522,74 | 1,623 | 1,082 | LIB |
| 13 | 180436722320210205-ETC-03-3 | 22,1 | 50,1 | 23,14 | 4,02 | 3300,00 | 35,48 | 2197,06 | 2,422 | 1,615 | LAT |
| 14 | 180436722320210205-ETC-03-4 | 22,1 | 50,1 | 26,75 | 3,35 | 3150,00 | 35,15 | 2607,67 | 2,022 | 1,348 | LAT |
| 15 | 180436722320210205-ETC-03-5 | 22,1 | 50,1 | 25,96 | 3,64 | 3650,00 | 38,63 | 2509,31 | 2,309 | 1,539 | LGT |
| | | | | Promedio \bar{x} | | 3350,000 | 34,212 | 2474,849 | 2,083 | 1,389 | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | 203,101 | 4,180 | 159,852 | 0,310 | 0,206 | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | 6,063 | 12,218 | 6,459 | 14,857 | 14,857 | |

| 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 | 180436722320210205-ETC-04-1 | 22,5 | 49,1 | 23,32 | 3,65 | 5300,00 | 62,27 | 2445,02 | 3,820 | 2,547 | LGT |
| 17 | 180436722320210205-ETC-04-2 | 22,5 | 49,1 | 22,97 | 3,94 | 5700,00 | 62,98 | 2741,53 | 3,446 | 2,297 | LGB |
| 18 | 180436722320210205-ETC-04-3 | 22,5 | 49,1 | 22,64 | 3,89 | 5350,00 | 60,75 | 3025,27 | 3,012 | 2,008 | LIB |
| 19 | 180436722320210205-ETC-04-4 | 22,5 | 49,1 | 23,03 | 3,92 | 5450,00 | 60,37 | 2858,40 | 3,168 | 2,112 | LGM |
| 20 | 180436722320210205-ETC-04-5 | 22,5 | 49,1 | 22,93 | 3,58 | 6050,00 | 73,70 | 2842,64 | 3,889 | 2,593 | LIT |
| | | | | Promedio \bar{x} | | 5570,000 | 64,013 | 2782,572 | 3,467 | 2,311 | |
| | | | | Desviación estándar S_{n-1} | | 309,435 | 5,520 | 214,409 | 0,387 | 0,258 | |
| | | | | Coeficiente de variación CV | | 5,555 | 8,624 | 7,705 | 11,167 | 11,167 | |

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 |

Observaciones: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

| | |
|--|---------------------------------|
| Informe N°: 180436722320210205-ETC. | |
| DATOS DEL CLIENTE | |
| Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza. | |
| Dirección: Av. Galo Vela y Oyambaro, Ambato. | |
| Núm. de cédula/RUC: 1804367223. | Teléfono: +593983937750. |
| E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec. | |

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material:

Material compuesto: Fibra de vidrio con malta de acero galvanizado e inoxidable.

Método de ensayo:

ASTM D3039/D3039M-14. 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 | 180436722320210205-ETC 01-1 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 2 | 180436722320210205-ETC 01-2 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 3 | 180436722320210205-ETC 01-3 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 4 | 180436722320210205-ETC 01-4 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 5 | 180436722320210205-ETC 01-5 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |

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

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

| Nº | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA INGRESO | FECHA ELIMINACIÓN | RESPONSABLE | OBSERVACIONES | EVIDENCIAS |
|----|------------------------------|---------------|-------------------|-------------|-----------------------|------------|
| 6 | 180436722320210205-ETC 02-1 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 7 | 180436722320210205-ETC 02-2 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 8 | 180436722320210205-ETC 02-3 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 9 | 180436722320210205-ETC 02-4 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 10 | 180436722320210205-ETC 02-5 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 11 | 180436722320210205-ETC 03-1 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 12 | 180436722320210205-ETC 03-2 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 13 | 180436722320210205-ETC 03-3 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 14 | 180436722320210205-ETC 03-4 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 15 | 180436722320210205-ETC 03-5 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 16 | 180436722320210205-ETC 04-1 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 17 | 180436722320210205-ETC 04-2 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 18 | 180436722320210205-ETC 04-3 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 19 | 180436722320210205-ETC 04-4 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 20 | 180436722320210205-ETC 04-5 | 2021/02/10 | 2021/02/22 | Cliente | Se entrega al cliente | |

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

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 2 de 3

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



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

| | |
|--|---------------------------------|
| Informe N°: 180436722320210405-ETC. | |
| DATOS DEL CLIENTE | |
| Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza. | |
| Dirección: A. Galo Vela y Oyambaro, Ambato. | |
| Núm. de cédula/RUC: 1804367223. | Teléfono: +593983937750. |
| E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec. | |

| |
|--|
| DATOS INFORMATIVOS |
| Laboratorio: Resistencia de Materiales. |
| Designación del material: Material compuesto: Poliéster con malla de acero inoxidable y fibra de vidrio, curado al horno. |
| Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M – 14. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica. |

Número de Probetas cuantificadas

| N | Identificación de probetas | Resina | Refuerzo | Curado | Probetas a Ensayar |
|--------------|----------------------------|-----------|--|---------------|--------------------|
| 1 | 180436722320210405-ETC 01 | Poliéster | 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio | Horno a 45°C. | 5 |
| 2 | 180436722320210405-ETC 02 | Poliéster | 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio | Horno a 65°C. | 5 |
| Total | | | | | 10 |

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 | 180436722320210405-ETC 01-1 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 2 | 180436722320210405- ETC 01-2 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 3 | 180436722320210405- ETC 01-3 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 4 | 180436722320210405- ETC 01-4 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 5 | 180436722320210405- ETC 01-5 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 6 | 180436722320210405-ETC 02-1 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 7 | 180436722320210405- ETC 02-2 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 8 | 180436722320210405- ETC 02-3 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 9 | 180436722320210405- ETC 02-4 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |
| 10 | 180436722320210405- ETC 02-5 | Cumple criterios dimensionales | 2021/04/05 |

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. David Romero. | Ing. Jorge Rodas B. MEng. |
| Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |





LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180436722320210405-ETC.

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2021_017.
Empresa/Clientes: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.
RUC/C.I.: 1804367223.
Dirección: A. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.
Teléfono: +593983937750. **Correo:** adarwin7223@uta.edu.ec.
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglatá, Toronto y Rio de Janeiro.
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M – 14. 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 para metales Metro test 1500 KN.
Modelo: STH-1500 S/C. **Serie:** 8802M001.
Velocidad de ensayo: 5 mm/min. **Precarga:** 0,01 N.
Fecha Inicio de Ensayo: 2021/04/06. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/04/08.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de material compuesto de *Poliéster con malla de acero inoxidable y fibra de vidrio, curado al horno*. 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 | Resina | Refuerzo | Curado | Probetas a Ensayar |
|--------------|----------------------------|-----------|--|---------------|--------------------|
| 1 | 180436722320210405-ETC 01 | Poliéster | 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio | Horno a 45°C. | 5 |
| 2 | 180436722320210405-ETC 02 | Poliéster | 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio | Horno a 65°C. | 5 |
| Total | | | | | 10 |

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

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 08 de abril de 2021.

N°. Factura: 001-002-000010584.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Poliéster con 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio, Curado al horno a 45°C.

| Prueba | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dimensiones mm | | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa) | Desplazamiento | % Elongación (Calculado) | Tipo de falla evaluado |
|--------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|---|----------------|--------------------------|------------------------|
| | | | | Ancho | Espesor | | | | | | |
| 1 | 180436722320210405-ETC-01-1 | 22,1 | 54,7 | 25,46 | 4,20 | 6050,00 | 56,58 | 3313,82 | 2,561 | 1,707 | LIB |
| 2 | 180436722320210405-ETC-01-2 | 22,1 | 54,7 | 26,88 | 4,25 | 5700,00 | 49,89 | 3368,25 | 2,222 | 1,481 | LGM |
| 3 | 180436722320210405-ETC-01-3 | 22,1 | 54,7 | 27,38 | 4,10 | 5100,00 | 45,43 | 2764,57 | 2,465 | 1,643 | LGT |
| 4 | 180436722320210405-ETC-01-4 | 22,1 | 54,7 | 26,10 | 5,50 | 4250,00 | 29,61 | 3279,88 | 1,354 | 0,903 | LGB |
| 5 | 180436722320210405-ETC-01-5 | 22,1 | 54,7 | 23,74 | 6,00 | 4500,00 | 31,59 | 2842,73 | 1,667 | 1,111 | LIT |
| | | | | Promedio | \bar{x} | 5120,000 | 42,621 | 3113,851 | 2,054 | 1,369 | |
| | | | | Desviación estándar | S_{x-1} | 765,343 | 11,690 | 286,259 | 0,523 | 0,349 | |
| | | | | Coefficiente de variación | CV | 14,948 | 27,428 | 9,193 | 25,463 | 25,463 | |



Poliéster con 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio, Curado al horno a 65°C.

| Probeta | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dimensiones mm | | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa) | Desplazamiento | % Elongación (Calculado) | Tipo de falla evaluado |
|---------|--------------------------------|------------------|----------------------|---------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|---|----------------|--------------------------|------------------------|
| | | | | Ancho | Espesor | | | | | | |
| 6 | 180436722320210405-ETC 02-1 | 21,9 | 60,2 | 25,36 | 3,76 | 4350,00 | 45,62 | 3921,46 | 1,745 | 1,163 | LIT |
| 7 | 180436722320210405-ETC 02-2 | 21,9 | 60,2 | 25,08 | 3,46 | 4000,00 | 46,10 | 3670,01 | 1,884 | 1,256 | LGT |
| 8 | 180436722320210405-ETC 02-3 | 21,9 | 60,2 | 25,02 | 3,20 | 4700,00 | 58,70 | 4411,55 | 1,996 | 1,331 | LGT |
| 9 | 180436722320210405-ETC 02-4 | 21,9 | 60,2 | 25,68 | 3,64 | 5750,00 | 61,51 | 4808,26 | 1,919 | 1,279 | LGB |
| 10 | 180436722320210405-ETC 02-5 | 21,9 | 60,2 | 27,12 | 3,72 | 5300,00 | 52,53 | 3119,62 | 2,526 | 1,684 | LGM |
| | | | | Promedio | \bar{x} | 4820,000 | 52,893 | 3986,178 | 2,014 | 1,343 | |
| | | | | Desviación estándar | S_{x-1} | 707,637 | 7,199 | 654,186 | 0,300 | 0,200 | |
| | | | | Coefficiente de variación | CV | 14,681 | 13,611 | 16,411 | 14,911 | 14,911 | |

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 | Area 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 |

Observaciones: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

| | |
|--|---------------------------------|
| Informe N°: 180436722320210405-ETC. | |
| DATOS DEL CLIENTE | |
| Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza. | |
| Dirección: A. Galo Vela y Oyambaro, Ambato. | |
| Núm. de cédula/RUC: 1804367223. | Teléfono: +593983937750. |
| E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec. | |

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material:

Material compuesto: Poliester con malla de acero inoxidable y fibra de vidrio, curado al horno.

Método de ensayo:

ASTM D3039/D3039M-14. 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 | 180436722320210405-ETC 01-1 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 2 | 180436722320210405- ETC 01-2 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 3 | 180436722320210405- ETC 01-3 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 4 | 180436722320210405- ETC 01-4 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 5 | 180436722320210405- ETC 01-5 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |

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

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 2

| N° | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA INGRESO | FECHA ELIMINACIÓN | RESPONSABLE | OBSERVACIONES | EVIDENCIAS |
|----|------------------------------|---------------|-------------------|-------------|-----------------------|---|
| | | | | | |  |
| 6 | 180436722320210405-ETC 02-1 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 7 | 180436722320210405- ETC 02-2 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 8 | 180436722320210405- ETC 02-3 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 9 | 180436722320210405- ETC 02-4 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | Cliente | Se entrega al cliente | |
| 10 | 180436722320210405- ETC 02-5 | 2021/04/05 | 2021/04/08 | 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: Ing. David Romero. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Recibido por: CLIENTE |





| Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO | |
|--|---|
| Información de contacto del cliente | |
| Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza | Empresa: - |
| Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro | Ciudad: Ambato |
| Teléfono: 0983937750 | Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec |
| Información del ensayo | |
| Norma de referencia: ASTM D 7264 | Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro |
| Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021 | Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021 |
| 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 |
|-----------|-----------|-----------|--------|----------|------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| TA1-1 | 3.50 | 13.68 | 135.00 | 73.67 | 29.969 | 89.02 | 0.0345 | OUU |
| TA1-2 | 3.18 | 13.30 | 130.00 | 102.76 | 30.990 | 148.99 | 0.0350 | OUU |
| TA1-3 | 3.26 | 14.20 | 135.00 | 125.17 | 44.283 | 167.96 | 0.0475 | OUU |
| TA1-4 | 3.00 | 14.20 | 130.00 | 89.96 | 37.485 | 137.26 | 0.0399 | OUU |
| TA1-5 | 2.88 | 12.58 | 130.00 | 97.59 | 16.132 | 182.38 | 0.0165 | OUU |
| \bar{X} | - | - | - | 97.83 | 31.772 | 145.12 | 0.0347 | - |
| S_{n-1} | - | - | - | 18.82 | 10.460 | 35.82 | 0.0114 | - |
| CV | - | - | - | 19.24 | 32.922 | 24.69 | 32.97 | - |

TA1 70% resina de poliéster, Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada. Curado 25°C

- 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
FCT-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. T (+593 4) 2269428 |





| Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO | |
|--|---|
| Información de contacto del cliente | |
| Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza | Empresa: - |
| Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro | Ciudad: Ambato |
| Teléfono: 0983937750 | Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec |
| Información del ensayo | |
| Norma de referencia: ASTM D 7264 | Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro |
| Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021 | Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021 |
| 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 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|---------------|----------------|--------------------|---------------|
| TB1-1 | 3.60 | 12.40 | 130.00 | 135.74 | 25.002 | 164.71 | 0.0320 | TLB |
| TB1-2 | 3.46 | 13.20 | 130.00 | 76.45 | 22.820 | 94.34 | 0.0280 | TAB |
| TB1-3 | 3.34 | 13.20 | 130.00 | 115.24 | 24.560 | 152.61 | 0.0291 | TLB |
| TB1-4 | 3.68 | 13.50 | 130.00 | 129.46 | 21.370 | 138.08 | 0.0279 | TLB |
| TB1-5 | 3.80 | 13.10 | 130.00 | 114.28 | 14.554 | 117.81 | 0.0196 | TLB |
| \bar{X} | - | - | - | 114.23 | 21.661 | 133.51 | 0.0273 | - |
| S_{n-1} | - | - | - | 23.04 | 4.228 | 28.02 | 0.0046 | - |
| CV | - | - | - | 20.17 | 19.519 | 20.99 | 16.83 | - |

TB1 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 25°C

- 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 Darwin Alomaliza | Empresa: - |
| Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro | Ciudad: Ambato |
| Teléfono: 0983937750 | Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec |
| Información del ensayo | |
| Norma de referencia: ASTM D 7264 | Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro |
| Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021 | Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021 |
| 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 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|---------------|----------------|--------------------|---------------|
| TC1-1 | 3.00 | 13.64 | 130.00 | 54.28 | 38.738 | 86.22 | 0.0413 | OUU |
| TC1-2 | 3.14 | 13.64 | 130.00 | 115.95 | 39.166 | 168.12 | 0.0437 | OUU |
| TC1-3 | 2.86 | 13.00 | 130.00 | 135.42 | 34.004 | 248.34 | 0.0345 | OUU |
| TC1-4 | 2.66 | 13.00 | 130.00 | 132.48 | 38.790 | 280.85 | 0.0366 | OUU |
| TC1-5 | 3.10 | 13.50 | 130.00 | 130.26 | 22.722 | 195.79 | 0.0250 | TLB |
| \bar{X} | - | - | - | 113.68 | 34.684 | 195.87 | 0.0362 | - |
| S_{n-1} | - | - | - | 34.04 | 7.017 | 75.45 | 0.0072 | - |
| CV | - | - | - | 29.94 | 20.230 | 38.52 | 19.98 | - |

TC1 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable. Curado 25°C

- 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 Darwin Alomaliza | Empresa: - |
| Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro | Ciudad: Ambato |
| Teléfono: 0983937750 | Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec |
| Información del ensayo | |
| Norma de referencia: ASTM D 7264 | Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro |
| Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021 | Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021 |
| 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 |
|-----------|-----------|-----------|--------|----------|------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| TD1-1 | 4.00 | 13.50 | 130.00 | 162.28 | 35.595 | 146.51 | 0.0505 | TLB |
| TD1-2 | 4.00 | 13.70 | 130.00 | 189.30 | 31.741 | 168.40 | 0.0451 | TLB |
| TD1-3 | 4.00 | 13.86 | 130.00 | 166.81 | 18.320 | 146.68 | 0.0260 | TAB |
| TD1-4 | 3.54 | 13.88 | 130.00 | 137.33 | 34.847 | 153.96 | 0.0438 | TAB |
| TD1-5 | 4.12 | 14.10 | 130.00 | 139.55 | 25.566 | 113.70 | 0.0374 | TLB |
| \bar{X} | - | - | - | 159.06 | 29.214 | 145.85 | 0.0406 | - |
| S_{n-1} | - | - | - | 21.44 | 7.260 | 20.06 | 0.0094 | - |
| CV | - | - | - | 13.48 | 24.851 | 13.75 | 23.13 | - |

TD1 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 25°C

- 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 Darwin Alomaliza | Empresa: - |
| Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro | Ciudad: Ambato |
| Teléfono: 0983937750 | Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec |
| Información del ensayo | |
| Norma de referencia: ASTM D 7264 | Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro |
| Fecha de ejecución: 13/04/2021 | Fecha de emisión del reporte: 14/04/2021 |
| 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 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|---------------|----------------|--------------------|---------------|
| TD2_1 | 4.00 | 13.40 | 130.00 | 34.97 | 7.567 | 31.81 | 0.0107 | TAB |
| TD2_2 | 3.60 | 12.80 | 130.00 | 106.26 | 26.880 | 124.91 | 0.0344 | TLB |
| TD2_3 | 4.30 | 12.84 | 130.00 | 125.73 | 9.074 | 103.27 | 0.0139 | TLB |
| TD2_4 | 4.80 | 12.68 | 130.00 | 100.93 | 10.678 | 67.37 | 0.0182 | TAB |
| TD2_5 | 4.50 | 13.38 | 130.00 | 79.16 | 11.082 | 56.97 | 0.0177 | TLB |
| \bar{X} | - | - | - | 89.41 | 13.056 | 76.86 | 0.0190 | - |
| S_{n-1} | - | - | - | 34.66 | 7.852 | 37.15 | 0.0091 | - |
| CV | - | - | - | 38.76 | 60.143 | 48.34 | 48.08 | - |

TD2 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 45°C

- 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.

| 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 |
| |

| Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO | |
|---|---|
| Información de contacto del cliente | |
| Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza | Empresa: - |
| Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro | Ciudad: Ambato |
| Teléfono: 0983937750 | Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec |
| Información del ensayo | |
| Norma de referencia: ASTM D 7264 | Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro |
| Fecha de ejecución: 13/04/2021 | Fecha de emisión del reporte: 14/04/2021 |
| 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 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|---------------|----------------|--------------------|---------------|
| TD3-1 | 3.74 | 12.70 | 130.00 | 124.46 | 15.620 | 136.62 | 0.0207 | TAB |
| TD3-2 | 3.48 | 13.70 | 130.00 | 65.80 | 15.320 | 77.34 | 0.0189 | TLB |
| TD3-3 | 3.00 | 12.76 | 130.00 | 28.21 | 12.050 | 47.90 | 0.0128 | TLB |
| TD3-4 | 3.54 | 12.66 | 130.00 | 39.26 | 12.880 | 48.26 | 0.0162 | TAB |
| TD3-5 | 2.78 | 13.58 | 130.00 | 91.16 | 16.330 | 169.38 | 0.0161 | TAB |
| \bar{X} | - | - | - | 69.78 | 14.440 | 95.90 | 0.0170 | - |
| S_{n-1} | - | - | - | 39.12 | 1.863 | 54.72 | 0.0030 | - |
| CV | - | - | - | 56.07 | 12.902 | 57.06 | 17.81 | - |

70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 65°C

- TD2
- 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.

| 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 |
| |



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

RESISTENCIA DE IMPACTO SEGÚN ASTM D 5628-10

ABRIL DE 2021

AMBATO-ECUADOR

INFORME TÉCNICO

CTT-0020-2021

Objetivo

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

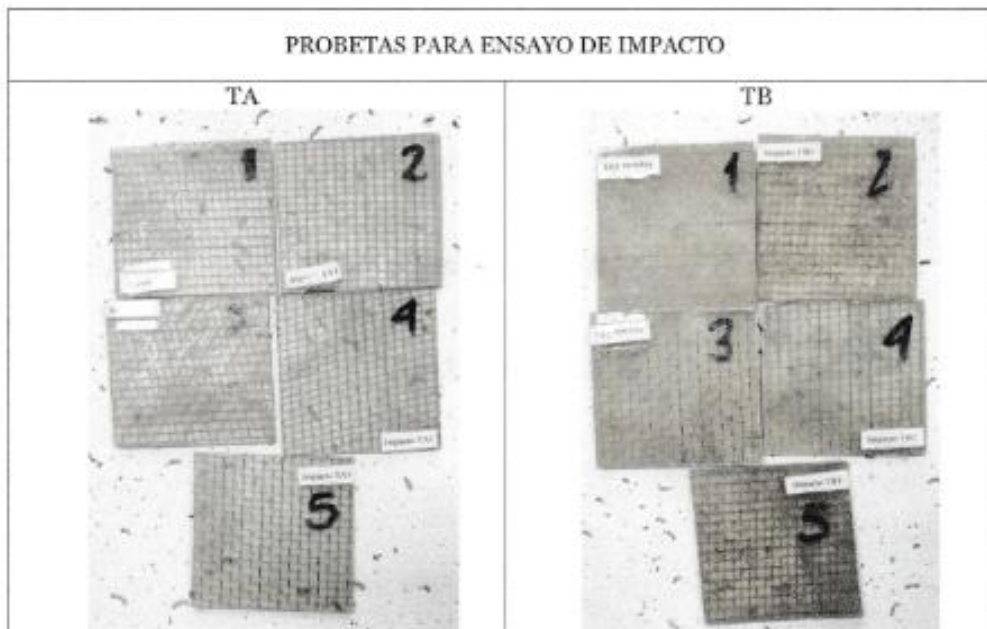
Alcance

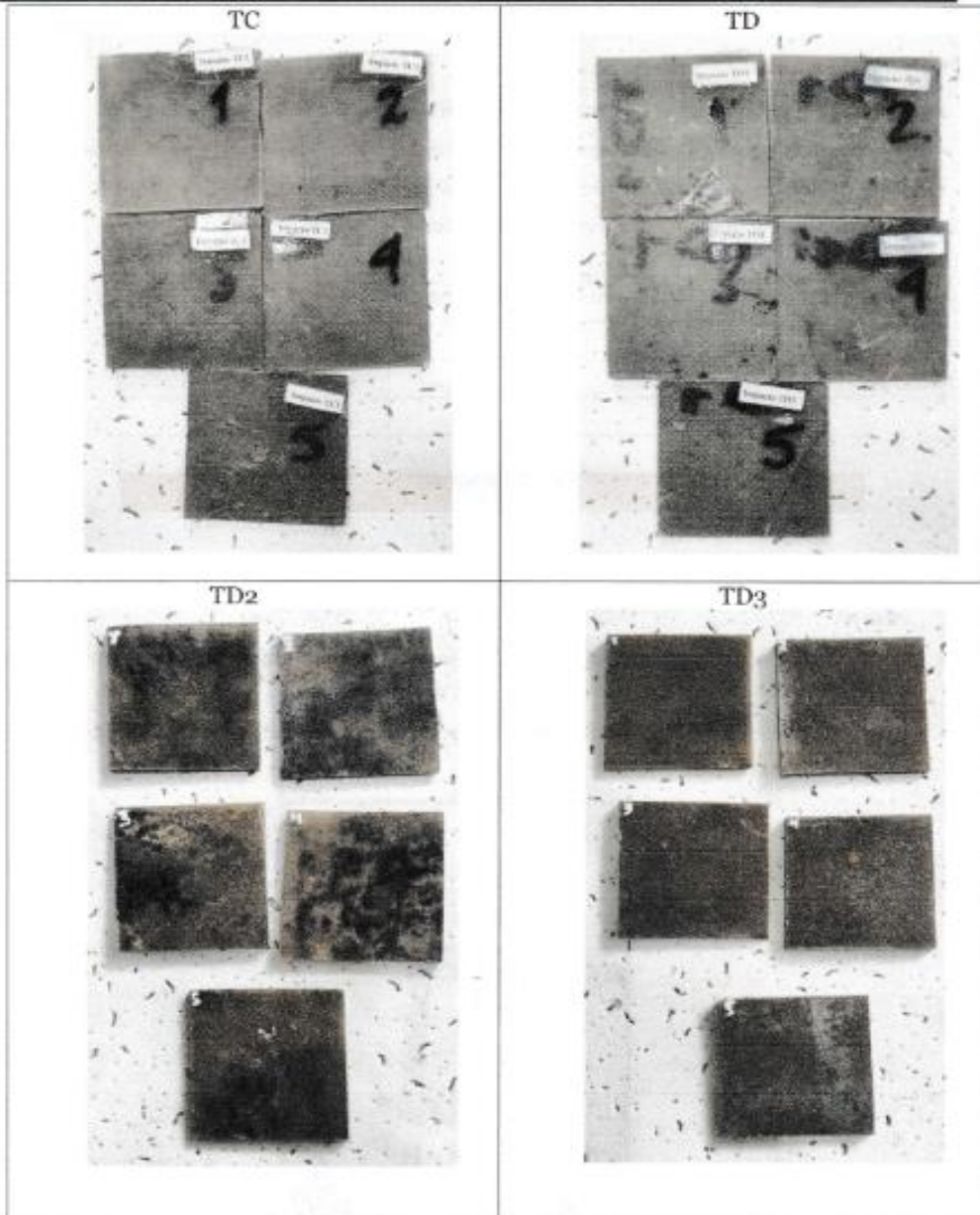
Determinación de energía necesaria para el fallo de polímeros por impacto de dardo según las especificaciones señaladas en la norma ASTM D 5628-10.

ANTECEDENTES:

Con fecha 03 de abril de 2021, el Señor. Darwin Iván Alomaliza Masaquiza 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 6 grupos de probetas bajo las designaciones: TA, TB, TC, TD, TD2 Y TD3) con la numeración de 01 a 30 (Probetas para ensayo de Impacto en Material Compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero); se realizó un ensayo piloto de una probeta por cada grupo para comprobar la factibilidad de que las probetas puedan ser ensayadas. Posterior a ello se ensayó un total de 30 probetas, de dimensiones de 58 x 58. Todas las probetas presentan superficies lisas.





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 |

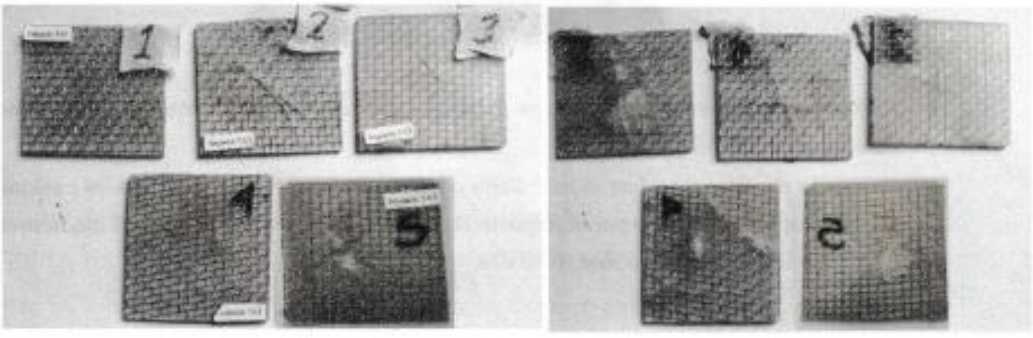
- Medición y registro del espesor de cada muestra, el cual se muestra en los resultados del ensayo.
- Realizar la prueba de impacto con probetas de calibración, fuera de los grupos mostrados anteriormente y localizamos el rango de falla del material.
- Se colocan las mordazas utilizando una fuerza que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

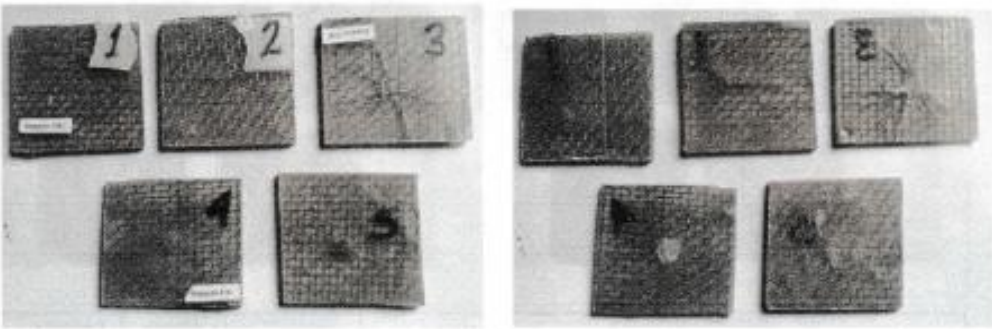


- Colocar la masa a la altura preestablecida, según el método de prueba seleccionado.

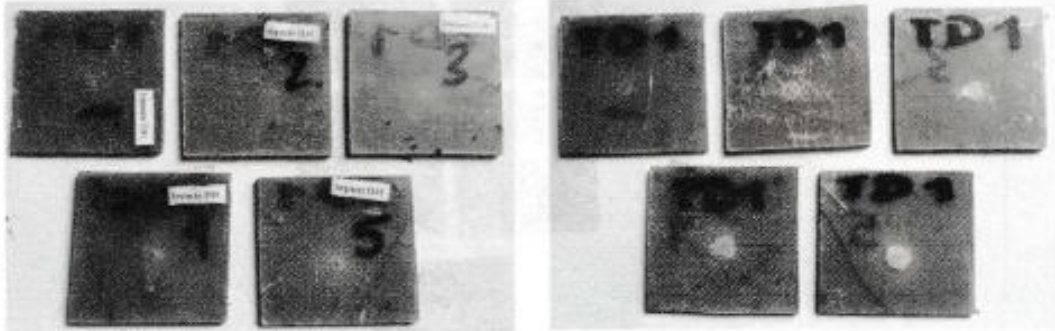


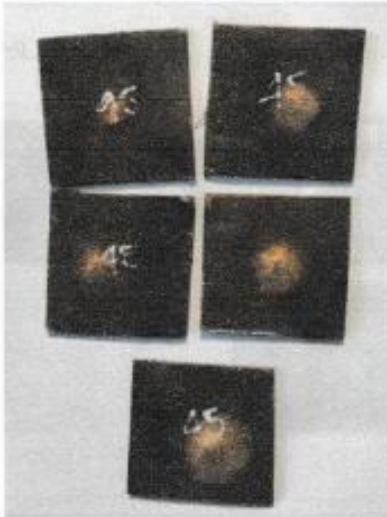
- Se libera el dardo asegurándonos que golpee justo en el centro de la muestra, impidiendo cualquier rebote del dardo.
- Retirar la muestra y revisar si ha fallado o no. Considerando que una falla es cualquier grieta o ruptura generado por el impacto el cual pueda ser distinguido por el ojo humano bajo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

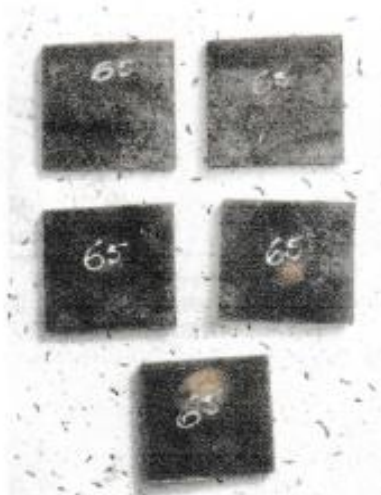
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | | | | | |
|---|--|------------|-------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | | | | |
| Centro de Transferencia y Tecnología | | | | | | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS: | | | | | | | | |
| Fecha: | 09/04/2021 | | | 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 - Código TA | | | | Orden: | | | |
| 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 |
| TA - 01 | 59,39 | 57,94 | 2,53 | 0,232 | 0 | 100 | 0,2275 | No falla |
| TA - 02 | 60,37 | 57,34 | 3,20 | 0,232 | 0 | 200 | 0,4551 | Falla |
| TA - 03 | 60,31 | 56,42 | 2,85 | 0,232 | 0 | 300 | 0,6827 | Falla |
| TA - 04 | 58,60 | 61,20 | 2,68 | 0,232 | 0 | 400 | 0,9103 | Falla |
| TA - 05 | 58,89 | 59,44 | 2,60 | 0,232 | 0 | 500 | 1,1379 | Falla |

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | | | | | |
|---|--|------------|-------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | | | | |
| Centro de Transferencia y Tecnología | | | | | | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS: | | | | | | | | |
| Fecha: | 09/04/2021 | | | 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 – Código TB | | | | Orden: | | | |
| 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 |
| TB - 01 | 57,79 | 60,01 | 4,56 | 0,232 | 0 | 100 | 0,2275 | No falla |
| TB - 02 | 56,6 | 59,05 | 4,15 | 0,232 | 0 | 200 | 0,4551 | No falla |
| TB - 03 | 60,48 | 58,04 | 4,87 | 0,232 | 0 | 300 | 0,6827 | Falla |
| TB - 04 | 58,53 | 57,56 | 3,5 | 0,232 | 0 | 400 | 0,9103 | Falla |
| TB - 05 | 57,21 | 58,29 | 4,44 | 0,232 | 0 | 500 | 1,1379 | Falla |

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | | | | | |
|---|--|------------|-------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | | | | |
| Centro de Transferencia y Tecnología | | | | | | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS: | | | | | | | | |
| Fecha: | 09/0/2021 | | | 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 – Código TC | | | | Orden: | | | |
| 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 |
| TC - 01 | 58,02 | 59,21 | 3,58 | 0,232 | 0 | 100 | 0,2275 | No falla |
| TC - 02 | 57,33 | 57,48 | 4,47 | 0,232 | 0 | 200 | 0,4551 | Falla |
| TC - 03 | 57,36 | 59,24 | 3,39 | 0,232 | 0 | 300 | 0,6827 | Falla |
| TC - 04 | 57,65 | 57,02 | 4,53 | 0,232 | 0 | 400 | 0,9103 | Falla |
| TC - 05 | 57,52 | 56,87 | 4,5 | 0,232 | 0 | 500 | 1,1379 | Falla |

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | | | | | |
|--|---|------------|-------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | | | | |
| Centro de Transferencia y Tecnología | | | | | | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS: | | | | | | | | |
| Fecha: | 09/04/2021 | | | 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 – Código TD | | | | | Orden: | | |
| Composición | 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. | | | | Temperatura de curado 25°C | | | |
| 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 |
| TD - 01 | 59,39 | 57,94 | 2,53 | 0,232 | 0 | 100 | 0,2275 | No falla |
| TD - 02 | 60,37 | 57,34 | 3,20 | 0,232 | 0 | 200 | 0,4551 | No falla |
| TD - 03 | 60,31 | 56,42 | 2,85 | 0,232 | 0 | 300 | 0,6827 | No falla |
| TD - 04 | 58,60 | 61,20 | 2,68 | 0,232 | 0 | 400 | 0,9103 | No falla |
| TD - 05 | 58,89 | 59,44 | 2,60 | 0,232 | 0 | 1000 | 1,1379 | Falla |

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | | | | | |
|---|---|------------|-------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | | | | |
| Centro de Transferencia y Tecnología | | | | | | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS: | | | | | | | | |
| Fecha: | 09/04/2021 | | | 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 – Código TD2 | | | | Orden: | | | |
| Composición | 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. | | | | Temperatura de curado 45°C | | | |
| 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 |
| TD2 – 01 | 59,39 | 57,94 | 2,53 | 0,232 | 0,615 | 60 | 0,4985 | No falla |
| TD2 – 02 | 60,37 | 57,34 | 3,20 | 0,232 | 0,615 | 65 | 0,5400 | No falla |
| TD2 – 03 | 60,31 | 56,42 | 2,85 | 0,232 | 0,615 | 72,5 | 0,6232 | No Falla |
| TD2 – 04 | 58,60 | 61,20 | 2,68 | 0,232 | 0,615 | 80 | 0,6647 | Falla |
| TD2 – 05 | 58,89 | 59,44 | 2,60 | 0,232 | 0,615 | 100 | 0,8309 | Falla |

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | | | | | |
|---|--|------------|------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | | | | |
| Centro de Transferencia y Tecnología | | | | | | | | |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | | | |
| DATOS INFORMATIVOS: | | | | | | | | |
| Fecha: | 09/04/2021 | | 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 – Código TD3 | | | Orden: | | | | |
| PARAMETROS 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 |
| TD3 – 01 | 59,39 | 57,94 | 2,53 | 0,232 | 0,615 | 60 | 0,4985 | No falla |
| TD3 – 02 | 60,37 | 57,34 | 3,20 | 0,232 | 0,615 | 67,5 | 0,5608 | No falla |
| TD3 – 03 | 60,31 | 56,42 | 2,85 | 0,232 | 0,615 | 69 | 0,5733 | No Falla |
| TD3 – 04 | 58,60 | 61,20 | 2,68 | 0,232 | 0,615 | 75 | 0,6231 | Falla |
| TD3 – 05 | 58,89 | 59,44 | 2,60 | 0,232 | 0,615 | 100 | 0,8309 | Falla |

Conclusiones

- Para las probetas tipo TA tienen una energía de fallo de 0,2275 J.
- Para las probetas tipo TB tienen una energía de fallo de 0,4551 J.
- Para las probetas tipo TC tienen una energía de fallo de 0,2245 J.
- Para las probetas tipo TD tienen una energía de fallo de 0,9103 J.
- Para las probetas tipo TD2 tienen una energía de fallo de 0,6232 J.
- Para las probetas tipo TD3 tienen una energía de fallo de 0,5733 J.
- Todas las probetas se las ensayó con el método de prueba E, las de los grupos TA, TB, TC, y TD con el dardo de 0,232 Kg y los grupos TD2 y TD3 con el dardo de 0,232 kg más un peso adicional de 0,615 kg, según lo especificado por la normativa ASTM D5628-10.



Ing. Sebastián Villegas S.
TÉCNICO DE LABORATORIO
INGENIERÍA MECÁNICA